

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

**“METROLOGIA APLICADO A LA
COMPAÑIA ECUATORIANA DEL CAUCHO S.A.”**

**Monografía previa a la obtención del título
de Ingeniero Químico**

REALIZADO POR:

Jairo Orellana L.

DIRIGIDO POR:

Ing. Arturo Paredes R.

Cuenca-Ecuador

1988

DEDICATORIA

Si a alguien hay que dedicar esta tesis, que representa la culminación de una de mis metas, lo debo hacer a Rómulo y Beatriz, mis progenitores, quienes con su abnegación y constancia me apoyaron en todo momento demostrando ser un ejemplo de padres dignos de imitación y reconocimiento.

AGRADECIMIENTOS:

Aunque no es posible expresar mi agradecimiento a cuantas personas me han ayudado en la preparacion de esta tesis, algunas de ellas deben ser mencionadas aquí. En primer lugar, mi agradecimiento a todo el personal del Departamento de Control de Calidad de la Compañía Ecuatoriana del Caucho S. A., en especial a los señores: Dr. Juan Gonzáles, Ing. Arturo Paredes, Sr. Cesar Vargas, Sr. Trajano Sánchez, Ing. Teodoro Guncay. De igual manera a quienes forman parte de los departamentos de Mantenimiento, Ingeniería Industrial, Técnico, Producción y en general a todo el personal de la Compañía Ecuatoriana del Caucho S. A. por haber colaborado y permitido realizar la presente tesis, en sus instalaciones.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a "INFORMATICA CARDENAS", ya que gracias a sus conocimientos se hizo posible el procesarla en computadora esta tesis.

INTRODUCCION

La Gestión de la Calidad en las empresas industriales es una necesidad cada vez más evidente en nuestro medio como una estrategia apropiada que nos puede conducir a elevar la Productividad y Calidad de todo lo que producimos.

Esta Gestión de Calidad implica la ejecución de programas de variada naturaleza, siendo uno de los más importantes el llamado "Control Estadístico de la Calidad", que se inicia con la medición de la propiedad física o química que nos interesa utilizando un instrumento adecuado. De esto se desprende que ningún análisis de un proceso puede ser significativo, a menos que el instrumento utilizado en la medición sea exacto y preciso.

Los instrumentos de medición, por naturaleza, son sujetos de variación. 1) Si aquellos no están calibrados apropiadamente en cuanto a su Exactitud, entonces tendríamos el caso de una variación sistemática o desfase. 2) Una situación similar se produciría cuando diferentes individuos usan el mismo equipo para realizar mediciones similares; aquí puede ocurrir que exista una variación periódica en las lecturas del instrumento que pueden ser causadas por desgaste del instrumento, deterioro en las condiciones ambientales tales como cambios de temperatura durante las mediciones. Estos pueden afectar la estabilidad de los resultados de las mediciones. Esta situación es identificada como Reproducibilidad. 3) Finalmente existe otro tipo de variación, del tipo aleatoria que es causada generalmente por las condiciones de construcción

del instrumento tales como fricciones internas. Esto puede causar variación en las mediciones en una serie de chequeos repetidos e idénticos.

Esta condición se conoce como Repetibilidad.

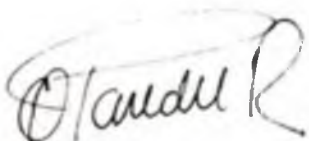
Por todo lo mencionado en el párrafo anterior, se deduce la importancia del conocimiento del estado de los instrumentos de laboratorio, planta y campo. Este conocimiento es ejecutado a través del "PROGRAMA DE METROLOGIA" que toda empresa debería de ejercitarlo en beneficio de una buena Gestión de Productividad y Calidad.

La presente tesis se ha planteado como objetivo el diseñar y poner en operación el "Programa de Metrología" para la fábrica Compañía Ecuatoriana del Caucho S.A. de la ciudad de Cuenca.

Como se podrá ver en su contenido se presenta: a) La teoría estadística indispensable que respalda la parte científica del Programa, b) los procedimientos de cada una de las áreas donde se ejecuta este Programa, y c) las recomendaciones y conclusiones correspondientes.

Es conveniente resaltar que un Programa de Metrología funciona adecuadamente cuando es efectuado por el personal del departamento de Ingeniería de Planta (Mantenimiento), y auditado periódicamente por el brazo de Ingeniería de Calidad del Departamento de Calidad de la empresa.

El director y autor de esta tesis aspiran a que la misma genere el interés que se merece este Programa tan importante para toda industria.



Arturo Paredes R.
Ing. Químico, Master Sc.
Director de Tesis

Cuenca, 6 de Marzo de 1987

CONTENIDO

Capítulo I		Página
Metrología		1
1.1	Desarrollo histórico de los sistemas de medida	1
1.2	Sistemas de medida	2
1.2.1	Sistema SI (Système International d' Unités)	3
1.3	Patrones de medida	7
1.4	Errores de medición	8
1.4.1	Exactitud	8
1.4.2	Precisión	8
1.4.3	Distinción entre exactitud y precisión	8
1.5	Determinación de errores	9
1.6	Conceptos estadísticos relacionados con la metrología	9
1.6.1	Histogramas y distribuciones de frecuencia	9
1.6.2	Distribuciones de frecuencia relativa	11
1.6.3	Definición de probabilidad como frecuencia relativa	11
1.6.4	La distribución normal	12
1.6.5	El teorema fundamental de la estadística	16
1.6.6	Pequeñas muestras	17
1.6.7	La distribución de t	18
1.6.7.1	Grados de libertad	19
1.6.7.2	Demostración que $(\bar{X} - \mu) \sqrt{n/S_{n-1}}$ representa una variable aleatoria t.....	20
1.6.8	La distribución chi-cuadrado (χ^2)	21
1.6.9	Pruebas de hipótesis	24

1.6.9.1 Errores de tipo I y tipo II	24
1.6.9.2 Nivel de significancia.....	24
1.6.9.3 Prueba de la hipótesis de que la media de una distribución normal tiene un valor especificado cuando se conoce la desviación estándar de la población ().....	24
1.6.9.4 Ensayos bilaterales y unilaterales	26
1.6.9.5 Prueba de la hipótesis que la media de una dis- tribución normal tiene un valor especificado cuando no se conoce la desviación estándar de la población.....	27
1.6.10 Ajuste de líneas rectas	28
1.6.10.1 Método de mínimos cuadrados	29
1.6.10.2 Pruebas de hipótesis sobre la pendiente y el in- tercepto.....	31

Capítulo II

Control de calibrado de los equipos de medición	35
2.1 Control de nuevos equipos	35
2.2 Inventario y clasificación de patrones y equipos de medición	35
2.3 Organización del control de calibrado	40
2.3.1 Cuarto de patrones de trabajo	40
2.3.2 Patrones de transferencia	41
2.4 Elaboración de procedimientos de calibración	41
2.5 Realización de prácticas de calibración	45
2.6 Análisis de resultados	45

Capítulo III

Programas para reducir el error	153
--	------------

3.1	Modo de determinar la repetibilidad y reproducibilidad	153
3.2	Análisis de varianza	153
3.3	Modelo para la clasificación de un factor	153
3.4	Análisis de varianza de dos factores, una observación por combinación	158
3.5	Análisis de varianza de dos factores, n observaciones por combinación	161
3.6	Elaboración de procedimientos para la determinación de repetibilidad y reproducibilidad	163
3.7	Identificación de equipo para estudio de repetibilidad y reproducibilidad	163
3.8	Realización de prácticas de repetibilidad y reproducibilidad ..	164
3.9	Análisis de resultados	154

Capítulo IV

Trabajo práctico	196
-------------------------------	-----

Instalaciones del tablero maestro	196
Plano del tablero maestro	197
Procedimiento para chequeo de los medidores de presión de aire de llantas	198
Prácticas en el tablero maestro	200

Anexos	203
---------------------	-----

Anexo A. Tabla de la distribución t	204
Anexo B. Programa en lenguaje Basic para la "Prueba de calibración de equipos" (procedimiento IC-8.25)	205
Anexo C. Programa en lenguaje Basic para "Ajuste de líneas rec-	

	tas para la comprobación de la calibración de un instru- mento de medición" (procedimiento IC-8.26)	207
Anexo D	Programa en lenguaje Basic para realizar "Ajuste de li- neas rectas para la comprobación de la calibración de un instrumento de medición" (procedimiento IC-8.26), graficando la ecuación de la recta	209
Anexo E	Tablas para termocuplas	211
Anexo F	Programa en lenguaje Basic para realizar "Repetibilidad y reproducibilidad de medición utilizando técnicas de a- nálisis de varianza" (procedimiento IC-8.28)	217
Anexo G	Programa en lenguaje Basic para realizar "Análisis de varianza para determinar repetibilidad de equipos de medición" (procedimiento IC-8.29)	219
Anexo H	Tablas de equivalencias entre las unidades métricas	221
Conclusiones y recomendaciones		225
Bibliografía		229

CAPITULO 1

METROLOGIA

1.1 DESARROLLO HISTORICO DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA.

Aún, en los restos de las civilizaciones más antiguas, se han encontrado testimonios que hacen pensar que los hombres primitivos tenían ya ciertos conceptos de "medida de dimensión". En efecto, las primeras hachas de piedra se dimensionaban a la proporción de la mano y el brazo del hombre. Esto constituyó el primer medio de relación y comparación de todas las cosas. Obviamente, este primer esfuerzo de normalización era casi instintivo, pero el hombre fue adquiriendo conciencia del mismo con el desarrollo de su inteligencia.

Con la evolución de las grandes civilizaciones se hizo necesario establecer en forma explícita, por consenso de una mayoría o por imposición del Jefe de la comunidad, ciertos elementos de referencia que hicieron posible la comparación con otras, sobre una base o entendimiento común.

Por falta de testimonios históricos no es posible conocer con exactitud el origen de los medios de comparación; pero por algunos indicios parece inferirse que los primeros fueron aquellos que se refieren a la distancia a la longitud; así: el tamaño de los dedos, la longitud del pie, el ancho de la palma de la mano, el largo del antebrazo, fueron utilizados como elementos de referencia o unidades para la comparación (medida) de longitudes.

Casi simultáneamente, si no más tarde, debió desarrollarse un medio de referencia para comparar (medir) la cantidad, el mismo que se valió de conchas, granos, piedras, etc.

Estas primeras unidades de longitud y de peso, a la vista de nuestros conocimientos actuales, parecen casi ridículas por cuanto varían mucho en magnitud prestándose al error; pero evidentemente, para el tiempo en que fueron establecidas, permitieron una comparación con la precisión que

necesitó esta comunidad en la cual todavía no se había desarrollado un buen concepto del número.

Un paso adelante se dió, por ejemplo, cuando la definición del "pie" cambió desde cualquier pie de alguna persona, al pie derecho del Jefe de la Tribu. Por primera vez se contó en este caso con un patrón físico de longitud bien definido, casi invariable y universal (para la comunidad). El defecto de este primer patrón físico fue su corto tiempo de vida (la vida del jefe), por lo cual un futuro adelanto consistió en sacar una réplica física del pie del Jefe, construida de un material que pueda garantizar su permanencia en el tiempo y conservar esa réplica o "patrón primario" en un templo o lugar sagrado en donde pueda estar seguro, pero a la disposición de la comunidad como referencia principal o primaria, ya que, al mismo tiempo, se pudieron fabricar otras tantas réplicas del pie del patrón primario como referencias cotidianas. (patrones secundarios)

Conforme al avance tecnológico y al aumento del valor de los productos fue necesario lograr mayor precisión de medidas y, como consecuencia, mejorar las características de los patrones primarios, construyéndolos con materiales preciosos para evitar su destrucción por los elementos naturales, dándoles dimensiones exactas, a medida que la sociedad requería mayor precisión en la comparación; esto, obviamente, significó también un continuo perfeccionamiento y cambio de las definiciones tanto de los patrones primarios, como de las unidades que éstos representaban.

1.2 SISTEMAS DE MEDIDA.

Hay solamente dos sistemas normales de medidas lineales en uso general: el sistema métrico y el inglés. El primero, de origen francés, se utiliza en todo el mundo; el inglés se utiliza principalmente en Gran Bretaña y Estados Unidos.

La unidad métrica normal es el Metro Tipo Internacional, que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (Bureau International des Poids et Mesures) de Sevres (Francia). Este patrón se admite como el patrón métrico fundamental para todos los países y constituye también la base del patrón americano de medidas inglesas.

El patrón británico es la Yarda Tipo Imperial, que se conserva en el Departamento de Patrones del Comité de Comercio (Standards Department of the Board of Trade). Tanto los patrones de la yarda como del metro son

legales en Inglaterra, y todas las medidas industriales y comerciales deben referirse a ellos.

1.2.1 SISTEMA SI (SISTEMA INTERNACIONAL D' UNITES).-

En época más reciente se ha elaborado un sistema internacional plenamente coherente, el Sistema Internacional de Unidades (SI). El sistema SI consta de:

- 1.- Seis unidades fundamentales de medida: longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura e intensidad de luz.
- 2.- Dos unidades suplementarias para ángulos plano y sólidos
- 3.- Una larga lista de unidades derivadas de (1) y (2).
- 4.- Una terminología normalizada para los múltiplos y submúltiplos de todas las unidades de medida.

Las tablas siguientes recogen las unidades fundamentales, suplementarias y derivadas del sistema SI, junto con los símbolos utilizados, así como los términos utilizados para los múltiplos y submúltiplos de esas unidades de medida.

El sistema SI es totalmente compatible con el sistema métrico, aunque sustituye algunas unidades anteriores. En cambio, no es totalmente compatible con el sistema inglés de pie, libras, etc, aunque, naturalmente, existen factores de conversión.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES DE MEDIDA S.I.

a) Unidades fundamentales.

	UNIDADES	SÍMBOLOS
Longitud Definición: El metro es 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 pto y el 5 d5 del átomo de criptón 86	metro	m
Masa Definición: El kilogramo masa es la masa del prototipo de platino iridiado, sancionado por la III Conferencia General de Pesas y Medidas en 1901 y depositado en el Pabellón de Breteuil, de Sévres.	kilogramo	kg.
Tiempo Definición: El segundo es la fracción $1/31\,556\,925,9747$ del año trópico para enero de 1900, cero a doce horas del tiempo de efemérides.	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica Definición: El amperio es la intensidad de corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable, y colocados en el vacío a una distancia de un metro uno de otro, produce entre estos dos conductores una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ Newton por metro de longitud.	amperio	A
Temperatura termodinámica Definición: El grado Kelvin es el grado de la escala termodinámica de las temperaturas absolutas, en la cual la temperatura del punto triple del agua es 273,16 grados. Se puede emplear la escala Celsius, cuyo grado es igual al grado Kelvin y su punto cero corresponde a 273,15 grados de la escala termodinámica Kelvin.	grado Kelvin	°K
Intensidad luminosa Definición: La candela es la intensidad luminosa en una dirección determinada de una abertura perpendicular a esta dirección, que tenga una superficie de $1/60$ centímetros cuadrados y radie como un radiador integral (cuerpo negro) a la temperatura de solidificación del platino.	candela	cd

b) Prefijos de los múltiplos y submúltiplos de las unidades

Factor por el cual ha de multiplicarse la unidad	Prefijo	Símbolo	Factor por el cual ha de multiplicarse la unidad	Prefijo	Símbolo
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T	0,1 = 10^{-1}	deci	d
1 000 000 000 = 10^9	giga	G	0,01 = 10^{-2}	centi	c
1 000 000 = 10^6	mega	M	0,001 = 10^{-3}	mili	m
1 000 = 10^3	kilo	k	0,000 001 = 10^{-6}	micro	u
100 = 10^2	hecto	h	0,000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
10 = 10^1	deca	da	0,000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p
			0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}	femto	f
			0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	atto	a

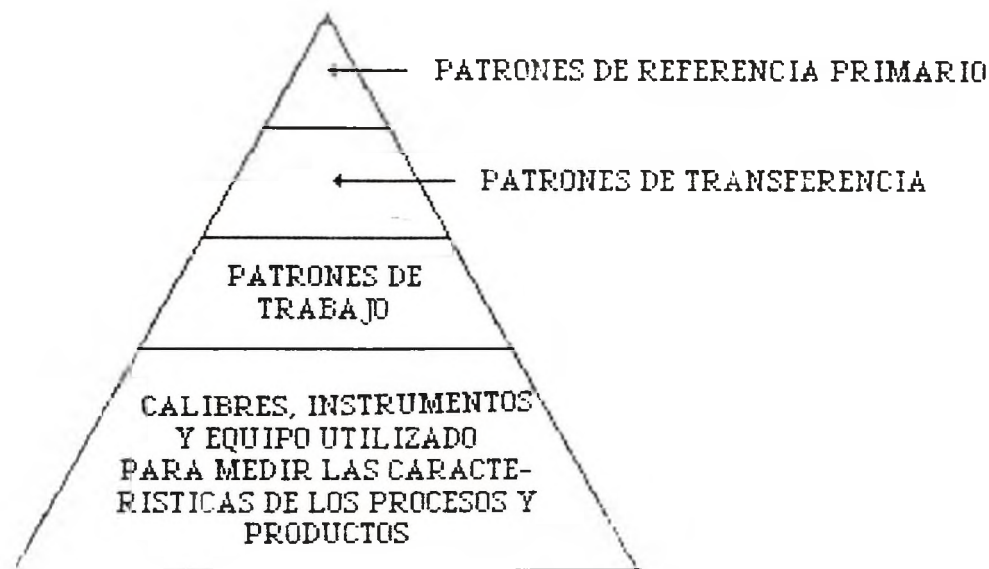
c) Unidades Suplementarias y derivadas.

Unidades Suplementarias		
Angulo plano	radiante o radián	rad
Angulo Sólido	estereorradiante o estereorradián	sr
Unidades Derivadas		
Superficie	metro cuadrado	m ²
Volumen	metro cúbico	m ³
Frecuencia	hertz	Hz
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
Velocidad	metro por segundo	m/s
Velocidad angular	radiante por segundo	rad/s
Aceleración	metro por segundo por segundo	m/s ²
Aceleración angular	radiante por segundo por segundo	rad/s ²
Fuerza	newton N	kg*m/s ²
Presión (tensión mecánica)	newton por metro cuadrado.....	N/m ²
Viscosidad cinemática	metro cuadrado por segundo	m ² /s
Viscosidad dinámica	newton-segundo por metro cuadrado.....	N*s/m ²
Trabajo, energía, cantidad de calor	julio J	N*m
Potencia	vatio W	J/s
Cantidad de electricidad	culombio C	A*s
Tensión eléctrica, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	voltio V	W/A
Intensidad de campo eléctrico	voltio por metro V/m	
Resistencia eléctrica	ohmio Ω	V/A
Capacidad eléctrica	faradio F	A*s/V
Flujo de inducción magnética	weber Wb	V*s
Inductancia	henrio H	V*s/A
Inducción magnética	tesla T	Wb/m ²
Intensidad de campo magnético	amperio por metro A/m	
Fuerza magnetomotriz	amperio A	
Flujo luminoso	lumen lm	cd * sr
Luminancia	candela por metro cuadrado .. cd/m ²	
Iluminancia	lux lx	lm/m ²

1.3 PATRONES DE MEDIDA

En todos los países industrializados existe un organismo encargado de los patrones de medida, entre cuyas funciones se halla la creación y actualización de los "patrones de referencia primario". Estos patrones son copias del kilogramo internacional, además de los sistemas de medida que responden a las definiciones de las unidades fundamentales y a las unidades derivadas. En el Ecuador esta función lo realiza el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Los patrones de referencia primario constituyen el eje de toda una jerarquía de patrones de referencia, en cuya base se encuentra una amplia gama de "equipos de ensayo",



es decir, instrumentos utilizados por los técnicos de laboratorio, operadores e inspectores para el control de procesos y productos. Estos instrumentos se calibran de acuerdo con "patrones de trabajo", utilizados exclusivamente para calibrar dichos instrumentos de laboratorio y de taller. A su vez, los patrones de trabajo se relacionan con los patrones de referencia primario por medio de uno o más patrones intermedios de "referencia secundaria" o "patrones de transferencia". Cada uno de estos niveles del escalado sirve para "transferir" la precisión de la medida al nivel inmediatamente inferior.

1.4 ERRORES DE MEDICION.

Básicamente existen dos tipos de errores de medición, exactitud y precisión.

1.4.1 EXACTITUD.-

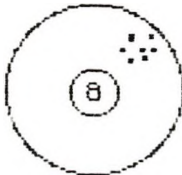
Grado en el cual el promedio de una serie larga de mediciones repetidas realizadas por un instrumento sobre una misma unidad de producto, se ajusta al verdadero valor de la magnitud medida en esa unidad de producto. La diferencia entre dicho promedio y el verdadero valor de la magnitud se denomina "error sistemático". Cuando el instrumento de medición genera un error sistemático se dice que está "descalibrado".

1.4.2 PRECISION.-

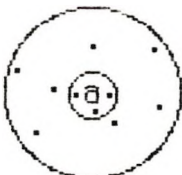
Grado en el cual el instrumento tiende a dar los mismos resultados cuando se realizan mediciones repetidas sobre una misma unidad de producto. La variación de los resultados obtenidos por repetición de la medición en la misma unidad de producto se denomina "desviación estándar de la medición (σ_M)". Mientras menor es σ_M más "preciso" es el instrumento.

1.4.3. DISTINCION ENTRE EXACTITUD Y PRECISION.-

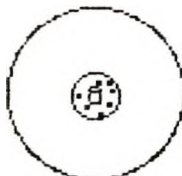
Sea a = verdadero valor de la magnitud.



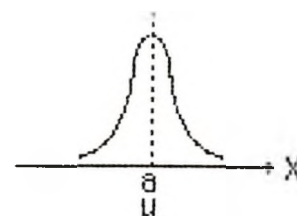
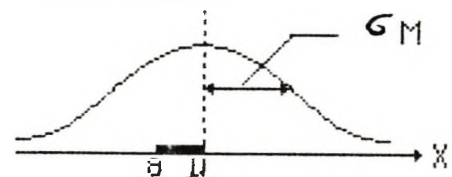
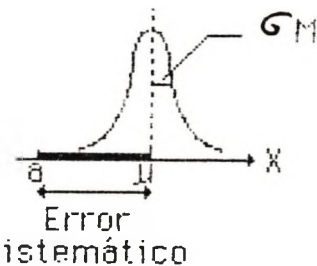
Instrumento preciso pero no exacto



Instrumento exacto pero no preciso



Instrumento exacto y preciso



Bajo el título general de precisión están los términos Repetibilidad y Reproducibilidad.

Cuando se usa la palabra Repetibilidad, generalmente significa un valor igual a dos desviaciones estandar ($2\sigma_M$).

La reproducibilidad de un método es la precisión de cuan bien resulta el examen de chequeo cuando es corrido por diferente gente, en diferentes tiempos.

1.5 DETERMINACION DE ERRORES.

Generalmente se supone que los errores de medición están distribuidos normalmente. En esto está basado todas las pruebas para la determinación de errores.

Para la comprobación de calibración de instrumentos de medición se utilizarán tres técnicas:

- a) Asignar al instrumento un error sistemático máximo permisible (tolerancia). Si el instrumento está dentro de este valor se seguirá considerando exacto.
- b) Pruebas t.
- c) Ajuste de líneas rectas.

Para comprender cada uno de estos puntos es necesario primero explicar algunos conceptos estadísticos, los cuales se darán a continuación.

1.6 CONCEPTOS ESTADISTICOS RELACIONADOS CON LA METROLOGIA

1.6.1 HISTOGRAMAS Y DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA.

Cuando se dispone de gran número de datos es útil el distribuirlos en clases o categorías y determinar el número de individuos pertenecientes a cada clase (o celda), que es la frecuencia de clase. Una ordenación tabular de los datos en clases, reunidas las clases y con las frecuencias correspondientes a cada una, se conoce, como una distribución de frecuencias o tabla de frecuencias.

Las distribuciones de frecuencia pueden ser continuas o discontinuas, según las modalidades cuantitativas puedan o no variar continuamente (es

decir, puedan o no asumir todos los valores posibles en un cierto intervalo). Si la discontinuidad se verifica en todo el campo de variabilidad de las modalidades, la distribución de frecuencias se llama discreta.

A continuación se da un ejemplo de distribución continua de frecuencia, donde las llantas de un determinado lote están clasificadas según el peso, que puede variar continuamente en todo el campo de variabilidad.

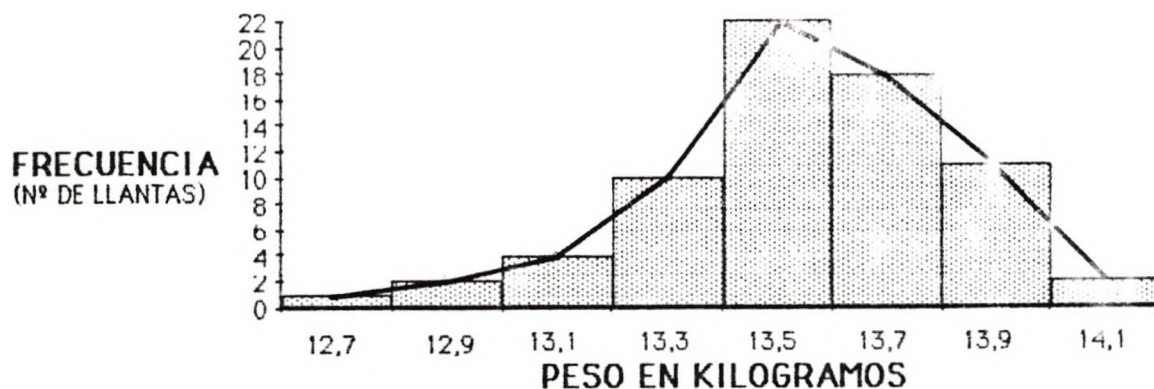
La distribución de frecuencias puede también representarse por medio de un histograma o un polígono de frecuencias. El área del histograma es, por lo tanto, igual al total de las frecuencias.

DISTRIBUCION CONTINUA DE FRECUENCIA

CLASE (peso en kilogramos)	FRECUENCIA (Nº de llantas)
12,6 - 12,8	1
12,8 - 13,0	2
13,0 - 13,2	4
13,2 - 13,4	10
13,4 - 13,6	22
13,6 - 13,8	18
13,8 - 14,0	11
14,0 - 14,2	2
TOTAL	<u>70</u>

Nota: El extremo superior del intervalo de cada clase debe considerarse excluido, es decir, en este caso, las llantas con un peso de 13,4 Kg se deben atribuir a la clase 13,4 - 13,6 y no a la de 13,2 - 13,4

HISTOGRAMA-POLIGONO DE FRECUENCIA



1.6.2 DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA RELATIVA.

La frecuencia relativa de una clase es la frecuencia de la clase dividida por el total de frecuencias de todas las clases. La suma de las frecuencia relativas es entonces igual a uno. Tomando el mismo ejemplo anterior para este caso tendremos,

CLASE (peso en Kilogramos)	FRECUENCIA RELATIVA
12,6 - 12,8	$1/70 = 0,014$
12,8 - 13,0	$2/70 = 0,029$
13,0 - 13,2	$4/70 = 0,057$
13,2 - 13,4	$10/70 = 0,143$
13,4 - 13,6	$22/70 = 0,314$
13,6 - 13,8	$18/70 = 0,257$
13,8 - 14,0	$11/70 = 0,157$
14,0 - 14,2	$2/70 = 0,029$
TOTAL	$\frac{70}{70} = 1,000$

Las representaciones gráficas de distribuciones de frecuencia relativa pueden obtenerse del histograma de frecuencias, sin más que cambiar la escala vertical de frecuencia a frecuencia relativa, conservándose exactamente el mismo diagrama

1.6.3 DEFINICION DE PROBABILIDAD COMO FRECUENCIA RELATIVA.

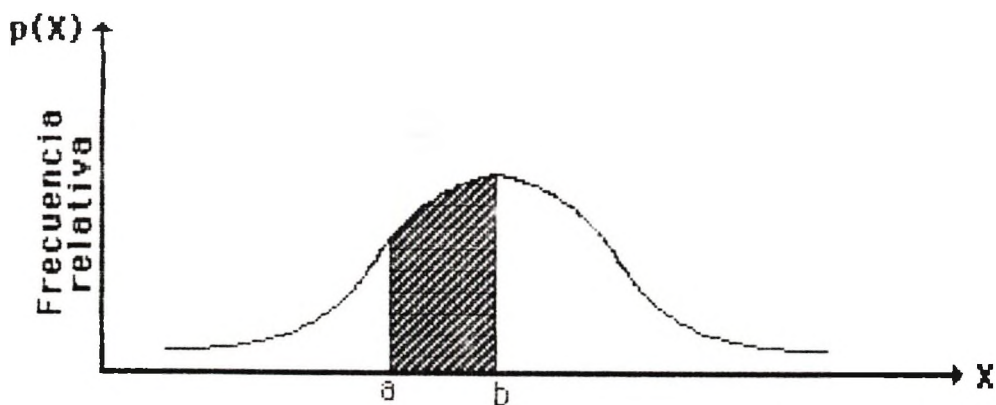
La probabilidad estimada o empírica de un suceso se toma como la frecuencia relativa de la aparición del suceso, cuando el número de observaciones es muy grande. La probabilidad por sí misma es el límite de la frecuencia relativa cuando el número de observaciones crece

indefinidamente. De acuerdo a esto, de la tabla de distribución de frecuencia relativa anterior, la probabilidad (frecuencia relativa) de que una llanta extraída al azar del lote tenga un peso por ejemplo de 13,4 a 13,6 es 0,31

La definición estadística, aunque útil en la práctica, tiene dificultades desde el punto de vista matemático, puesto que no puede existir un número límite.

Al igual que las distribuciones de frecuencia, las distribuciones de probabilidad (o frecuencia relativa) pueden ser continuas o discretas.

Una curva como la siguiente, en la que el número de observaciones es bastante grande (para poder llegar al límite de la frecuencia relativa),



cuya ecuación es $Y = p(X)$ es un ejemplo de una distribución de probabilidad continua ya que X puede tomar cualquier valor entre a y b . El área total bajo esta curva limitada por el eje X es igual a uno. El área bajo la curva y entre las rectas $X=a$ y $X=b$ (área sombreada de la figura) da la probabilidad de que X se encuentre entre a y b , lo que se puede representar por $P\{a < X < b\}$.

1.6.4 LA DISTRIBUCION NORMAL.

Existen diversas distribuciones de frecuencia relativa continuas, es decir, de probabilidades, usadas con frecuencia en la práctica; pero las que nos van a ser de utilidad son la: distribución normal, la distribución "chi cuadrado" y la t . Empezaremos con la distribución normal.

Las distribución normal es una distribución continua de probabilidad y puede presentarse aproximando como una curva del histograma dado

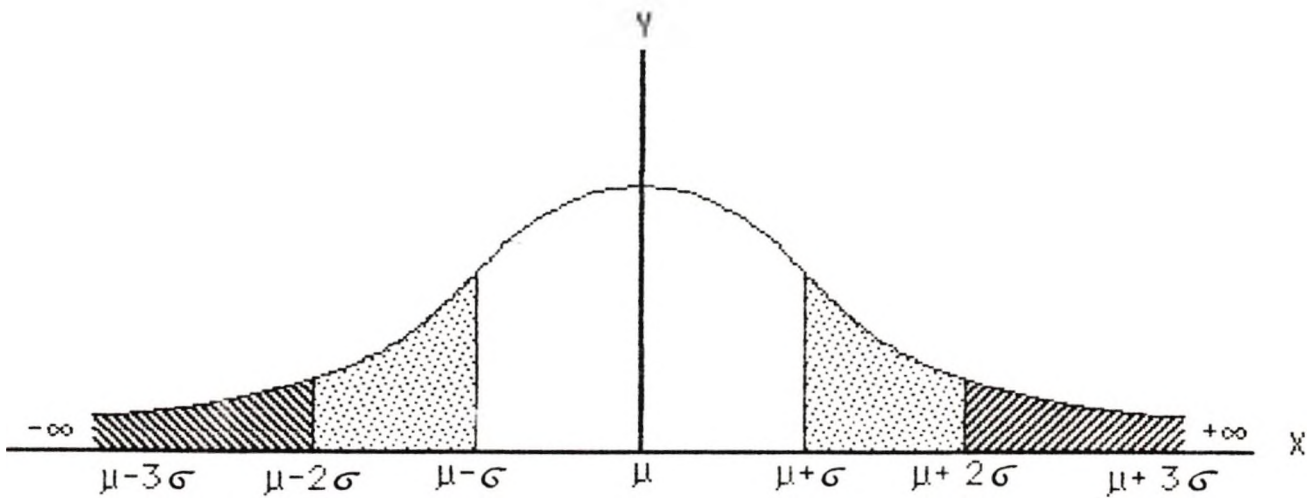
anteriormente para el caso de la frecuencia relativa de peso de llantas. Dos únicos datos son necesarios para individualizar la distribución: la media aritmética y la desviación estándar de la variable. Para valores diferentes de la media y la desviación, la curva de la distribución asume formas distintas, pero siempre del mismo tipo de campana.

La forma de la curva normal está representada en la figura siguiente:

Area en blanco = 68,26 %

Area en blanco y punteada alrededor de 95%

Area en blanco, punteada y sombreada = 99,74%



similar a una campana, simétrica respecto al máximo de frecuencia relativa (o probabilidad) que se tiene en correspondencia de la media, y tendiendo a infinito por ambos lados.

El 68,26% de todos los valores de la variable aleatoria se encuentra en el intervalo:

$$(\mu - \sigma) \text{ a } (\mu + \sigma)$$

μ = media

σ = desviación estándar.

El 95% de todos los valores de la variable se encuentran en el intervalo de $(\mu - 1,96\sigma)$ a $(\mu + 1,96\sigma)$.

El 99,74% de todos los valores de la variable se encuentran en el intervalo de $(\mu - 3\sigma)$ a $(\mu + 3\sigma)$.

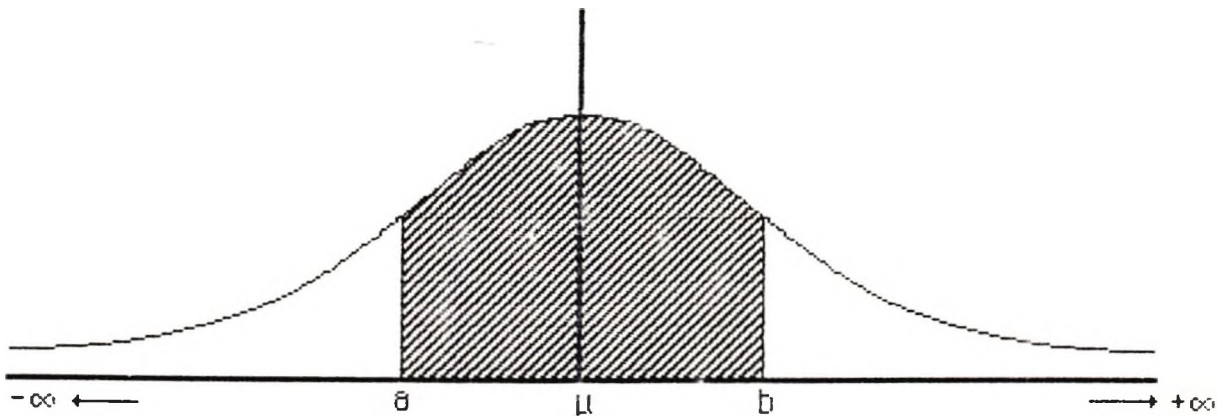
Tratándose de distribución de probabilidad, el área total comprendida bajo la curva, es, obviamente, igual a uno (o 100%).

La distribución normal está dada por la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(X-\mu)^2/(\sigma^2)}$$

donde Y nos representa la probabilidad o frecuencia relativa.

Conocidos los valores de la media (μ) y la desviación estándar (σ) de cualquier variable aleatoria X que tiene distribución normal, es sólo cuestión de cálculo encontrar por ejemplo el porcentaje (probabilidad) de valores de la variable comprendido entre los límites a y b. Esto se realiza integrando la ecuación entre estos dos límites. Lo cual puede lograrse fácilmente con ayuda de una computadora.



$$P(a < X \leq b) = \int_a^b \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(X-\mu)^2/(\sigma^2)} dx$$

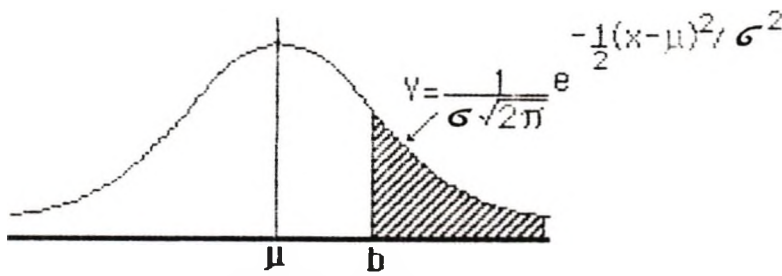
Cuando no se dispone de una computadora, el integrar esta función resulta un tanto difícil. Afortunadamente puede hacerse una transformación sencilla a la ecuación y obtenerse una tabla que facilitará el cálculo. Sea

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} ; dx = \sigma dz$$

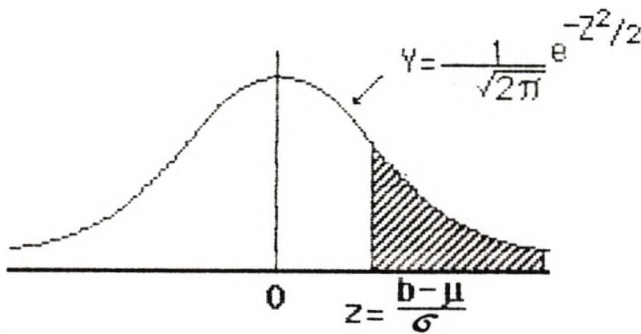
La probabilidad que X sea mayor que b puede escribirse como:

$$P(X > b) = \int_{\frac{(b-\mu)}{\sigma}}^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-z'^2/2} dz'$$

$$= \int_{(b-\mu)/\sigma}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z'^2/2} dz' = \int_{\frac{(b-\mu)}{\sigma}}^{\infty} f(Z) dZ$$

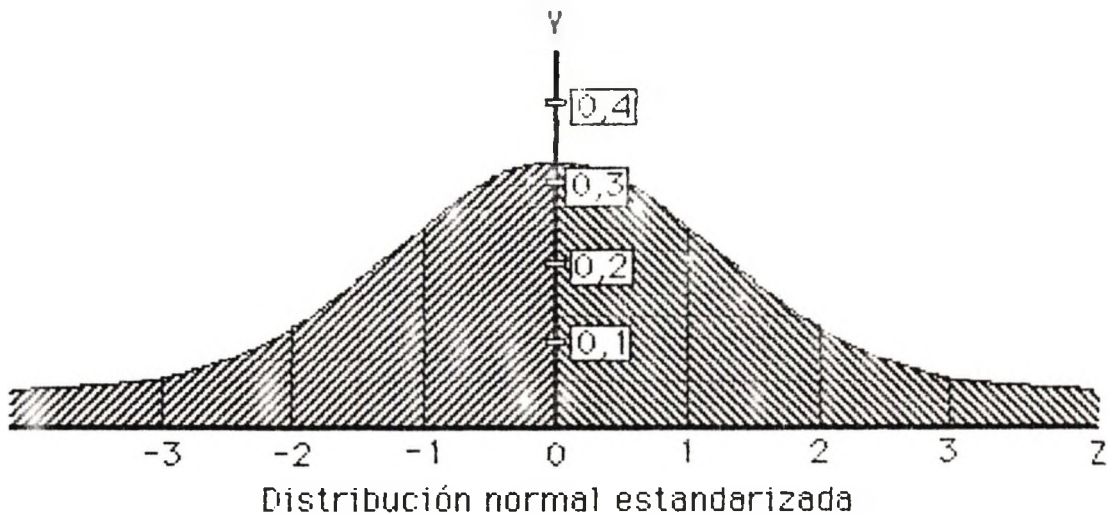


Distribución normal



Distribución normal estandarizada

$f(Z)$ tiene la forma de una función de densidad normal con media 0 y varianza 1 (debido a que cuando $\mu = 0$ y $\sigma = 1$ la ecuación de densidad normal se transforma en una similar a la estandarizada). Una variable aleatoria N con una función de densidad de este tipo se conoce como una variable aleatoria normal estandarizada. La probabilidad que X sea mayor a b siempre podrá escribirse en la forma de una integral de la densidad normal con media 0 y varianza 1, donde el límite inferior de la integral depende de b, μ, σ . Por lo tanto es suficiente una tabulación de la integral para una variable distribuida normalmente con media 0 y varianza 1. Esta tabla para áreas comprendidas entre Z y ∞ puede encontrarse en cualquier libro de estadística.



En este gráfico las áreas comprendidas entre $Z = -1$ y $+1$, $Z = -1,96$ y $+1,96$, $Z = -3$ y $+3$, son respectivamente, el 68,26%, 95 % y 99,74% del área total que vale 1, es decir de igual manera que para el caso de la distribución normal con media μ y desviación estándar σ .

1.6.5 EL TEOREMA FUNDAMENTAL DE LA ESTADISTICA.

El teorema fundamental de la estadística (llamado del "límite central") afirma que independientemente del hecho que la variable aleatoria X en una población infinita (una población finita grande también puede ser considerada como infinita) esté distribuida normalmente.

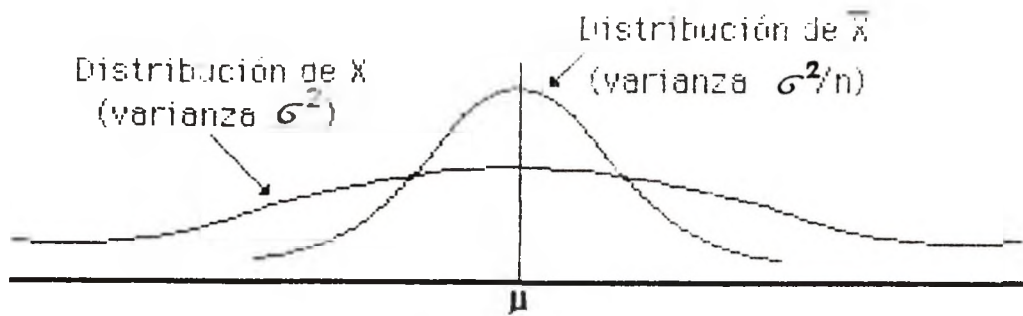
Si σ^2 y μ son respectivamente la varianza y la media de la población, entonces la distribución de la variable aleatoria $\bar{X}$, es decir, de las medias $\bar{X}$ de las muestras sacadas de la población, se aproxima, al aumentar n (dimensión de la muestra), a una distribución normal con varianza.

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{\sigma^2}{n} ; \text{ y media de las medias } \bar{\bar{X}} = \mu$$

En otras palabras, las medias de las muestras sacadas de la población están menos dispersas que los datos originales y tienden (cualquier forma que tenga la población) a distribuirse normalmente en cuanto la dimensión (n) de la muestra llega a ser bastante grande ($n > 30$).

En caso de que la población se distribuya normalmente, la distribución muestral de medias se distribuye también normalmente, incluso para pequeños valores de n (es decir, $N < 30$). (Gráfico en la siguiente página)

Habíamos visto que cuando el universo está distribuido normalmente con media μ y desviación estándar σ la variable aleatoria estandarizada,



$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma}$$

Se distribuye normalmente con media 0 y varianza 1. Para el caso de una distribución muestral de medias tenemos que:

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{\sigma^2}{n}; \sigma_{\bar{X}} = \sigma / \sqrt{n}$$

$$\bar{X} = \mu$$

el valor de Z entonces vendrá dado por:

$$Z = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\sigma / \sqrt{n}}$$

El valor de la desviación estándar de la población σ puede estimarse, a partir de la desviación estándar muestral.

$$S_{n-1} = \sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)]}$$

Esto para $n > 30$. Para $n < 30$ esta estimación no es muy correcta.

1.6.6 PEQUEÑAS MUESTRAS.

Como habíamos dicho anteriormente que para muestras de tamaño $n > 30$ llamadas grandes muestras, las distribuciones muestrales (de las medias de muestras sacadas de la población) de muchos estadísticos eran aproximadamente normales, la aproximación era tanto mejor conforme aumentaba n . Para muestras de tamaño $n < 30$, llamadas pequeñas muestras, esta aproximación no es buena y es peor, conforme disminuye n , de modo que deben hacerse modificaciones apropiadas.

Un estudio sobre las distribuciones muestrales de variables para pequeñas muestras se llama teoría de pequeñas muestras. Se estudiarán dos distribuciones importantes, la distribución t y la distribución

chi-cuadrado.

1.6.7 LA DISTRIBUCION DE t.

La variable aleatoria estandarizada para la distribución muestral de medias venía dado por:

$$Z = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cuando se trabaja con pequeñas muestras la desviación estándar de la población (σ) generalmente no se conoce. De tal manera es natural sustituir σ por un estimado S_{n-1} (desviación estándar de la muestra). Desafortunadamente la variable aleatoria resultante $(\bar{X} - \mu)\sqrt{n}/S_{n-1}$ ya no está distribuida normalmente. Es decir, si el universo está distribuido normalmente con media μ y desviación estándar σ , la variable estandarizada.

$$Z = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\sigma / \sqrt{n}}$$

está distribuida normalmente con media 0 y desviación estándar 1, mientras la variable.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S_{n-1}/\sqrt{n}} = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{(n-1)}}$$

está distribuida según una distribución llamada "distribución t", también simétrica respecto a la media 0, que depende de los grados de libertad $n-1$, mientras que la distribución normal es independiente de n .

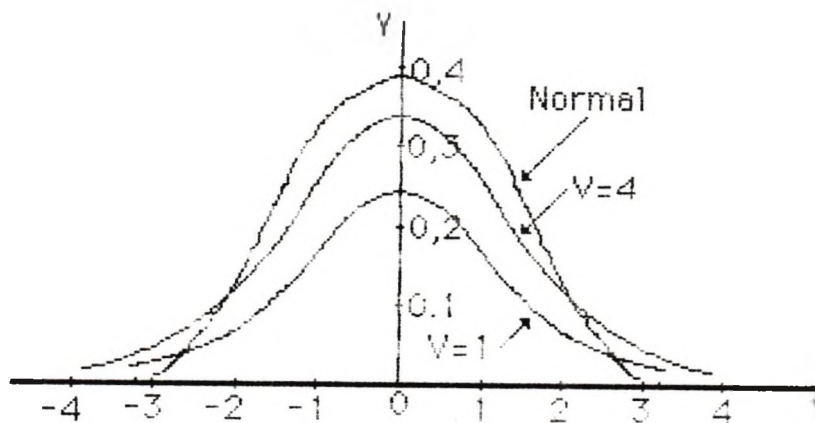
La utilidad de esta variable aleatoria es para tomar decisiones acerca de μ (media de la población) conociendo la media $\bar{X}$ y la desviación estándar S_{n-1} de una muestra, sin necesidad de conocer la desviación estándar de la población.

Si se consideran muestras de tamaño n , extraídas de una población normal (o aproximadamente normal) con media μ y si para cada muestra se calcula el valor de t , utilizando la media muestral $\bar{X}$ y la desviación muestral S_{n-1} , se llega a la distribución muestral de t (este histograma puede generarse distribuyendo en celdas los distintos valores de t y graficando contra la frecuencia relativa).

Esta distribución viene dado por:

$$Y = c \left(1 + \frac{t^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}}$$

donde $v = (n-1)$ son los grados de libertad y c es una constante función de v , de modo que el área total bajo la curva sea uno.



Y = probabilidad o frecuencia relativa.

Cuando n es bastante grande ($n \geq 30$), t puede ser aproximada a Z , es decir la distribución de t puede aproximarse a una distribución normal, ya que la desviación estándar de la muestra al aumentar n se aproxima a la desviación estándar de la población, mientras cuando la dimensión n de la muestra es pequeña la distribución de t se aleja sensiblemente de una distribución normal.

1.6.7.1 GRADOS DE LIBERTAD.-

Para calcular una variable aleatoria, tal como la t , es necesario basarse en observaciones sacadas de las muestras y en ciertos parámetros poblacionales. Si estos parámetros se desconocen, deben estimarse a partir de la muestra.

El número de grados de libertad de una variable aleatoria denotado generalmente por v se define como el número n de observaciones independientes en la muestra (es decir el tamaño muestral) menos el número K de parámetros de la población que deben estimarse a partir de las observaciones de la muestra. En símbolos, $v = n - K$.

En el caso de la variable t , el número de observaciones independientes

en la muestra es n , con la que se calcula $\bar{X}$ y S . Sin embargo, puesto que se debe estimar σ ,

$$K = 1 \text{ y así } v = n - 1$$

1.6.7.2 DEMOSTRACION QUE $(\bar{X} - \mu)\sqrt{n} / S_{n-1}$ representa una variable aleatoria t .

Fenómenos físicos cuyas distribuciones pueden aproximarse con una distribución t pueden surgir en la naturaleza, aunque rara vez se hace esta aproximación. Las aplicaciones más importantes de la distribución t , surgen del estudio de variables aleatorias que se generan. Una variable aleatoria continua de importancia es la variable que tiene una distribución t , la cual puede generarse de la manera siguiente:

"Si Z es una variable aleatoria distribuida normalmente con media 0 y varianza unitaria y x^2 es una variable aleatoria que es independiente de Z y tiene distribución chi-cuadrado con v grados de libertad, la variable aleatoria.

$$t = Z\sqrt{v} / \sqrt{x^2}$$

tiene una distribución t con v grados de libertad".

Como se puede observar en esta definición es necesario conocer la variable aleatoria chi-cuadrado (x^2) la cual se explicará más adelante.

Una vez conocido la definición de una variable aleatoria t podemos realizar la demostración.

Si en una cierta población la variable aleatoria X está distribuida normalmente con media μ y varianza σ^2 y si $\bar{X}$ y S^2 son respectivamente la media aritmética y la varianza de una muestra aleatoria de n elementos, extraído, de aquella población, entonces:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S_{n-1}/\sqrt{n}} = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{(n-1)}}$$

está distribuida como t con $v = n - 1$ grados de libertad.

En efecto, $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ está distribuido normalmente con media 0 y varianza 1.

y es independiente de $x^2 = (n-1)S_{n-1}^2/\sigma^2$ que como veremos está distribuida como x^2 con $v = n - 1$ grados de libertad.

De lo cual,

$$t = \frac{Z\sqrt{v}}{\sqrt{x^2}} = \frac{(\bar{X} - \mu/\sigma / \sqrt{n})\sqrt{v}}{\sqrt{[(n-1) S_{n-1}^2/\sigma^2]}}$$

$$= \frac{[(\bar{X} - \mu) \sqrt{n}] \sqrt{v}}{\sigma \sqrt{(n-1) S_{n-1}}} = \frac{\bar{X} - \mu}{S_{n-1}/\sqrt{n}}$$

está distribuido como t con v grados de libertad.

1.6.8 LA DISTRIBUCION CHI-CUADRADO (x^2).

Si $X_1, X_2, \dots, X_v$ son una muestra aleatoria de V variables aleatorias independientes distribuidas normalmente, cada una con media cero y varianza unitaria, la variable aleatoria $X^2 = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_v^2$, tiene una distribución chi-cuadrado con v grados de libertad. De esto se deriva que si $Z = (X - \mu)/\sigma$ está distribuida normalmente con media 0 y varianza 1, la suma de los cuadrados de n valores de muestreo aleatorios independientes $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ es decir:

$$x^2 = \sum_{i=1}^n Z_i^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \mu/\sigma)^2$$

está distribuida como x^2 con $v = n$ grados de libertad.

Se deriva que si X está distribuida normalmente con media μ y varianza σ^2 y $\bar{X}$ es la media y S_{n-1}^2 la varianza de una muestra de n elementos $X_1^2, X_2^2, \dots, X_n^2$, entonces $x^2 = (n-1) S_{n-1}^2 / \sigma^2$ está distribuido como x^2 con $v=n-1$ grados de libertad. Esto puede parecer sorprendente puesto que $(n-1) S_{n-1}^2 / \sigma^2$ no es directamente la suma de los cuadrados de (n-1) variables aleatorias independientes distribuidas normalmente, cada una con media cero y varianza unitaria. Sin embargo, este resultado implica que con un cambio apropiado de variables, la variable aleatoria.

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

puede expresarse como:

$$\sum_{i=1}^{n-1} Z_i^2$$

donde las Z son variables aleatorias independientes distribuidas normalmente, cada una con media 0 y varianza 1. El resultado no se prueba fácilmente y se omitirá aquí. A continuación se presenta un argumento

empírico. Considere la variable aleatoria.

$$\frac{(n-1) S_{n-1}^2}{\sigma^2} = \frac{(X_1 - \bar{X})^2}{\sigma^2} + \dots + \frac{(X_n - \bar{X})^2}{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{\sigma^2}$$

Observe que si $\bar{X}$ se reemplaza por μ , formando

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

esta expresión si tendría una distribución chi-cuadrado con n grados de libertad ya que las $(X_i - \mu)/\sigma$ son independientes distribuidas normalmente cada una con media cero y varianza unitaria. La función $(n-1)S_{n-1}^2 / \sigma^2$ puede fraccionarse como sigue:

$$\frac{(n-1)S_{n-1}^2}{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^n [(X_i - \mu) - (\bar{X} - \mu)]^2}{\sigma^2} =$$

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

$$0 \quad \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{\sigma^2} = \frac{(n-1) S_{n-1}^2}{\sigma^2} + \frac{(\bar{X} - \mu)^2}{\sigma^2 / n}$$

$$\text{Pero} \quad \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{\sigma^2}$$

tiene una distribución chi-cuadrado con n grados de libertad. También $[(\bar{X} - \mu)/(\sigma/\sqrt{n})]^2$ tiene una distribución chi-cuadrado con 1 grado de libertad ya que $(\bar{X} - \mu)/(\sigma/\sqrt{n})$ es una variable aleatoria distribuida normalmente con media cero y varianza unitaria. Entonces no es sorprendente que $(n-1)S_{n-1}^2 / \sigma^2$ tenga una distribución chi-cuadrado con n-1 grados de libertad. Esto debido al teorema de adición para la distribución chi-cuadrado que dice: "Si x_1^2 y x_2^2 son variables aleatorias independientes chi-cuadrado con v_1 y v_2 grados de libertad, repectivamente, la suma de estas variables aleatorias,

$$x^2 = x_1^2 + x_2^2$$

también tiene una distribución chi-cuadrado con $v = v_1 + v_2$ grados de libertad".

Para nuestro caso tendríamos que la variable aleatoria $\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{\sigma^2}$

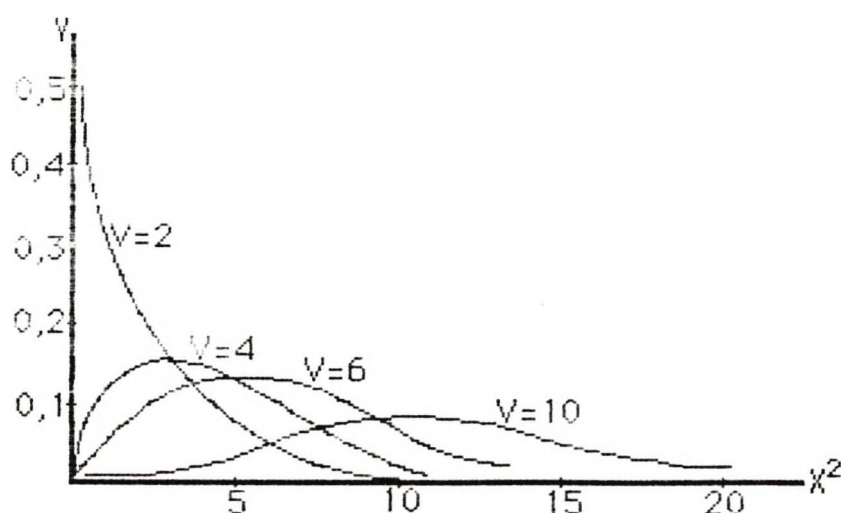
sería la suma de las dos variables aleatorias $(n-1)S_{n-1}^2/\sigma^2$ y $[(\bar{X} - \mu)/(\sigma/\sqrt{n})]^2$ con $v = n-1 + 1 = n$ grados de libertad. Con lo cual queda demostrado que $(n-1) S_{n-1}^2/\sigma^2$ también nos representa una variable aleatoria χ^2 .

En resumen, si se consideran muestras de tamaño n extraídas de una población normal con desviación estándar σ , y para cada muestra se calcula el valor de $\chi^2 = (n-1) S_{n-1}^2/\sigma^2$ se puede obtener una distribución muestral para χ^2 .

La distribución chi-cuadrado viene dado por la siguiente ecuación:

$$Y = Y_0 (\chi^2)^{1/2(v-2)} e^{-1/2\chi^2} = Y_0 \chi^{v-2} e^{-1/2\chi^2}$$

donde $v = n-1$ es el número de grados de libertad, Y_0 es una constante que depende de v , de modo que el área total bajo la curva sea uno. A continuación se da un gráfico de distribuciones chi-cuadrado correspondientes a distintos valores de v .



La variable aleatoria chi-cuadrado $\chi^2 = (n-1) S_{n-1}^2/\sigma^2$ es de utilidad para estimar dentro de unos determinados límites de confianza la desviación estándar de la población.

1.6.9 PRUEBA DE HIPOTESIS.

Muy a menudo, en la práctica, se tiene que tomar decisiones sobre poblaciones, partiendo de la información muestral de las mismas.

Si en el supuesto de que una hipótesis determinada es cierta, se encuentra que los resultados observados en una muestra al azar difieren marcadamente de aquellos que cabía esperar con la hipótesis y con la variación propia del muestreo, se diría que las diferencias observadas son "significativas" y se estaría en condiciones de rechazar la hipótesis.

Los procedimientos que facilitan el decidir si una hipótesis se acepta o se rechaza o el determinar si las muestras observadas difieren significativamente de los resultados esperados se llaman "pruebas de hipótesis".

1.6.9.1 ERRORES DE TIPO I Y TIPO II.-

Si se rechaza una hipótesis cuando debería ser aceptada, se dice que se comete un "error de tipo I". Si por el contrario se acepta una hipótesis que debería ser rechazada, se dice que se comete un "error de tipo II". En cualquiera de los dos casos se comete un error al tomar una decisión equivocada.

1.6.9.2 NIVEL DE SIGNIFICANCIA.-

La probabilidad máxima con la que en el ensayo de una hipótesis se puede cometer un error de tipo I se llama "nivel de significancia" del ensayo. Esta probabilidad se denota frecuentemente por α .

En la práctica se acostumbra a utilizar niveles de significancia del 0,05 o 0,01, aunque pueden emplearse otros. Si por ejemplo, se elige un nivel de significancia del 0,05 o 5% al diseñar un ensayo de hipótesis, entonces hay aproximadamente 5 ocasiones en 100 en que se rechazaría la hipótesis cuando debería ser aceptada, es decir, se está con un 95% de "confianza" de que se toma la decisión adecuada.

1.6.9.3 PRUEBA DE LA HIPOTESIS DE QUE LA MEDIA DE UNA DISTRIBUCION NORMAL TIENE UN VALOR ESPECIFICADO CUANDO SE CONOCE LA DESVIACION ESTANDAR DE LA POBLACION(σ).-

Tómese una muestra de n observaciones de un universo distribuido normalmente con media μ incógnita y desviación estándar σ conocida. Se quiere verificar si, con el auxilio de los resultados del muestreo (es decir de la media $\bar{X}$ de la muestra y de su desviación estándar S_{n-1}) es válida la hipótesis de que la media desconocida de la población sea igual a un valor

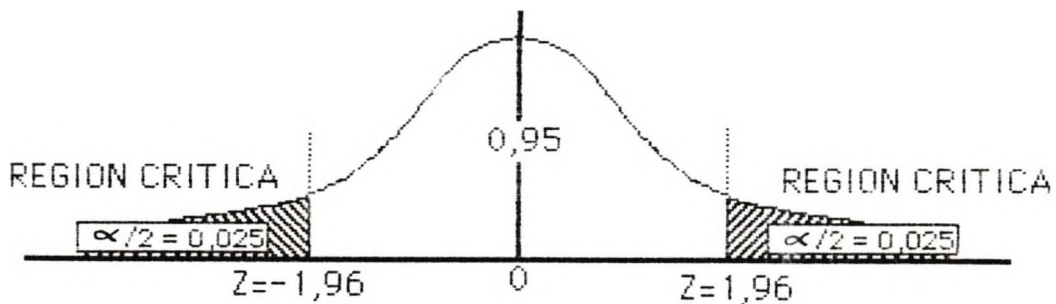
especificado μ_0 , contra la hipótesis contraria que sea distinta a μ_0 . Ahora, si la hipótesis es verdadera, $\bar{X}$ estará distribuida normalmente alrededor de μ_0 y con desviación estándar $\sigma/\sqrt{n}$; es decir, que la variable estandarizada

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$$

está distribuida normalmente con media 0 y varianza 1 si la hipótesis es verdadera. Es decir, la hipótesis $\mu = \mu_0$ sobre el universo originario equivale a la hipótesis de media 0 con la variable estandarizada. Ahora bien, si el valor absoluto de Z es grande, es razonable rechazar la hipótesis; si es pequeño, es decir, próximo a cero, conviene aceptarla.

La desviación estándar de la población puede estimarse a partir de la desviación estándar muestral S_{n-1} cuando la muestra es grande ($n > 30$).

Por ejemplo, escojamos el límite $Z=1,96$ y $Z = -1,96$ (entre estos dos límites se encuentra el 95% del área de la distribución normal estandarizada). Como se indica en la figura siguiente,



Se puede estar con el 95% de confianza de que, si la hipótesis es cierta, el valor de Z obtenido de una muestra real se encontrará entre -1,96 y 1,96 (puesto que el área bajo la curva normal entre estos valores es 0,95).

Sin embargo, si al elegir una muestra al azar se encuentra que Z se halla fuera del rango -1,96 a 1,96 (equivale a $|Z| > 1,96$), lo que quiere decir que es un suceso con probabilidad de solamente, 0,05 (área sombreada de la

figura) si la hipótesis fuese verdadera. Entonces puede decirse que esta Z difiere significativamente de la que cabía esperar bajo esta hipótesis y se estaría inclinando a rechazar la hipótesis.

El área total sombreada 0.05 es el nivel de significancia del ensayo. Representa la probabilidad de cometer error al rechazar la hipótesis es decir, la probabilidad de cometer error tipo I.

De acuerdo a lo dicho se puede formular la siguiente prueba de hipótesis.

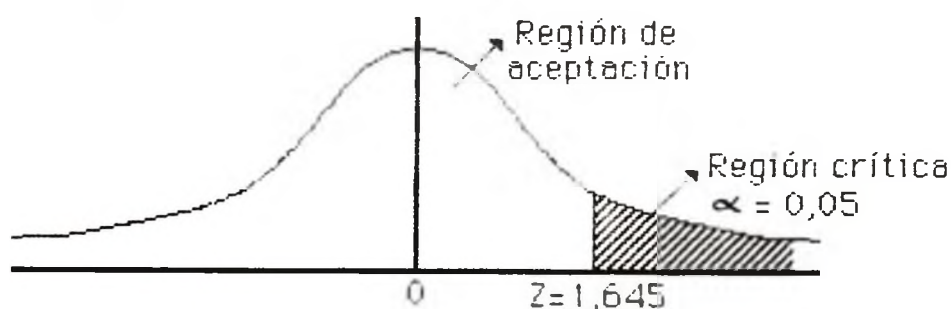
- a) Se rechaza la hipótesis al nivel de significancia del 0,05 si la Z obtenida se encuentra fuera del rango $-1,96$ a $1,96$ (es decir, $|z| > 1,96$).
- b) Se acepta la hipótesis en caso contrario.

Cabe anotar que también pueden igualmente emplearse otros niveles de significancia. Por ejemplo, si se utiliza el nivel de 0,01 se sustituiría 1,96 en todo lo visto anteriormente por 2,58.

1.6.9.4 ENSAYOS BILATERALES Y UNILATERALES.-

En el ensayo anterior se atendía a los valores extremos de la variable $\bar{X}$ o su correspondiente Z a ambos lados de la media, es decir, en las dos "colas" de la distribución. Por esta razón, tales ensayos se llaman "ensayos bilaterales".

Sin embargo, con frecuencia, se puede estar solamente interesado en los valores extremos a un solo lado de la media, es decir, en una "cola" de la distribución. Tales ensayos se llaman "ensayos unilaterales". En tales casos, la región crítica es una región a un lado de la distribución, con área igual al nivel de significancia. Para el caso anterior tendremos la figura siguiente:



1.6.9.5 PRUEBA DE LAS HIPOTESIS QUE LA MEDIA DE UNA DISTRIBUCION NORMAL TIENE UN VALOR ESPECIFICADO CUANDO NO SE CONOCE LA DESVIACION ESTANDAR DE LA POBLACION.-

Cuando σ , desviación estándar de la población no es conocida, si la muestra es pequeña, en lugar de Z se tiene:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S_{n-1}/\sqrt{n}}$$

En donde:

$\bar{X}$ = media de una muestra de tamaño n

S_{n-1} = desviación estándar de la muestra.

que está distribuida como t, si la población es normal, con n-1 grados de libertad, cuando la hipótesis es verdadera. Esto es análogo al utilizar el valor de Z para grandes n, excepto que se utiliza S_{n-1} en lugar de σ . La diferencia estriba en que mientras Z se distribuye normalmente, t sigue una distribución t. Cuando aumenta n, ambas tienden a coincidir.

Las pruebas de hipótesis se realizan de la misma manera que para el caso anterior de Z, sino que en vez de utilizar la tabla de la distribución normal se debe utilizar la tabla de la distribución t dada en el anexo A.

a) Ensayos bilaterales.

- 1.- Se determina la región de aceptación que es el intervalo $[-t_{\alpha/2; n-1}, t_{\alpha/2; n-1}]$
- 2.- Se toma una muestra aleatoria de n artículos.
- 3.- Se calcula el valor de t

$$t = \frac{(\bar{X} - \mu_0)\sqrt{n}}{S_{n-1}}$$

- 4.- Si $-t_{\alpha/2; n-1} \leq t \leq t_{\alpha/2; n-1}$, o sea, $|t| \leq t_{\alpha/2; n-1}$, acepte la hipótesis que $\mu = \mu_0$. Si t está fuera de este intervalo; rechace la hipótesis y concluya que la media de la población (μ) no es μ_0 .

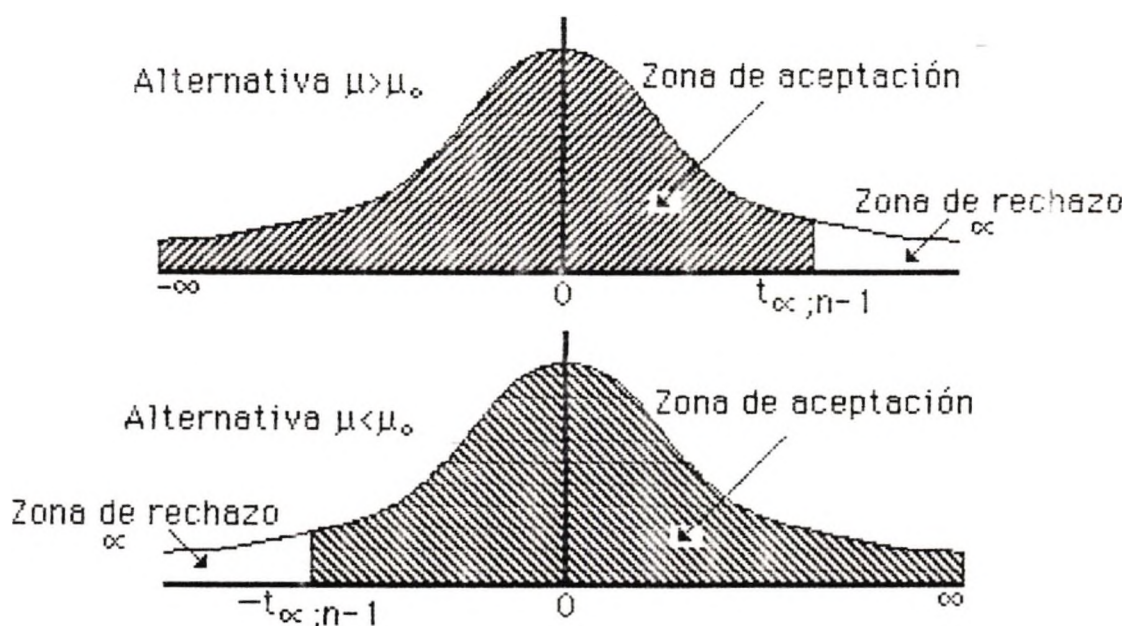
b) Ensayos unilaterales.

- 1.- Se determina la región de aceptación que es el intervalo $[-\infty, t_{\alpha; n-1}]$ para la alternativa $\mu > \mu_0$ y $[-t_{\alpha; n-1}, \infty]$ para la alternativa $\mu < \mu_0$
- 2.- Se toma una muestra aleatoria de n artículos.
- 3.- Se calcula el valor de t

$$t = \frac{(\bar{X} - \mu_0)\sqrt{n}}{S_{n-1}}$$

4.- Si la alternativa es $\mu > \mu_0$, se acepta la hipótesis que $\mu = \mu_0$ (o $\mu \leq \mu_0$)

cuando $t \leq t_{\alpha; n-1}$; si no, se rechaza la hipótesis y se concluye que $\mu > \mu_0$. Si la alternativa es $\mu < \mu_0$, se acepta la hipótesis que $\mu = \mu_0$ (o $\mu \geq \mu_0$) cuando $t \geq -t_{\alpha; n-1}$; si no, se rechaza la hipótesis y se concluye que $\mu < \mu_0$.



1.6.10 AJUSTE DE LINEAS RECTAS.-

Muy a menudo se encuentra en la práctica que existe una relación entre dos (o más) variables.

Frecuentemente el análisis de pares de datos requiere que sean representados gráficamente. Si la relación entre mediciones es casi exacta puede ser suficiente un trazo al ojo. Pero hay casos en que la relación entre dos variables es menos cierta y el trazado a ojo resulta en gráficas que dependen del criterio de las personas involucradas. Distintos individuos observando los mismos datos producirán trazados notablemente diferentes. Es evidente entonces que trazar al ojo es inadecuado y que se necesita un método más sistemático para determinar la relación entre dos variables. Este tipo de método no sólo debe resultar en la determinación de una relación sino también debe describir como los datos observados pueden

usarse para predecir resultados acerca de observaciones futuras.

El tipo de relación que trataremos a continuación es la lineal, lo cual nos servirá para el propósito de la comprobación de calibración de un instrumento de medición.

1.6.10.1 METODO DE MINIMOS CUADRADOS.-

Frecuentemente es posible suponer que una de las variables puede ser registrada sin error y está designada como x . La otra variable está designada como Y y se considera como una variable aleatoria. Naturalmente, el error en x nunca es cero, hablando en términos prácticos, pero es suficiente que el error en x sea pequeño comparado con la variabilidad en Y . Si el valor esperado de la variable aleatoria Y puede expresarse como una función lineal de un variado conocido x (como es el caso que trataremos) entonces la ecuación de la recta vendrá dado por:

$$E(Y/x) = A + Bx$$

Los valores de A y B generalmente son desconocidos y habrán de estimarse usando los datos experimentales. Los estimadores A y B se designan por a y b , respectivamente. Así, la relación estimada, será de la forma:

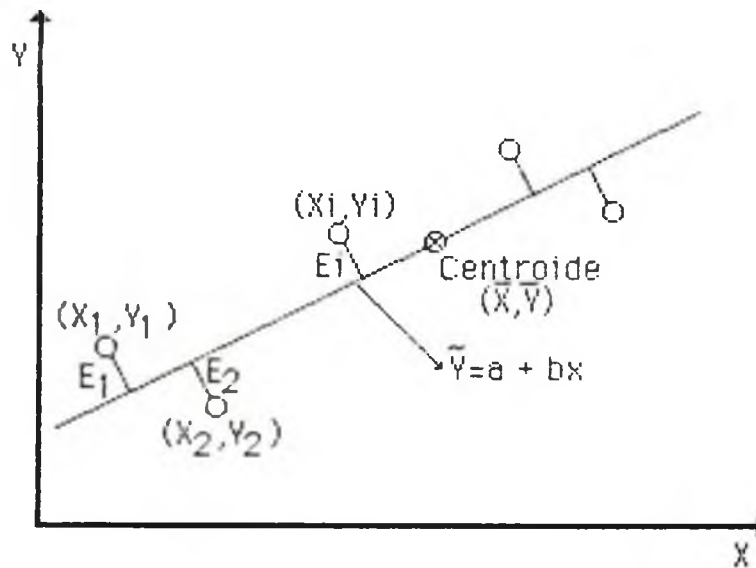
$$\tilde{Y} = a + bx$$

El método común de estimar el intercepto A y la pendiente B es el de los mínimos cuadrados. Que establece que si Y es una función lineal de una variable independiente x , la posición más probable de una recta $\tilde{Y} = a + bx$ es tal que la suma de los cuadrados de las desviaciones de todos los puntos (x_i, Y_i) respecto a la línea es un mínimo: las desviaciones se miden en la dirección del eje Y .

Supóngase que las observaciones constan de n pares de valores:

$$\begin{array}{l} x_1, x_2, \dots, x_n \\ Y_1, Y_2, \dots, Y_n \end{array}$$

y que los diversos pares se representan como puntos, como se indica en la figura siguiente:



Además se sabe que la relación es lineal, o al menos se sospecha. Por consiguiente, se expresa la relación como:

$$\tilde{Y} = a + bx$$

El problema consiste en encontrar los valores de a y b para el caso de la línea de "mejor ajuste".

En lo referente a un punto i en esta línea

$$Y_i - (a + bx_i) = 0$$

pero si se presenta un error en la medición, habrá un residuo E_i tal que

$$Y_i - (a + bx_i) = E_i$$

Con n observaciones, se tiene n ecuaciones:

$$Y_1 - (a + bx_1) = E_1$$

$$Y_2 - (a + bx_2) = E_2$$

$$\vdots$$

$$Y_n - (a + bx_n) = E_n$$

Mediante el uso de la notación de sumatoria, es posible expresar la suma de los cuadrados de los residuos como sigue:

$$P = \sum E_i^2$$

$$\text{o bien, } P = \sum [Y_i - (a + bx_i)]^2$$

En la que la sumatoria se extiende desde $i = 1$ a $i = n$.

Debido a que debe satisfacer la condición de que la suma de los cuadrados de los residuos es mínimo, es decir, P es un mínimo, lo cual ocurre cuando

$$dP/da = 0$$

$$dP/db = 0$$

O bien,

$$\sum [Y_i - (a + bx_i)] = 0 \quad (1)$$

$$\sum x_i [Y_i - (a + bx_i)] = 0 \quad (2)$$

Quitándose el subíndice, se puede formular la ecuación 1 como:

$$\sum y - \sum a - b \sum x = 0$$

Dado que a es una constante, se tiene

$$\sum y = na + b \sum x \quad (3)$$

o bien,

$$\frac{\sum y}{n} = a + b \frac{\sum x}{n}$$

Así pues,

$$\bar{Y} = a + b \bar{x}$$

Esta ecuación señala que la línea que pasa por el punto $(\bar{x}, \bar{Y})$, esto es, por el punto cuyas coordenadas son las medias adecuadas de todas las observaciones, punto al que podemos dar el nombre de centroide de todas las observaciones.

De la ecuación 2 se obtiene:

$$\sum x Y = a \sum x + b \sum x^2 \quad (4)$$

Resolviendo las ecuaciones 3 y 4, se obtiene,

$$a = \frac{\sum x^2 \sum Y - \sum x \sum x.Y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

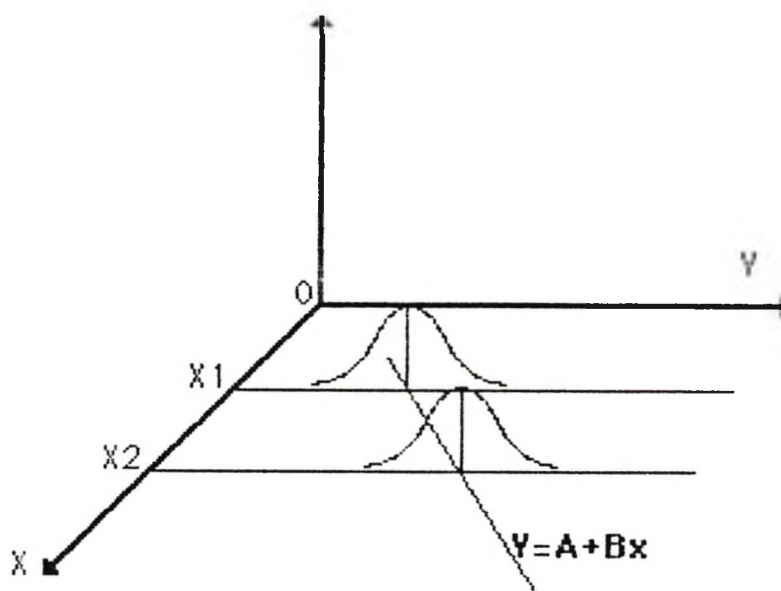
$$b = \frac{n \sum x Y - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

1.6.10.2. PRUEBAS DE HIPOTESIS SOBRE LA PENDIENTE Y EL INTERCEPTO.-

En primer lugar es necesario conocer los siguientes supuestos:

a) Se observarán n pares de variables aleatorias independientes $(x_1, Y_1), (x_2, Y_2), \dots, (x_n, Y_n)$ (las x_i se considerarán como constantes fijas).

b) Cada Y_i es distribuída normalmente con media desconocida $E(y_i/x_i) = A + Bx_i$ y varianza desconocida σ^2 (independiente del valor de x_i).



El valor de la pendiente b y del intercepto a se obtuvieron de una muestra de n pares de valores, por lo tanto son solamente estimadores de la verdadera pendiente B e intercepto A de la población de datos. De tal forma que b y a pueden considerarse como variables aleatorias que tienen distribuciones normales con medias B y A respectivamente. Es decir, si obtuviéramos varios valores de b y a para muestras distintas de cierta población y luego construyéramos un histograma de distribución de frecuencia relativa llegaremos a una distribución normal con medias B y A respectivamente.

La varianza de b está dada por

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

y la varianza de a está dado por

$$(2) \quad \sigma_a^2 = \sigma^2 [1/n + \bar{X}^2 / \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2]$$

Tal como la media muestral $\bar{X}$ y su varianza $\sigma_{\bar{X}}^2$ se usa para calcular Z y formular hipótesis respecto a la media poblacional μ de una distribución

normal cuando se conoce la desviación estándar de la población σ ; también puede formularse hipótesis respecto a b y a . Si se conoce σ^2 , b y su varianza σ_b^2 , puede usarse para formular hipótesis respecto a B y a y su varianza σ_a^2 , puede usarse para formular hipótesis respecto a A . Sin embargo, ya que generalmente σ^2 es desconocida hay que encontrar una prueba de hipótesis que no dependa de σ^2 .

Para esto es necesario partir de la definición básica de la distribución t ; o sea, la razón de las dos variables aleatorias independientes, el numerador normal con media cero y desviación estándar uno y el denominador la raíz cuadrada de una variable aleatoria chi-cuadrado dividida por sus grados de libertad.

Puede mostrarse que

$$\frac{(n-2)S^2_{y/x}}{\sigma^2}$$

tiene una distribución chi-cuadrado con $n-2$ grados de libertad, en donde $S^2_{y/x}$ es un estimado de la variabilidad respecto a la línea. De modo semejante, en el caso de la varianza de una muestra, se considerará la varianza respecto a una línea de regresión; en este caso, las desviaciones se calculan a partir de la línea en lugar de a partir de la media.

$$(3) \quad S^2_{y/x} = \Sigma E_i^2 / v; \text{ o también } S^2_{y/x} = \frac{\Sigma_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2}{n-2}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\Sigma_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2 / n-2}$$

v = grados de libertad.

Es evidente que $\Sigma_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2$ es simplemente la suma de los cuadrados de las desviaciones respecto a la línea ajustada. Los valores de $\tilde{Y}_i$ se obtienen reemplazando los distintos valores de x en la ecuación de regresión $\tilde{Y} = a + bx$

Además

$$b - B / \sigma_b = b - B / \sigma / \sqrt{\Sigma_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

tiene una distribución normal con media 0 y desviación estándar 1. Que como puede verse es similar al valor de Z .

Ahora entonces podemos generar la variable aleatoria t,

$$t = \frac{\frac{b-B}{\sigma}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-2)S^2_{y/x}}}} = \frac{b-B}{\frac{S_{y/x}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}}$$

que se utilizará para formular hipótesis respecto a la pendiente de la ecuación de regresión poblacional. La hipótesis a probar es el de que la pendiente de la ecuación de regresión poblacional B tiene un determinado valor B_0 .

La hipótesis que $B = B_0$ se rechaza cuando.

$$\left| \frac{\frac{b-B_0}{\frac{1}{S_{y/x} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}}} \right| > t_{\alpha/2; n-2}$$

De igual manera la hipótesis que $A = A_0$ se rechaza cuando

$$\left| \frac{\frac{a - A_0}{S_{y/x} \sqrt{(1/n) + [\bar{x}^2 / \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]}}}{\sqrt{(1/n) + [\bar{x}^2 / \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]}}} \right| > t_{\alpha/2; n-2}$$

En donde el valor de $t_{\alpha/2; n-2}$ puede obtenerse de la tabla dada en el anexo A para un nivel de significancia $\alpha/2$ y $n-2$ grados de libertad.

CAPITULO II

CONTROL DE CALIBRADO DE LOS EQUIPOS DE MEDICION.

2.1 CONTROL DE NUEVOS EQUIPOS.-

El sistema de control se enriquece constantemente de nuevos elementos: patrones y nuevos equipos de ensayo. Es preciso acreditar la exactitud de estos elementos antes de permitir su incorporación al sistema. El método varía en función de la naturaleza del nuevo elemento:

1.- Patrones de precisión adquiridos, como por ejemplo, bloques calibradores de gran precisión. El control se basa en los datos de calibrado facilitados por el proveedor y en su declaración de que el calibrado se ajusta a las normas del National Bureau of Standards. Cuando los patrones de medición adquiridos constituyen los elementos de mayor nivel de exactitud en la empresa compradora, toda recalibración ha de hacerse enviando el patrón a un laboratorio ajeno a la empresa, es decir, al propio proveedor, a un laboratorio independiente o al National Bureau of Standards.

2.- Patrones de trabajo adquiridos. Están sujetos a la inspección de entrada en la empresa compradora.

3.- Nuevo equipo de ensayo. Se destina a la verificación de productos y procesos. No obstante, dicho equipo suele comprender instrumentos de medida de diversos tipos y a veces también patrones de trabajo. Es preciso verificar el calibrado de este nuevo equipo de ensayo antes de ponerlo en funcionamiento.

2.2 INVENTARIO Y CLASIFICACION DE PATRONES Y EQUIPOS DE MEDICION.

Un camino sistemático para el control de calibrado es empezar con un inventario de todos los patrones, instrumentos y equipos de ensayo.

Para cada elemento que está por entrar al sistema se hace una ficha de registro. La ficha refleja la procedencia del elemento, el número de serie asignado, el programa de comprobación e información complementaria. Así mismo, se deja un espacio en la ficha para anotar los resultados de la comprobación y las reparaciones necesarias.

A continuación se da un modelo de dos fichas que pueden utilizarse. La una (formato CC-186) en la que deben anotarse los datos indicados. La otra (formato CC-187) que puede utilizarse para el efecto de presentar un medio visual con el cual se determina la próxima fecha en que se debe efectuar la inspección de calibración, y que deberá ser colocada en el aparato.

CALIBRACION DE APARATOS

[illegible]

TARJETA DE CALIBRACION		Nº
FECHA DEBE INSPECCIONAR	FECHA REAL INSPECCION	INSPECTOR
(SIGUE AL REVERSO)		CC- 187

Los cuadros siguientes dan un listado de los patrones de medida disponibles en fábrica, así como un resumen de las principales magnitudes de medición en los diferentes lugares de Planta.

PATRONES DE MEDIDA

NOMBRE	MAGNITUD
Pesos Patrón	Peso
Tacómetro magnético	Velocidad Angular
Tacómetro digital	Velocidad angular y velocidad lineal.
Cronómetro	Tiempo
Pirómetro	Temperatura
Potenciómetro de referencia	Voltaje - temperatura
Potenciómetro	Temperatura
LLantas de chequeo para T.U.O.	Fuerza Armónica Lateral (LHF) y Fuerza Armónica Radial (RHF).
Equipo calibrador de carga para el equipo "Pulley Wheel.	Carga
Master de presión hidráulica para manómetros.	Presión
Tablero maestro para chequear medidores de presión de aire de llantas.	Presión
Bloque patrón tipo "A" de 60 unidades de dureza.	Dureza
Termómetro patrón.	Temperatura.

MAGNITUDES DE MEDICION EN PLANTA

LUGAR	MAGNITUDES
Bambury	Peso, tiempo, presión, temperatura.
Calendria	Velocidad, temperatura, presión.
Tuberas	Peso, temperatura, presión, velocidad.
Construcción	Presión, tiempo.
Vulcanización	Tiempo, temperatura, presión.
Tubos y pestañas	Temperatura, presión, tiempo, velocidad.
Acabado final	Tiempo, presión.
Casa de fuerza	Temperatura, presión.

Página 39 a
INVENTARIO DE EQUIPO DE MEDICION

Dpto.	Equipo	PARA MEDIR						TOTAL
		Aire	Vapor	Agua	Aceite	Caucho	Otros	
101	Manómetros	6	2		3			11
	Termómetros				5			5
	Potenciómetros de Termopares					2		2
	Relojes						2	2
	Integradores de Poder						2	2
	Balanzas				4	3	5	12
104	Manómetros	8	1		9		13	31
	Termómetros			2				2
	Controladores de Temperatura		2				2	4
	Timers						1	1
	Balanzas					1		1
	Calibradores de Dial						1	1
	Tensiómetros						2	2
	Velocímetros						2	2
105	Manómetros	12			3		2	17
	Termómetros				4			4
	Graficadores de Temperatura		1					1
	Balanzas					4		4
	Calibradores de Dial					2		2
	Velocímetros						5	5
111	Manómetros	10						10
	Balanzas						1	1
	Velocímetros						2	2
112	Manómetros		1	2			8	11
	Termómetros						4	4
	Controladores de Temperatura						4	4
	Velocímetros						6	6
113	Manómetros	12						12
121	Manómetros	133						133
	Balanzas					1		1
123	Manómetros	86						86

Dpto.	Equipo	PARA MEDIR						TOTAL
		Aire	Vapor	Agua	Aceite	Caucho	Otros	
132	Manómetros	621	78	9	22			730
	Termómetros		80					80
	Graficadores de Temp./Presión		65	4				69
	Timers						64	64
141	Manómetros	6						6
	Timers						3	3
	Balanzas					2		2
151	Manómetros	14	4					18
	Graficadores de Temp./Presión		2					2
	Timers						10	10
	Balanzas					1		1
161 171	Manómetros	41	12		3			56
	Termómetros		3					3
	Graficadores de Temp./Presión		7					7
	Timers						6	6
	Balanzas					1		1
655	Manómetros	3	1	5				9
	Graficadores de Temp./Presión		1	2				3

RESUMEN DE TOTALES

EQUIPO	PARA MEDIR						TOTAL
	Aire	Vapor	Agua	Aceite	Caucho	Otros	
Manómetros	952	99	16	40		23	1130
Termómetros		83	2	9		4	98
Potenciómetros de Termopares					2		2
Controladores de Temperatura		2				4	6
Graficadores de Temp./Presión		76	6				82
Relojes						2	2
Timers						84	84
Integradores de Poder						2	2
Balanzas				4	13	6	23
Calibradores de Dial					2	1	3
Tensiómetros						2	2
Velocímetros						15	15

2.3 ORGANIZACION DEL CONTROL DE CALIBRADO.

Para la debida inspección y control de los diferentes elementos de calibración y medición es necesario dar una organización a lo que podemos denominar Laboratorio General de la fábrica.

En este departamento, además de un laboratorio químico y de los equipos de variable carácter, según las necesidades de la compañía, deberán estar incluidas las siguientes secciones.

- Cuarto de patrones de trabajo
- Cuarto de patrones de transferencia

2.3.1 CUARTO DE PATRONES DE TRABAJO.-

La misión del cuarto de patrones de trabajo, que puede estar dentro del recinto del laboratorio, o próximo a los almacenes de herramientas, tiene una misión el control e inspección periódica de todos los elementos de medición de la fábrica.

El cuarto de patrones de trabajo deberá poseer las debidas condiciones de limpieza.

Como más adelante veremos en los procedimientos de calibración, cada elemento de calibración o medición tiene asignado un período de inspección, en el cuarto de patrones de trabajo, existirá una ficha de cada uno de los elementos de medición (como la del formato CC-186 indicado anteriormente) las cuales pueden agruparse en ficheros dependiendo de la categoría del elemento de medición.

En cada uno de los ficheros, las fichas aparecerán ordenadas por las fechas de expiración que figura en cada una de ellas. El personal de la sección examinará diariamente cada uno de los ficheros, extrayendo las fichas que han de ser inspeccionadas en el día de la fecha y procederá seguidamente a avisar a los usuarios para que los entreguen, o se desplazarán al lugar en que se encuentran si son elementos amovibles.

Efectuada la inspección y anotada en la ficha (como la del formato CC-187 indicada anteriormente) la fecha de la próxima revisión, se devolverá a su fichero en el lugar que le corresponda.

Si un elemento es encontrado defectuoso, será enviado a reparar si

ello es posible, confeccionando un pedido al departamento de Ingeniería de Planta, y si es inútil será clasificado como tal, procediendo a su destrucción o inutilización, y dándole de baja en su ficha, que pasará a un nuevo fichero de material inútil, pudiéndose destruir al cabo de un tiempo prudencial.

Los patrones de trabajo serán a su vez inspeccionados periódicamente, por lo que cada uno de ellos dará origen a la confección de una ficha. Estas fichas se archivarán en un fichero especial, ordenadas con arreglo a las próximas fechas de revisión.

Cada patrón de trabajo que haya de ser contrastado, será llevado al Laboratorio donde se encuentran los patrones de transferencia, si ello es posible, donde serán contrastados por el personal del mismo y si se trata de elementos amovibles, se recabará de dicho personal que se desplace a la sección.

2.3.2 PATRONES DE TRANSFERENCIA.-

Los patrones de transferencia estarán situados en una sección del Laboratorio debidamente acondicionada para mantener la temperatura entre los 18° y los 22°C, en un local limpio y libre de polvo y humedad.

Todos los patrones de transferencia deberán ser de la mejor calidad y de absoluta precisión, que garantice debidamente la contrastación de los patrones de trabajo y de todos aquellos aparatos y equipos que ocasionalmente sean llevados al Laboratorio para su contrastación e inspección.

Deberá disponerse para cada elemento de una ficha análoga a la empleada para los patrones de trabajo, siendo el personal del Laboratorio el único responsable de que los patrones de transferencia son debidamente contrastados en las fechas que figuran en las fichas respectivas.

El período de revisión suele ser de un año, y para la correcta contrastación de los patrones de transferencia, es necesario acudir a los patrones de carácter oficial existentes en el país (en el Ecuador estos patrones posee el INEN).

Solamente cuando un patrón determinado no exista en el país y el traslado a un país extranjero no ofrezca garantías, podrán tomarse los patrones de transferencia de la fábrica como patrones de carácter provisional.

2.4 ELABORACION DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION.

INDICE DE PROCEDIMIENTOS

ASUNTO	TECNICA	PROCEDIM. Nº
Metrología de balanzas	Asignación de tolerancia.	IC - 8.1
Metrología de velocímetros	-	IC - 8.2
Metrología de timers en prensas de vulcanización.	-	IC - 8.3
Metrología de calibradores.	-	IC - 8.4
Metrología de potenciómetros de termopares.	-	IC - 8.5
Metrología de manómetros	-	IC - 8.6
Metrología de cronómetros	-	IC - 8.7
Metrología de durómetros.	-	IC - 8.9
Metrología de acumuladores de kilometraje del tablero de control de la Pulley Wheel.	-	IC - 8.10
Metrología de Registrador-Controlador de temperatura externa en prensas de vulcanización.	-	IC - 8.11
Metrología de la Máquina Optimizadora de Uniformidad de llantas radiales (T.U.O) chequeo 5x1/5x2.	-	IC - 8.12
Metrología de Máquina Optimizadora de Uniformidad de llantas radiales (T.U.O) chequeo 5x5.	-	IC - 8.13

INDICE DE PROCEDIMIENTOS

ASUNTO	TECNICA	PROCEDIM. Nº
Metrología de velocímetros utilizando pruebas t.	Pruebas de hipótesis con la distribución t.	IC - 8.14
Metrología para medidores de temperatura de descarga en bomburios utilizando pruebas t.	"	IC - 8.15
Metrología de calibradores utilizando la técnica de ajuste de líneas rectas.	Ajuste de líneas rectas y pruebas de hipótesis con la distribución t	IC - 8.16
Metrología de velocímetros utilizando la técnica de ajuste de líneas rectas.	"	IC - 8.17
Metrología del potenciómetro para chequeo de temperatura en prensas de vulcanización utilizando la técnica de ajuste de líneas rectas.	"	IC - 8.18
Metrología de registradores de temperatura en bomburios utilizando la técnica de ajuste de líneas rectas.	"	IC - 8.19
Metrología de manómetros utilizando el master de presión hidráulica (técnica de ajuste de líneas rectas).	"	IC - 8.20
Metrología de manómetros utilizando el probador de peso muerto (técnica de ajuste de líneas rectas).	"	IC - 8.21

INDICE DE PPOCEDIMIENOTOS

ASUNTO	TECNICA	PROCEDIM. No.
Metrología de la Máquina Opti- mizadora de Uniformidad de liantas radiales (T.U.O) utili- zando la técnica de ajuste de líneas rectas.	Ajuste de lí- neas rectas y pruebas de hipo- tesis con la distribución t	IC - 8.22
Metrología de los sistemas de carga del equipo "Pulley Wheel"utilizando la técnica de ajuste de líneas rectas.	Ajuste de líneas rectas y pruebas de hipótesis con la distribución t.	IC - 8.23
Prueba de repetibilidad de e- quipos de medición.	La indicada en el procedimiento	IC - 8.24
Prueba de calibración de equi- pos.	Prueba de hipó- tesis con la dis- tribución t.	IC - 8.25
Ajuste de líneas rectas para la comprobación de la calibra- ción de un instrumento de medición.	Método de míni- mos cuadrados y pruebas de hipó- tesis con la dis- tribución t.	IC - 8.26

2.5 REALIZACION DE PRACTICAS DE CALIBRACION.

A continuación de cada uno de los procedimientos se dan ejemplos prácticos realizados en la fábrica.

2.6 ANALISIS DE RESULTADOS.

Referirse a cada uno de los procedimientos en donde se indica la forma de analizar los resultados, así como la correspondiente "acción correctiva" a tomarse.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE BALANZAS

Nº IC - 8.1

FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de balanzas, asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO

3.1 Pesas patrón

3.2 Destornillador

3.3 Formatos CC-220, CC-186, CC-187

4.0 FRECUENCIA

Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

5.1 Ajuste de la balanza a cero.

5.1.1 Asegurar que la plataforma de la balanza esté completamente limpia.

5.1.2 Mover el seguro de la balanza a posición "funcionando".

5.1.3 Observar la aguja de la carátula, si se coloca en cero, significa que está ajustada si no indica cero, entonces ajustar con el destornillador hasta que marque cero.

5.2 Comparación de pesos

5.2.1 Realizar el chequeo de calibración mínimo en cuatro lugares del rango de uso de la balanza.

NOTA: Por ejemplo una balanza con capacidad de 100 Kg. Si el rango de uso es el total de 0 a 100 Kg. Debería chequearse a 25, 50, 75 y 100 Kg.

5.2.2 Registrar los valores obtenidos en el formato. CC-220

6.0 TOLERANCIA

± Mínima graduación

NOTA: Recomendación de General Tire, procedimiento 1808

7.0 REGISTROS Y REPORTE

7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en



**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD**

ASUNTO: METROLOGIA DE BALANZAS	N° IC - 8.1
	FECHA: Diciembre 1986
	PAGINA: 2 DE 2

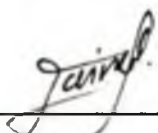
el formato CC-220.

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Cuando sea encontrado fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, las lecturas obtenidas estén dentro de tolerancia.

PREPARADO POR  Jairo Urellana L.	REVISADO Y APROBADO POR  Ing. Arturo Paredes R.
---	---



COMPROBACION DE CALIBRACION
DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86-02-07
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Peso (Kg)
EQUIPO PATRON: Pesas Patrón

NOMBRE: Balanza
EQUIPO N°: 631 - 03
CAPACIDAD: 100 Kg
MIN.GRADUACION: 0.1 Kg

MEDIC. N°	PATRON	LECTURAS						ERROR	TOLE- RANCIA
		1	2	3	4	5	X		
1	25	25						0	± 0.1
2	50	50						0	± 0.1
3	75	75						0	± 0.1
4	100	100						0	± 0.1
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____



**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD**

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS

Nº IC - 8.2

FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de velocímetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO A CALIBRARSE

3.1 Velocímetros de calandria.

3.2 Velocímetros de banda transportadora y tornillo sinfín en tubera doble.

3.3 Velocímetros de rueda de camino en Pulley Wheel.

4.0 EQUIPO NECESARIO PARA EFECTUAR LA CALIBRACION

4.1 Tacómetro

4.2 Formato CC-221; CC-186; CC-187

5.0 FRECUENCIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

6.1 Calandria.

6.1.1 Seleccionar el rango de velocidad al cual se va a realizar el chequeo. Que generalmente debe ser el de uso. Realizar el chequeo mínimo en cinco lugares de este rango.

6.1.2 Fijar el disco de medida en el eje del tacómetro digital. Utilizando este disco obtendremos lecturas en pies por minuto.

6.1.3 Colocar en el panel la velocidad a la cual se va a realizar el chequeo.

6.1.4 Presionar el botón negro del tacómetro y aplicarlo sobre el rodillo central de la calandria que se está midiendo.

NOTA: Para el caso de la calandria Nº 2 si se desea se puede aplicar el tacómetro sobre uno de los rodillos de enfriamiento.

6.1.5 Dejarlo funcionar (con el botón negro presionado) aproximadamente cinco segundos o hasta que la lectura se establezca en el dial.

6.1.6 Retirar el tacómetro soltando al mismo tiempo el botón



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS	Nº IC - 8.2
	FECHA: Diciembre 1986
	PAGINA: 2 DE 3

negro.

6.1.7 Presionar el botón rojo y registrar la lectura del dial.

6.1.8 Repetir los pasos de 6.1.4 y 6.1.7 mínimo tres veces consecutivas y luego sacar el promedio.

6.1.9 Repetir los pasos de 6.1.3 a 6.1.8 para todas las velocidades a chequear.

6.2 Rueda de Camino de Pulley Wheel
 Repetir los mismos pasos anteriores con la diferencia de que en el paso 6.1.4 el tacómetro debe aplicarse sobre la superficie de la rueda de camino. Se recomienda para este caso utilizar el tacómetro magnético.

6.3 Tubera doble
 6.3.1 Banda transportadora. Repetir los mismos pasos con la diferencia de que en el paso 6.1.4 el tacómetro debe aplicarse sobre la segunda banda transportadora.

6.3.2 Tornillo sinfin. Debe acoplarse en el tacómetro el dispositivo para realizar la medición en revoluciones por minuto (r.p.m.), reemplazando al disco de medida. Realizar el chequeo de igual manera que para el caso de la calandria con la diferencia de que en el paso 6.1.4 el tacómetro debe aplicarse en el orificio del tornillo sinfin de la extrusora que se está chequeando.

NOTA: Este chequeo debe realizarse cuando la cuña se encuentra fuera de la cabeza de la tubera, debido a que el orificio en el tornillo sinfin se encuentra en la parte interior.

7.0 TOLERANCIAS
 Velocímetros de calandria : ± 1 unidad
 Velocímetros de rueda de camino en Pulley Wheel: ± 2 Km/h
 Velocímetro de banda transportadora en tubera doble: ± 1 unidad.
 Velocímetros de tornillos sinfin en tubera doble: Desviación mínima.

NOTA: Recomendaciones de la General Tire International.
 Procedimiento IM 5.1.7

8.0 REGISTROS Y REPORTES
 8.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-221



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS

Nº IC - 8.2

FECHA: Diciembre 1986

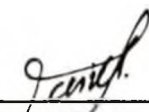
PAGINA: 3 DE 3

8.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

9.0 ACCION CORRECTIVA

- 9.1 Cuando sea encontrado fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 9.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, las lecturas obtenidas estén dentro de la tolerancia.

PREPARADO POR


Jairo Drellana L.

REVISADO Y APROBADO POR


Ing. Arturo Paredes R.



CALIBRACION DE EQUIPOS

FECHA:	86-11-28
ANALISTA:	J.O.
VARIABLE:	Velocidad (P.P.M.)
EQUIPO PATRON:	Tacómetro

NOMBRE DEL EQUIPO: Velocimetro
EQUIPO Nº: _____
CAPACIDAD: _____
MIN. GRADUACION: _____

[illegible]

APROBADO:

RECHAZADO: X

OBSERVACIONES: _____



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE TIMERS EN PRENSAS DE VULCANIZACION

Nº IC - 8.3

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de timers y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

Area de vulcanización

3.0 EQUIPO

3.1 Cronómetro

3.2 Formatos CC-221; CC-186; CC-187

4.0 FRECUENCIA

Semestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

5.1 Accionar el cronómetro cuando en el indicador de paso del timer aparece el número 1.

5.2 Parar el cronómetro cuando en el indicador de pasos del timer comienza a girar el número correspondiente al último paso de la cura (también en ese instante la pluma del manómetro que controla la presión de aire de la válvula de vacío regresa a cero).

5.3 Registrar la lectura obtenida en el cronómetro.

5.4 Repetir los pasos 5.1 a 5.3 mínimo cinco veces consecutivas.

5.5 Calcular la media de los valores obtenidos.

6.0 TOLERANCIA

La desviación de la media con relación a la especificación no debe ser mayor a $\pm 0,26$ minutos (15,6 segundos).

7.0 REGISTROS Y REPORTES

7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-221

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si se encuentra fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniero

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD****ASUNTO:** METROLOGIA DE TIMERS EN PRENSAS DE VULCANIZACION**Nº** IC - 8.3**FECHA:** Marzo 1986**PAGINA:** 2 DE 2

río de Planta para el arreglo correspondiente.

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración nos de dentro de tolerancia.

PREPARADO POR
Jeiro Orellana L.**REVISADO Y APROBADO POR**
Ing. Arturo Paredes R.



CALIBRACION DE EQUIPOS

FECHA:	86-02-25
ANALISTA:	J.O.
VARIABLE:	Tiempo (minutos)
EQUIPO PATRON:	Cronómetro.

NOMBRE DEL EQUIPO: Timer
EQUIPO Nº: _____
CAPACIDAD: _____
MIN. GRADUACION: _____

[illegible]

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE CALIBRADORES

Nº IC - 8.4

FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de instrumentos medidores de espesor y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR.

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO A CALIBRARSE

3.1 Calibradores de Dial.

3.2 Calibradores Pie de Rey.

4.0 EQUIPO NECESARIO PARA EFECTUAR LA CALIBRACION

4.1 Juego de calibres de dimensiones externas.

4.2 Formatos CC-220; CC-186; CC-187

5.0 FRECUENCIA.

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

6.0 METODO.

Chequear mínimo en diez lugares de la capacidad total del calibrador, utilizando las combinaciones más convenientes del juego de calibres de dimensiones externas disponible. Por ejemplo puede chequearse a :

Calibradores de Dial: 0; 1,00; 1,01; 1,02; 1,03; 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 2; 3; 5; 9 mm.

Calibradores pie de Rey: 0; 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 100 mm.

Nota: En los calibres de dial antes de realizar la prueba en caso de que la aguja no esté marcando cero ajustarla hasta que marque cero.

7.0 TOLERANCIA

± Mínimo graduación.

NOTA: Recomendación del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

8.0 REGISTROS Y REPORTES

8.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-220



**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD**

ASUNTO: METROLOGIA DE CALIBRADORES

Nº IC - 8.4

FECHA: Diciembre 1986

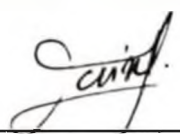
PAGINA: 2 **DE** 2

8.2 Los resultados registrar en la Tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

9.0 ACCION CORRECTIVA

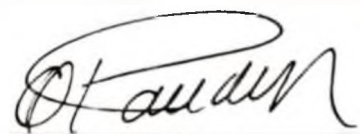
- 9.1 Cuando sea encontrado fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondientes.
- 9.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, las lecturas obtenidas estén dentro de tolerancia.

PREPARADO POR



Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR



Ing. Arturo Paredes R.



COMPROBACION DE CALIBRACION
DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA:	86-05-22	NOMBRE DEL EQUIPO:	Pia de Rey
ANALISTA:	J.O	EQUIPO Nº:	
VARIABLE:	Espesor	CAPACIDAD:	170 mm.
EQUIPO PATRON:	Calibres de dimen- siones externas.	MIN. GRADUACION:	0,05 mm.

MEDIC. Nº	PA- TROI	LECTURAS						ERROR	TOLERANCIA
		1	2	3	4	5	X		
1	0	0						0	±0,05
2	1,05	1,05						0	±0,05
3	1,1	1,1						0	±0,05
4	1,2	1,2						0	±0,05
5	1,3	1,3						0	±0,05
6	1,5	1,5						0	±0,05
7	2	2						0	±0,05
8	3	3						0	±0,05
9	5	5						0	±0,05
10	10	10						0	±0,05
11	20	20						0	±0,05
12	30	30						0	±0,05
13	50	50,05						0,05	±0,05
14	100	100						0	±0,05
15									
16									
17									
18									
19									
20									

APROBADO: X RECHAZADO

OBSERVACIONES: _____



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE POTENCIOMETROS
DE TERMOPARES

N° IC - 8.5

FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de potenciómetros de termopares y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO A CALIBRARSE

3.1 Registradores de temperatura de bambury.

3.2 Potenciómetro para chequeo de temperatura en prensas de vulcanización.

4.0 EQUIPO NECESARIO PARA EFECTUAR LA CALIBRACION

4.1 Potenciómetro de referencia (MINI - CAL)

4.1 Tablas de conversión temperatura Vs fem, para tipo de termocupla usado por el potenciómetro.

4.3 Alambre de Cobre (o termocupla).

4.4 Destornillador

4.5 Cuchillo

4.6 Formatos CC-222; CC-186; CC-187

5.0 FRECUENCIA

Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

6.0 METODO

6.1 Preparar los alambres de cobre necesarios

6.2 Desconectar la termocupla de medición del tablero terminal del potenciómetro de termopar.

6.3 Usando alambre de cobre, conectar los terminales del MINI-CAL a los terminales de entrada del potenciómetro. Las polaridades deben corresponder (+ con + y - con -).

6.4 Colocar el switch OUTPUT/MEASURE del MINI-CAL, en la posición OUTPUT.

6.5 Colocar el switch RANGE del MINI -CAL en la posición mV.

6.6 Seleccionar el rango de temperatura al cual se va a realizar el chequeo. Que generalmente debe de ser el de uso. Realizar el chequeo en todo este rango con incrementos constantes. Este incremento debe ser tal que obtengamos mínimo diez lecturas.

NOTA: Por ejemplo para el caso de los registradores de tempe-



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE POTENCIOMETROS
DE TERMOPARES

Nº IC - 8.5

FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 2 DE 3

ratura de bamburg, el rango de uso es aproximadamente de 150 a 330°F, el chequeo puede realizarse con incrementos de 20°F, es decir a: 150, 170, 190, -----, 330°F.

- 6.7 Usando cualquier medidor de temperatura confiable, medir la temperatura del tablero terminal, en el lugar donde los alambres de cobre del MINI-CAL conectan a los alambres de extensión del circuito de medición.
- 6.8 De las tablas de conversión temperatura Vs fem (Anexo E) para el tipo de termocupla utilizado en la medida, determinar fem que corresponde a la lectura estable del medidor de temperatura.
- 6.9 De las mismas tablas determinar fem equivalente para la temperatura a la cual se desea chequear la calibración.
- 6.10 Hacer la diferencia algebraica entre la fem obtenidas en los dos pasos anteriores.
- 6.11 Colocar el valor obtenido en el paso anterior en el MINI -CAL.
- 6.12 Registrar el valor de la temperatura obtenido en la escala del potenciómetro.
- 6.13 Repetir los pasos 6.7 a 6.12 para todas las temperaturas a las cuales se va a realizar el chequeo.

7.0 TOLERANCIA

Termocupla tipo	Rango de temperatura (°F)	Tolerancias	
		Estándar	Especial
J	32 a 530 530 a 1400	$\pm 4^{\circ}\text{F}$ $\pm 3/4\%$	$\pm 2^{\circ}\text{F}$ $\pm 3/8\%$
K	32 a 530 530 a 2300	$\pm 4^{\circ}\text{F}$ $\pm 3/4\%$	$\pm 2^{\circ}\text{F}$ $\pm 3/8\%$
R o S	32 a 1000 1000 a 2700	$\pm 5^{\circ}\text{F}$ $\pm 1/2\%$	$\pm 2,5^{\circ}\text{F}$ $\pm 1/4\%$



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE POTENCIOMETROS
TERMOPARES.

N° IC - 8.5

FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 3 DE 3

Termocupla Tipo	Rango de Tempe- ra (°F)	Tolerancia	
		Estándar	Especial
T	-300 a -75	----	± 1 %
	-150 a -75	± 2 %	± 1 %
	-75 a 200	± 1,5 °F	± 3/4 °F
	200 a 700	± 3/4 %	± 3/8 %
E	32 a 600	± 3 °F	± 2,25 °F
	600 a 1600	± 1/2 %	± 3/8 %
B	1600 a 3100	± 1/2 %	----

Nota: Recomendación de la Instrument Society of América (ISA).

8.0 REGISTROS Y REPORTE

- 8.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-222
- 8.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

9.0 ACCION CORRECTIVA

- 9.1 Cuando sea encontrado fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 9.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, las lecturas obtenidas esten dentro de tolerancia.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.

- INGENIERIA DE CALIDAD -

CC-222



CALIBRACION DE TERMOCUPLAS

FECHA:	<u>86-04-10</u>	NOMBRE DEL EQUIPO:	<u>Reg. Temperatura.</u>
ANALISTA:	<u>J.O./J.A.</u>	EQUIPO N°:	<u> </u>
VARIABLE:	<u>Temperatura (°F)</u>	TERMOCUPLA TIPO:	<u>J.</u>
EQUIPO PATRON:	<u>MINI-CAL.</u>		

ESTANDAR	fem 1	TEMPERA. AMBIENTE	Fem 2	fem 1 - Fem 2	LECTURA	ERROR	TOLERAN.
150	3,411	75	1,220	2,191	127	-23	±4
170	4,006	75	1,220	2,786	148	-22	±4
190	4,605	75	1,220	3,385	169	-21	±4
210	5,207	75	1,220	3,987	190	-20	±4
230	5,812	75	1,220	4,592	210	-20	±4
250	6,42	75	1,220	5,200	233	-17	±4
270	7,029	75	1,220	5,809	251	-19	±4
290	7,641	75	1,220	6,421	271	-19	±4
310	8,253	75	1,220	7,033	291	-19	±4
330	8,867	75	1,220	7,647	311	-19	±4

APROBADO:

RECHAZADO: **X**

OBSERVACIONES: _____



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE MANOMETROS

Nº IC - 8.6

FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de manómetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO

3.1 Cualquier patrón que se tenga disponible ya sea el Mastor de presión hidráulica, el probador de peso muerto u otros.

3.1 Formatos CC-220; CC-186; CC-187.

4.0 FRECUENCIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

5.1 Seleccionar el rango al cual se desea hacer el chequeo. Este rango puede ser el total de la capacidad del dial del manómetro. Realizar el chequeo con el incremento que sea necesario para obtener como mínimo diez lecturas.

Nota: Por ejemplo un manómetro con capacidad de 100 PSI, puede chequearse a 10, 20, 30, -----90, 100 PSI.

5.2 Realizar el ensayo y registrar en el formato las lecturas obtenidas en el manómetro que se está probando.

6.0 TOLERANCIA

$\pm 1 \%$ de la capacidad del manómetro

Nota: Por ejemplo un manómetro con capacidad de 100 PSI tendrá como tolerancia ± 1 PSI.

Para el caso de instrumentos nuevos o reajustados (durante verificaciones iniciales) la tolerancia es de 0,8% de la capacidad del manómetro.

Nota: Recomendación Internacional de la OIML Nº 17.

7.0 REGISTROS Y REPORTES

7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-220.

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE MANOMETROS

N° IC - 8.6

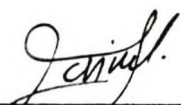
FECHA: Diciembre 1986

PAGINA: 2 DE 2

8.0 ACCION CORRECTIVA

- 8.1 Cuando sea encontrado fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, las lecturas obtenidas estén dentro de tolerancia.

PREPARADO POR


Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR


Ing. Arturo Paredes R.



**COMPROBACION DE CALIBRACION
DE EQUIPOS DE MEDICION.**

FECHA: 86-06-05
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Presión (PSI)
EQUIPO PATRON: Probador de
peso muerto.

NOMBRE DEL EQUIPO: Manómetro
EQUIPO N°:
CAPACIDAD: 100 PSI
MR. GRADUACION. 2 PSI

MEDIC. N°	PATRON	LECTURAS					ERROR	TOLE- RANCIA
		1	2	3	4	5		
1	14,50	15,00					0,5	±1
2	21,76	22,00					0,24	±1
3	29,01	29,00					-0,01	±1
4	36,26	36,00					-0,26	±1
5	43,51	44,00					0,49	±1
6	50,76	50,00					-0,76	±1
7	58,02	57,00					-1,02	±1
8	65,27	64,00					-1,27	±1
9	72,52	71,00					-1,52	±1
10	79,77	78,00					-1,77	±1
11	87,02	85,00					-2,02	±1
12	94,28	92,00					-2,28	±1
13	101,53	99,00					-2,53	±1
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

APROBADO:

RECHAZADO: X

OBSERVACIONES: El ensayo se realiza en Kilopascales, razón por la cual luego fue necesario pasarlo
a PSI las lecturas del patrón.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE CRONOMETROS

N° IC - 8.7

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de cronómetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

Centro de pruebas.

3.0 EQUIPO

3.1 Cronómetro Patrón

3.2 Lupa de aumento.

3.3 Formatos CC- 220; CC-186; CC- 187.

4.0 FRECUENCIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

5.1 Tomar los dos cronómetros uno en cada mano y hacerlos trabajar simultáneamente y pararlos al mismo tiempo tomando las lecturas.

5.2 Hacer las mediciones a 15, 30, 45, y 60 segundos.

5.3 Se recomienda usar una lupa de aumento para tomar con mayor precisión las lecturas.

5.4 Repetir cinco veces cada lectura y tomar el promedio el cual será comparado contra la lectura del cronómetro patrón.

6.0 ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS

Tolerancia $\pm 0,5$ segundos.

7.0 REGISTROS Y REPORTE

7.1 Registrar los datos en el formato CC-220

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Cuando sea encontrado fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.



**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD**

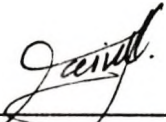
ASUNTO: METROLOGIA DE CRONOMETROS	Nº IC - 8.7
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 2 DE 2

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, las lecturas obtenidas estén dentro de tolerancia.

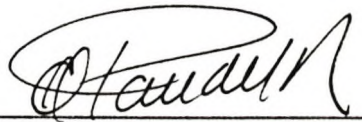
9.0 REFERENCIA

Adaptación del procedimiento CC-1815 de la GENERAL POPO Mexico, D.F.

PREPARADO POR


Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR


Ing. Arturo Paredes R.

LLANTAS

GENERAL

COMPROBACION DE CALIBRACION
DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86-04-22

NOMBRE DEL EQUIPO: Cronómetro

ANALISTA: J.O.

EQUIPO Nº:

VARIABLE: Tiempo (segundos)

CAPACIDAD:

EQUIPO PATRON: Cronómetro

MIN.GRADUACION:

MEDIC. Nº	PATRON	LECTURAS						ERROR	TOLE- RANCIA
		1	2	3	4	5	X		
1	15	15,3	15,1	15,3	15,2	15,2	15,22	0,22	± 0,5
2	30	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	0,1	± 0,5
3	45	45,2	45	45,1	45,1	45,1	45,1	0,1	± 0,5
4	60	60,1	59,9	59,9	59,9	60,0	59,96	-0,04	± 0,5
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES:



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE DUROMETROS	Nº IC - 8.9
	FECHA: Mayo 1986
	PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO
Establecer un procedimiento para chequear la calibración de Durómetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR
Centro de Prueba.

3.0 EQUIPO
3.1 Bloque Patrón tipo "A" de 60 unidades de dureza.
3.2 Formatos CC-186; CC-187

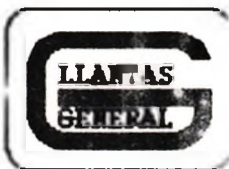
4.0 FRECUENCIA
Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO
5.1 Chequear la ubicación del punto cero.
5.2 Aplicar el durómetro en el bloque patrón y registrar la lectura.
5.3 Repetir el paso anterior mínimo diez veces consecutivas.
5.4 Calcular la media.
5.5 Restar el valor especificado en el bloque patrón de la media obtenido y luego comparar con la tolerancia.

6.0 TOLERANCIA
Punto cero = 0
Exactitud = ± 1 unidad
Nota: Recomendación de la GENERAL TIRE INTERNACIONAL. Procedimiento IM- 5.1.7

7.0 REGISTROS Y REPORTES
Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA
8.1 Si el valor obtenido se encuentra fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE DUROMETROS

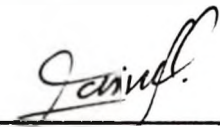
Nº IC-8.9

FECHA: Mayo 1986

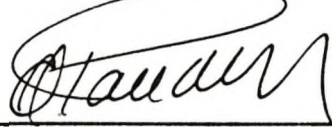
PAGINA: 2 DE 2

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método se calibración las lecturas obtenidas estén dentro de tolerancia.

PREPARADO POR


Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR


Ing. Arturo Paredes R.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE ACUMULADORES DE KILOMETRAJE DEL TABLERO DE CONTROL DE LA PULLEY WHEEL	Nº IC- 8.10
	FECHA: Mayo 1986
	PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de los acumuladores de kilometraje y asegurar confiabilidad en su lecturas.

2.0 EQUIPO

2.1 Cronómetro

2.2 Formatos CC-220; CC-186; CC-187

3.0 FRECUENCIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

4.0 METODO

4.1 Poner los cuatro acumuladores de kilometraje y un cronómetro en cero.

4.2 Fijar una velocidad, por ejemplo 80 Km/h.

4.3 Simultáneamente arrancar los acumuladores de kilometraje y el cronómetro.

4.4 Registrar a intervalos de una hora las lecturas de los cuatro acumuladores, hasta completar cuando menos cinco horas.

Nota: El chequeo puede realizarse durante una prueba sin que los acumuladores estén en cero.

5.0 CALCULOS

Calcular los kilometrajes recorridos de la siguiente manera:

$$\text{Kilómetros recorridos} = \text{Velocidad} \times \text{Tiempo}$$

6.0 TOLERANCIA

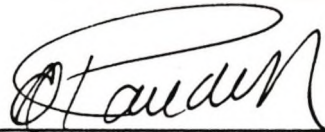
± 1 % de los kilómetros recorridos calculado.

7.0 REGISTROS Y REPORTES

7.1 Para cada paso del procedimiento registrar todos los datos en el formato CC-220.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE ACUMULADORES DE KILOMETRAJE DEL TABLERO DE CONTROL DE LA PULLEY WHEEL	N° IC- 8.10 FECHA: Mayo 1986 PAGINA: 2 DE 2
7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección. 8.0 ACCION CORRECTIVA 8.1 Si el valor obtenido se encuentra fuera de tolerancia comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y al Jefe del Centro de Pruebas y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente. 8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración las lecturas obtenidas estén dentro de tolerancia. 9.0 REFERENCIA Adaptación del procedimiento CC-1820 de la GENERAL POPO México D.F.	
PREPARADO POR  Jairo Orellana L.	REVISADO Y APROBADO POR  Ing. Arturo Paredes R.



COMPROBACION DE CALIBRACION
DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86-05-20 NOMBRE DEL EQUIPO: Acumulador Kilometraje
ANALISTA: J.O. EQUIPO N°: _____
VARIABLE: Longitud (Km) CAPACIDAD: _____
EQUIPO PATRON: Cronómetro MIN.GRADUACION: _____

MEDIC. N°	PATRON	LECTURAS						ERRO	TOLE- RANCIA
		1	2	3	4	5	X		
1	80	83						3	± 0,8
2	160	166						6	± 1,6
3	240	249						9	± 2,4
4	320	332						12	± 3,2
5	400	406						6	± 4
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

APROBADO:

RECHAZADO: X

OBSERVACIONES: _____

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.10

El chequeo se realizó en un prueba cuya velocidad fue de 80Km/h. y el kilometraje en el acumulador marcaba 360664. Obteniéndose las siguientes lecturas a intervalos de una hora.

TIEMPO (HORA)	KM. EN EL ACUMULADOR.
1	360747
2	360830
3	360913
4	360996
5	361070

De lo cual obtenemos que los kilómetros reales recorridos será:

$$\text{Km reales} = \text{Velocidad} \times \text{Tiempo.}$$

Por ejemplo para una hora tendremos:

$$\text{Km reales} = 80 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \times 1\text{h} = 80 \text{ Km.}$$

Los kilómetros recorridos en el acumulador será la diferencia entre los kilómetros que marca en ese instante menos los kilómetros iniciales en el acumulador. Por ejemplo para una hora tendremos

$$\text{Km recorridos} = 360747 - 360664 = 83$$

Y la tolerancia será:

$$83 \times 1/100 = \pm 0,8$$



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE REGISTRADOR-CONTROLADOR DE TEMPERATURA EXTERNA EN PRENSAS DE VULCANIZACION.	Nº IC - 8.11
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de los Registradores -Controladores de temperatura externa en prensas de vulcanización.

2.0 LUGAR

Area de vulcanización.

3.0 EQUIPO

- 3.1 Potenciómetro
- 3.2 Termopares tipo T
- 3.3 Destornillador.
- 3.4 Cuchillo
- 3.5 Formatos CC-186 y CC-187

4.0 FRECUENCIA

Bimensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

- 5.1 Preparar los termopares necesarios.
- 5.2 Conectar el potenciómetro a la línea de corriente de 110 voltios.
- 5.3 Para la calibración de los Registradores- Controlador de plato en prensas de pasajeros, colocar termopares bajo los moldes derecho e izquierdo de la prensa. Es necesario alzar la parte inferior del molde para introducir el termopar entre el molde y el plato.
Para la calibración de los Registradores-Controladores de domo en prensas de camión, colocar termopares en las cavidades del domo de los moldes derecho e izquierdo.
- 5.4 Cerrar la prensa
- 5.5 Conectar el otro extremo de los termopares a la regleta de conectores del potenciómetro, uniendo el polo + (alambre azul) con el + de la regleta y el polo - (alambre rojo) con el - de la regleta.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO METROLOGIA DE REGISTRADOR-CONTROLADOR DE TEMPERATURA EXTERNA EN PRENSAS DE VULCANIZACION	N° IC - 8.11
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 2 DE 2

- 5.6 Encender el potenciómetro colocando el switch RECORDER ON/OFF en la posición ON.
- 5.7 Encender el motor de la carta del potenciómetro colocando el switch CHART ON/OFF en la posición ON.
- 5.8 Los registradores serán calibrados después que el potenciómetro haya alcanzado la lectura más alta.
- 5.9 Si la lectura de los modes derecho e izquierdo son diferentes, en prensas de pasajeros, la lectura más alta debe ser usada.
- 5.10 Si la diferencia entre lecturas de los moldes derecho e izquierdo es más de 4°F, la lectura más baja debe ser registrada. Esto puede ser debido a una trampa mala o molde asentado incorrectamente razón por la cual debe hacerse un chequeo.

6.0 REGISTROS Y REPORTE

Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

7.0 ACCION CORRECTIVA

- 7.1 Si la temperatura obtenida se encuentra fuera de especificación comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 7.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el valor obtenido nos de dentro de especificación.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

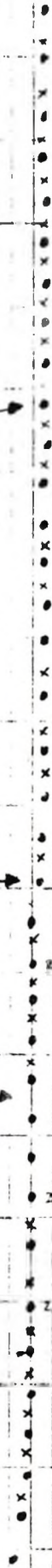
Ing. Arturo Paredes R.

285 °F

A partir de aquí
se subió la tem-
peratura del va-
por externo de
la prensa.

280 °F

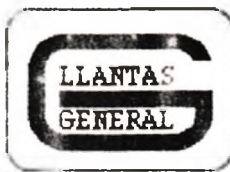
- Cavidad B40
- × Cavidad B41



EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC- 8.11

Como puede observarse en la carta del gratificador del potenciómetro, la temperatura a la que se encontró la prensa fue de 280°F (mitad inferior de la hoja). La especificación es de $285 \pm 2^\circ\text{F}$, razón por la cual fue necesario subir la temperatura, obteniéndose después el valor de 285°F (mitad superior de la hoja) con lo cual estamos dentro de especificación. Luego se procedió a calibrar el contralor-registrador para que marque esta temperatura.

Como también puede observarse en la carta no existe más de 4°F de diferencia entre las temperaturas de la dos cavidades.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTIMIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O.) -CHEQUEO 5X1/5X2	Nº IC - 8.12
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO
Establecer un procedimiento para chequeo de calibración 5x1/5x2 de la Máquina Optimizadora de Uniformidad (T.U.O).

2.0 LUGAR
Area de T.U.O.

3.0 EQUIPO
3.1 LLantas de chequeo.
3.2 Formatos CC-223; CC-186; CC-187

4.0 PARAMETROS A CHEQUEAR
4.1 Fuerzas Compuestas: Compuesta Lateral (LPF) y Compuesta Radial (RPF).
4.2 Fuerzas Primer Armónico: Armónico Lateral (LHF y LHR) y Armónico Radial (RHF).
4.3 Conicidad (CON).
4.4 Asimetría Circunferencia (RRCF).
4.5 Ubicación del punto de Armónico Alto (RHHP).

5.0 FRECUENCIA
Diariamente, en cada cambio de aro o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

6.0 METODO
6.1 Colocar la carga para el tamaño de la llanta a chequear. Colocar la presión de inflado a 30 PSI
6.2 Correr cada una de las cinco llantas de chequeo una sola vez (5x1).
6.3 Registrar los valores de: LPF, RPF, LHF, LHR, RHF, CON, RRCF. También registrar la ubicación del punto Armónico Alto (RHHP).
6.4 Escribir la desviación (+ o -) del valor de la llanta de chequeo (especificación) junto a cada valor registrado.
6.5 Hacer el sumatorio de las desviaciones para cada parámetro y luego dividir para cinco para obtener la desviación promedio ($\bar{X}$)
6.6 Obtener el Rango (R) restando la desviación menor de la mayor.
6.7 La máquina está descalibrada cuando se cumple las siguientes condiciones:
6.7.1 RPF o RHF $\bar{X} \geq \pm 2.70 \text{ Lb}$ o $R > 8.7 \text{ Lb}$.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTIMIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O) -CHEQUEO 5X1/5X2.

Nº IC - 8.12

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 3

6.7.2 LPF, LHF, LHR, o CON $\bar{X} > \pm 1.80$ Lb o $R > 5.9$ Lb.

6.7.3 RRCF $\bar{X} > \pm 0.003$ pulgadas o $R > 0.011$ pulgadas.

6.7.4 Las marcas de punto alto están fuera del marco regulado para cada llanta de prueba. Los marcos deben regularse desde la localización del RHHP promedio como sigue:

RHF	0-7 Lb	$\pm 120^\circ$
RHF	7-10 Lb	$\pm 30^\circ$
RHF	10-15 Lb	$\pm 20^\circ$
RHF	>15 Lb	$\pm 15^\circ$

6.8 Si falla el chequeo 5x1 para el rango (R), estando la desviación promedio ($\bar{X}$) para todos los parámetros (menos la conicidad) dentro de tolerancia o estando fuera de tolerancia en el lado "+", debe correrse inmediatamente las llantas de chequeo una segunda vez (5x2) y calcular una desviación promedio ($\bar{X}$) y un rango promedio ($\bar{R}$) para cada parámetro. La $\bar{X}$ es calculada sumando la desviación del valor especificado para las dos corridas de cada una de las cinco llantas y luego dividiendo para diez. El $\bar{R}$ es calculado obteniendo un rango para cada llanta de las dos corridas, sumando estos rangos de cada llanta y luego dividiendo para cinco.

Los límites para un chequeo 5x2 son:

RPF o RHF $\bar{X} = \pm 2.00$ y $\bar{R} = 2.4$

LPF, LHF, LHR, o CON $\bar{X} = \pm 1.40$ y $\bar{R} = 1.6$

RRCF $\bar{X} = 0.0026$ y $\bar{R} = 0.0029$

Si la tolerancia de la $\bar{X}$ y/o $\bar{R}$ para cualquier parámetro está excedido la T.U.O esta descalibrada.

7.0 REGISTROS Y REPORTE

7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-223

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si se encuentra que la máquina está descalibrada comunicar al

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS****INGENIERIA DE CALIDAD**

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTIMIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O.) -CHEQUEO 5X1/5X2

Nº IC - 8.12

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 3 DE 3

Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el valor obtenido nos de dentro de tolerancia.

9.0 REFERENCIA

Adaptación del procedimiento MY 6.2.1.3

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.


METROLOGIA T.U.O
(CHEQUEO 5x1/5X2)

TAMAÑO DE LLANTA: 155-165 SR13

ANALISTA: J.O.

FECHA: 86-01-31

LLANTA PATRON Nº	RRCF			LPF			LHF			RPF			RHF			LHR			CON			RHHP		
	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.
9							4,0	5,7	1,7				12,0	17,5	5,5									
SUMA		////			////			////			////			////			////			////			////	
RANGO			////			////			////			////			////			////			////			////
3							18	22,0	4,0				6,0	7,1	1,1									
SUMA		////			////			////			////			////			////			////			////	
RANGO			////			////			////			////			////			////			////			////
4							10	9,3	-0,7				17,0	19,7	2,7									
SUMA		////			////			////			////			////			////			////			////	
RANGO			////			////			////			////			////			////			////			////
14							2,5	4,1	1,6				23,8	22,8	-1,0									
SUMA		////			////			////			////			////			////			////			////	
RANGO			////			////			////			////			////			////			////			////
16							2,3	1,5	-0,8				8,9	7,3	-1,6									
SUMA		////			////			////			////			////			////			////			////	
RANGO			////			////			////			////			////			////			////			////
	X			X			X	1,16		X			X	1,34		X			X			X		
	R			R			R	4,8		R			R	7,1		R			R			R		

APROBADO: ☒

RECHAZADO:

OBSERVACIONES:

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.12

Las llantas de chequeo que posee la fábrica sólo tienen valores de LHF y RHF, razón por la cual se realizó este chequeo utilizando estos dos parámetros.

Como puede observarse en el formato, tanto los valores de la media ($\bar{X}$) como del rango (R) se encuentran dentro de tolerancia, por lo tanto la T.U.O. está calibrado.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTIMIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O.) - CHEQUEO 5X5.

Nº IC - 8.13

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequeo de calibración, 5x5 de la Máquina Optimizadora de Uniformidad (T.U.O).

2.0 LUGAR

Area de T.U.O.

3.0 EQUIPO

3.1 Llantas de chequeo

3.2 Formatos CC-224; CC-186; CC-187.

4.0 PARAMETROS A CHEQUEAR

4.1 Fuerzas Compuestas: Compuesta Lateral (LPF) y Compuesta Radial (RPF).

4.2 Fuerza Primer Armónica: Armónico Lateral (LHF y LHR) y Armónico Radial (RHF).

4.3 Conicidad (CON).

4.4 Asimetría Circunferencial (RRCF).

4.5 Ubicación del Punto de Armónico Alto (RHHP).

5.0 FRECUENCIA

Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

6.0 METODO

6.1 Colocar la carga para el tamaño de la llanta de chequera y presión de inflado a 30 PSI.

6.2 Correr cada una de las cinco llantas de chequeo cinco veces.

6.3 Registrar los valores de: LPF, RPF, LHF, LHR, RHF, CON, RRCF.

También registrar la ubicación del punto Armónico Alto (RHHP).

6.4 Escribir la desviación (+ o -) del valor de la llanta de chequeo (especificación) junto a cada valor registrado.

6.5 Hacer el sumatorio de las desviaciones de cada llanta.

6.6 Sumar los sumatorios de las desviaciones para cada llanta y dividir para 25 para obtener la desviación promedio ($\bar{X}$).

6.7 Obtener el rango para cada llanta de prueba restando el valor más alto menos el valor más pequeño.

6.8 Sumar los rangos de cada llanta de prueba y dividir para cinco



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTIMIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O) - CHEQUEO 5X5.

Nº IC - 8.13

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 3

para obtener el rango promedio ($\bar{R}$).

6.9 Repetir esto para cada parámetro.

6.10 La máquina está descalibrada cuando se cumple las siguientes condiciones :

6.10.1 RPF O RHF $\bar{X} > \pm 1.6$ Lb. y $\bar{R} > 4.8$ Lb.

6.10.2 LPF, LHF, LHR, o CON $\bar{X} > \pm 1.00$ Lb. y $\bar{R} \geq 3.1$ Lb.

6.10.3 RRCF $\bar{X} > \pm 0.0017$ pulgadas $\bar{R} \geq 0.006$ pulgadas.

6.10.4 Las marcas de punto alto están fuera del marco regulado para cada llanta de prueba. Los marcos deben regularse desde la localización del RHHP promedio como sigue:

RHF	0-7 Lb	$\pm 120^\circ$
RHF	7-10 Lb	$\pm 30^\circ$
RHF	10-15 Lb	$\pm 20^\circ$
RHF	> 15 Lb	$\pm 15^\circ$

7.0 REGISTROS Y REPORTE

7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-224

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si se encuentra que la máquina está descalibrada comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.

8.2 La reparación será aceptada si luego de efectuado un chequeo 5x1/5x2 de acuerdo al procedimiento IC-8.12, los valores obtenidos nos de dentro de tolerancia.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTIMIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O) - CHEQUEO 5X5.

Nº IC - 8.13

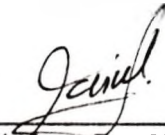
FECHA: Abril 1986

PAGINA: 3 DE 3

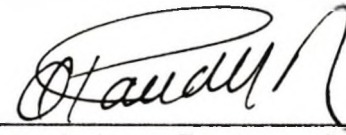
9.0 REFERENCIA

Adaptación del procedimiento M Y 6.2.1.3.

PREPARADO POR


Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR


Ing. Arturo Paredes R.

METROLOGIA T.U.O (CHEQUEO 5X5)



LLANTA: 155-165 SR13

ANALISTA: J.O.

FECHA: 86-04-17

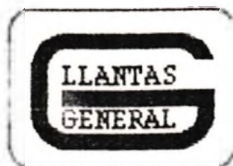
LLANTA PATRON Nº	RRCF			LPF			LHF			RPF			RHF			LHR			COM			RHHP		
	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.	ESP.	REA.	DESV.
3							18	21,6	3,6				6	7,2	1,2									
								21,4	3,4					7,3	1,3									
								21,0	3					7,7	1,7									
								21,3	3,3					6,9	0,9									
								21,7	3,7					7,8	1,8									
SUMA		////			////			////	17		////			////	6,9		////			////			////	
RANGO			////			////		0,7	////			////		0,9	////			////			////			////
4							10	10,8	0,8				17	21,3	4,3									
								10,3	0,3					19,8	2,8									
								10,3	0,3					20,7	3,7									
								10,4	0,4					20,5	3,5									
								10,5	0,5					21,1	4,1									
SUMA		////			////			////	2,3		////			////	18,4		////			////			////	
RANGO			////			////		0,5	////			////		1,5	////			////			////			////
9							4	4,5	0,5				12	18,4	6,4									
								4,6	0,6					18,4	6,4									
								4,2	0,2					18,5	6,5									
								4,1	0,1					19,7	7,7									
								4,2	0,2					17,3	5,3									
SUMA		////			////			////	1,6		////			////	32,3		////			////			////	
RANGO			////			////		0,5	////			////		2,4	////			////			////			////
14							2,5	4,2	1,7				23,8	25,6	1,8									
								3,9	1,4					25,5	1,7									
								3,9	1,4					26,1	2,3									
								4,6	2,1					25,1	1,3									
								4,3	1,8					25,2	1,4									
SUMA		////			////			////	8,4		////			////	8,5		////			////			////	
RANGO			////			////		0,7	////			////		1,0	////			////			////			////
16							2,3	1,6	-0,7				8,9	6,6	-2,3									
								1,3	-1					7,3	-1,6									
								1,9	-0,4					8,0	-0,9									
								1,9	-0,4					7,8	-1,1									
								1,8	-0,5					8,2	-0,7									
SUMA		////						////	-3,0		////			////	-6,5		////			////			////	
RANGO			////					0,6	////			////		1,6	////			////			////			////
		$\bar{X}$			$\bar{X}$			$\bar{X}$	1,052		$\bar{X}$			$\bar{X}$	2,38		$\bar{X}$			$\bar{X}$			$\bar{X}$	
		R			R			R	0,6		R			R	1,48		R			R			R	

APROBADO:

RECHAZADO:

X

OBSERVACIONES:



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS
UTILIZANDO PRUEBAS t

Nº IC - 8.14

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de velocímetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO A CALIBRARSE

3.1 Velocímetros de calandria.

3.2 Velocímetros de banda transportadora en tuberías.

3.3 Velocímetros de rueda de camino en Pulley Wheel.

4.0 EQUIPO NECESARIO PARA EFECTUAR LA CALIBRACION

4.1 Tacómetro.

4.2 Formatos CC-225; CC-186; CC-187.

5.0 FRECUECIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

6.0 METODO

6.1 Calandria.

6.1.1 Fijar el disco de medida en el eje del tacómetro.

6.1.2 Presionar al fondo el botón negro del tacómetro digital y aplicarlo sobre el rodillo central de la calandria que se está midiendo.

Nota: Para el caso de la calandria Nº2 si se desea se puede aplicar el tacómetro sobre uno de los rodillos de enfriamiento.

6.1.3 Dejarlo funcionar (con el botón negro presionado) aproximadamente 5 segundos o hasta que la lectura se estabilice en el dial.

6.1.4 Retirar el tacómetro soltando al mismo tiempo el botón negro.

6.1.5 Presionar el botón rojo y registrar la lectura del dial.

6.1.6 Repetir los pasos de 6.1.2. a 6.1.5 mínimo seis veces consecutivas.

6.2 Tuberías

Repetir los mismo pasos anteriores con la diferencia de



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS
UTILIZANDO PRUEBA t

Nº IC - 8.14

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 2 DE 3

que en el paso 6.1.2 el tacómetro debe aplicarse sobre la segunda banda de transportadora para el caso de la tubera doble, y en la primera banda transportadora en el caso de la tubera sencilla.

6.3 Rueda de camino de Pulley Wheel.

Repetir los mismos pasos con la diferencia de que en el paso 6.1.2 el tacómetro debe aplicarse sobre la superficie de la rueda de camino.

Nota: Se recomienda para el caso de la rueda de camino utilizar el tacómetro digital.

7.0 CALCULOS

7.1 Poner las lecturas obtenidas con el tacómetro en la misma unidad que la especificación (o valor que marca en ese instante el velocímetro).

Nota: El tacómetro digital nos da lecturas directamente en velocidad lineal (pies por minuto). Pero en el caso del tacómetro magnético este da lectura en velocidad angular (r.p.m.), razón por la cual es necesario pasarlo a velocidad lineal.

7.2 Calcular la media $\bar{X}$ y la desviación estándar S_{n-1} .

8.0 PRUEBA DE CALIBRACION DEL EQUIPO

Se lo realiza mediante el test estadístico t, de la manera indicada en el procedimiento IC-8.25.

9.0 REGISTROS Y REPORTE

9.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-225.

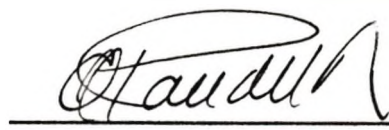
9.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

10.0 ACCION CORRECTIVA

10.1 Si luego de realizado el test t, se encuentra que el equipo está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS****INGENIERIA DE CALIDAD****ASUNTO:** METROLOGIA DE VELOCIMETROS
UTILIZANDO PRUEBA t**N° IC - 8.14****FECHA:** Marzo 1986**PAGINA:** 3 DE 3

10.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el equipo está calibrado.

PREPARADO POR
Jairo Orellana L.**REVISADO Y APROBADO POR**
Ing. Arturo Paredes R.



TEST t PARA LA COMPROBACION DE CALIBRACION
DE EQUIPOS

FECHA: 86 - 04 - 15
ANALISTA: J. O.
VARIABLE: Velocidad (km/h)
ESPECIFICACION: 80 Km/h

NOMBRE DEL EQUIPO: Velocímetro
EQUIPO N°: _____
EQUIPO PATRON: Tacómetro

MEDICION N°	VALORES	MEDICION N°	VALORES
1	81,4	11	
2	81,4	12	
3	82,3	13	
4	81,4	14	
5	82,3	15	
6	82,3	16	
7	81,4	17	
8	81,4	18	
9	81,4	19	
10	81,4	20	

$$\bar{X} = \frac{81,67}{n-1 = 0,435}$$

$$III = \frac{12,14}{\alpha = 0,05}$$

$$t_{\alpha/2; n-1} = \frac{2,262}{n-1 = 2,262}$$

APROBADO:

RECHAZADO:

X

OBSERVACIONES: _____

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.14

Los datos tomados son del velocímetro de la rueda de camino N° 1 del equipo Pulley Wheel. Debido a que se utilizó el tacómetro magnético, y este da lecturas en r.p.m., fue necesario en primer lugar pasar a km/h. A continuación se da un ejemplo de la forma en como debe operarse para realizar esta transformación.

Para la medición N° 1 se obtuvo en el tacómetro 8.900 r.p.m.

$$\frac{8.900 \text{ Revoluciones}}{\text{Minuto}} \times \frac{6 \text{ pulgadas}}{1 \text{ revolución}} = 53.400 \text{ pulgadas/minuto}$$

$$\text{Longitud del círculo} = \pi \times D = 6 \text{ pulgadas}$$

En donde:

D = Diámetro del disco del tacómetro

$$\frac{53.400 \text{ pulgadas}}{\text{minuto}} \times \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pulgada}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ km}}{10.000 \text{ cm}} = 81,4 \text{ km/h}$$

a) Cálculo del estadígrafo de prueba.

$$t = \frac{(\bar{X} - \mu_0)\sqrt{n}}{S_{n-1}} = \frac{(81,670 - 80)\sqrt{10}}{0,435} = 12,140$$

$$|t| = 12,140$$

b) Fijamos un nivel de significancia (α) de 0,05

c) De la tabla del Anexo A extraemos el valor de t para un nivel de significancia $\alpha/2$ y n-1 grados de libertad.

$$t_{\alpha/2; n-1} = t_{0,025; 9} = 2,262$$

d) Como $|t|$ es mayor ($>$) a $t_{\alpha/2; n-1}$. Se concluye que el equipo está descalibrado.

En el Anexo B se da un programa para computadora en lenguaje BASIC sistema 34 para realizar esta prueba de acuerdo al procedimiento IC-8.25. A continuación se da una corrida del programa para este ejemplo.

```
*****
*                               METROLOGIA                               *
*                               -CONTROL DE CALIDAD-                     *
* PRUEBAS DE LA DISTRIBUCION T PARA LA COMPROBA- *
* CION DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE   *
*                               MEDICION                               *
*****
```

X(I)

81.4
81.4
82.3
81.4
82.3
82.3
81.4
81.4
81.4
81.4

INSTRUMENTO: VELOCIMETRO

RESULTADOS

NIVEL DE CONFIANZA= 95 %
ESPECIFICACION= 80
T CALCULADO= 12.1475
T TEORICO = 2.262
CONCLUSION: EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA PARA MEDIDORES DE TEMPERATURA DE DESCARGA EN BAMBURIES UTILIZANDO PRUEBAS t

Nº IC-8.15

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de los medidores de temperatura de descarga en bamburies y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

Area de bamburies.

3.0 EQUIPO

3.1 Pirómetro

3.2 Formatos CC-225; CC-186; CC-187

4.0 FRECUENCIA

Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

5.1 Parar el molino cuando la carga cae del bambury.

5.2 Introducir tres veces la aguja del pirómetro en partes compactas, tomar el valor más alto y registrar la lectura.

5.3 Repetir los pasos 5.1 y 5.2 mínimo seis veces consecutivas.

6.0 CALCULOS

Calcular la media $\bar{X}$ y la desviación estándar S_{n-1} .

7.0 PRUEBA DE CALIBRACION DEL EQUIPO

Se lo realiza mediante el test estadístico t, de la manera indicada en el procedimiento IC-8.25

8.0 REGISTROS Y REPORTE

8.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-225.

8.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

9.0 ACCION CORRECTIVA

9.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y en-



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA PARA MEDIDORES DE
TEMPERATURA DE DESCARGA EN
BAMBURIES UTILIZANDO PRUEBAS
t.

N° IC - 8.15

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 2 DE 2

viar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.

9.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



TEST I PARA LA COMPROBACION DE CALIBRACION
DE EQUIPOS

FECHA: 86-03-11
ANALISTA: J. O.
VARIABLE: Temperatura (°F)
ESPECIFICACION: 235°F

NOMBRE DEL EQUIPO: Registrador de Temperatura
EQUIPO N°:
EQUIPO PATRON: Pirómetro

MEDICION N°	VALORES	MEDICION N°	VALORES
1	253	11	
2	237	12	
3	234	13	
4	243	14	
5	244	15	
6	234	16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	

$\bar{X} = \underline{240,833}$
 $S_{n-1} = \underline{7,36}$

$|t| = \underline{1,941}$
 $\alpha = \underline{0,05}$
 $t_{\alpha/2; n-1} = \underline{2,571}$

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____

```
*****
*               METROLOGIA               *
*           -CONTROL DE CALIDAD-         *
* PRUEBAS DE LA DISTRIBUCION T PARA LA COMPROBA- *
* CION DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE  *
*               MEDICION                 *
*****
```

X(I)

253
237
234
243
244
234

INSTRUMENTO: REG. TEM. BAMBURY

RESULTADOS

NIVEL DE CONFIANZA= 95 %
ESPECIFICACION= 235
T CALCULADO= 1.94144
T TEORICO = 2.571

CONCLUSION: EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE CALIBRADORES UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS	Nº IC-8.16
	FECHA: Marzo 1986
	PAGINA: 1 DE 2
1.0 PROPOSITO Establecer un procedimiento para chequear la calibración de instrumentos medidores de espesor y asegurar confiabilidad en sus lecturas. 2.0 LUGAR En donde se encuentre ubicado. 3.0 EQUIPO A CALIBRARSE 3.1 Calibradores de Dial 3.2 Calibradores Pie de Rey. 4.0 EQUIPO NECESARIO PARA EFECTUAR LA CALIBRACION 4.1 Juego de calibres de dimensiones externas. 4.2 Formatos CC-227; CC-186; CC-187. 5.0 FRECUENCIA Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad. 6.0 METODO Chequear mínimo en diez lugares de la capacidad total del calibrador que se está examinando, utilizando las combinaciones más convenientes del juego de calibres de dimensiones externas disponible. Por ejemplo puede chequearse a: Calibradores de Dial . 0; 1,00; 1,01; 1,02; 1,03; 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 2; 3; 5; 9 mm. Calibradores Pie de Rey. 0; 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 100 mm. Nota: En los calibradores de dial antes de realizar la prueba en caso de que la aguja no esté marcando cero ajustarla hasta que marque cero. 7.0 CALCULOS Se los realiza de acuerdo al procedimiento IC - 8.26 de "AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDICION". 8.0 REGISTROS Y REPORTE 8.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en	



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE CALIBRADORES UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.

N° IC - 8.16

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 2 DE 2

el formato CC-227.

8.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

9.0 ACCION CORRECTIVA

9.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.

9.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, el test t indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR

Joifo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.

AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION
DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA:	86 - 05 - 22	NOMBRE DEL EQUIPO:	Cal. Dial
ANALISTA:	J. O.	EQUIPO N°:	
VARIABLE:	Espesor (mm)	EQUIPO PATRON:	Calibres de dimension- nes externas.

MEDIC. N°	PATRON (X)	LECTURA (Y)	XY	x ²	y ²	(x- $\bar{x}$) ²	$\bar{y}$	(y- $\bar{y}$) ²
1	0	0	0	0	0	4,3532	0,0023	5,3 E-6
2	1	1	1	1	1	1,1803	1,005	2,5 E-5
3	1,01	1,02	1,0302	1,0201	1,0404	1,1587	1,015	2,5 E-5
4	1,02	1,03	1,0506	1,0404	1,0609	1,1373	1,025	2,5 E-5
5	1,03	1,03	1,0609	1,0609	1,0609	1,1160	1,035	2,5 E-5
6	1,05	1,05	1,1025	1,1025	1,1025	1,0742	1,0551	2,6 E-5
7	1,1	1,1	1,21	1,21	1,21	0,973	1,1052	2,7 E-5
8	1,2	1,2	1,44	1,44	1,44	0,7358	1,2055	3,0 E-5
9	1,3	1,3	1,69	1,69	1,69	0,6185	1,3058	3,4 E-5
10	1,5	1,51	2,265	2,25	2,2801	0,3439	1,5063	1,4 E-5
11	2	2,02	4,04	4	4,0804	0,0075	2,0076	1,5 E-4
12	3	3,02	9,06	9	9,1204	0,8346	3,0103	9,4 E-5
13	5	5,02	25,1	25	25,2004	8,4839	5,0156	1,9 E-5
14	9	9,02	81,18	81	81,3604	47,7975	9,0262	3,8 E-5
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
Sumatorio	29,21	29,32	131,2292	130,8139	131,6464	69,8694		5,4 E-4

$a = 0,002309$	$r = 0,999996$	$ t = 3,3146$
$b = 1,00266$	$Sy/x = 0,006708$	$\alpha = 0,05$
$\bar{y} = 0,002309 + 1,00266 \dots x$		$t_{\alpha/2;n-2} = 2,179$

APROBADO: RECHAZADO: X

OBSERVACIONES:

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.16

a) Cálculo de a.

$$a = \frac{\sum x^2 \sum Y - \sum x \sum xY}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{130,8139 * 29,32 - 29,21 * 131,2292}{14 * 130,8139 - (29,21)^2} = 0,002309$$

b) Cálculo de b.

$$b = \frac{n \sum xY - \sum x \sum Y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{14 * 131,2292 - 29,21 * 29,32}{14 * 130,8139 - (29,21)^2} = 1,00266$$

c) Cálculo de r.

$$r = \frac{n \sum xY - \sum x \sum Y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$r = \frac{14 * 131,2292 - 29,21 * 29,32}{\sqrt{[14 * 130,8139 - (29,21)^2][14 * 131,6464 - (29,32)^2]}} = 0,999996$$

d) Cálculo de $S_{y/x}$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{n-2}}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{5,4E-4}{14-2}} = 0,006708$$

e) Cálculo de t

$$t = \frac{b - B_0}{S_{y/x} \sqrt{[1/\sum (x - \bar{x})^2]}}$$

$$t = \frac{1,00266 - 1}{0,006708 \sqrt{1/69,8694}} = 3,3146$$

$$|t| = 3,3146$$

f) Fijamos un nivel de significancia (α) de 0,05

g) De la tabla del Anexo A extraemos el valor de t para un nivel de significancia $\alpha/2$ y $n-2$ grados de libertad.

$$t_{\alpha/2, n-2} = t_{0,025; 12} = 2,179$$

h) Debido a que $|t|$ es mayor ($>$) a $t_{\alpha/2, n-2}$. El equipo necesita calibración.

En el Anexo C y D se dan programas para computadora en language BASIC sistema 34 para realizar estos cálculos de acuerdo al procedimiento IC-8.26. Puede utilizarse el programa más conveniente. La diferencia entre estos programas es que el del Anexo D grafica la ecuación de regresión y el otro no.

A continuación se da una corrida del programa del Anexo C para este ejemplo.

```
*****
* METROLOGIA *
* -CONTROL DE CALIDAD- *
* AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *
* DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: CALIBRADOR DIAL

D A T O S

Y(I)	Y(I)
0	0
1	1
1.01	1.02
1.02	1.03
1.03	1.03
1.05	1.05
1.1	1.1
1.2	1.2
1.3	1.3
1.5	1.51
2	2.02
3	3.02
5	5.02
9	9.02

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .999997
ECUACION: $Y = .002309 + 1.00266 * X$

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO= 3.30816
T TEORICO= 2.179
CONCLUSION: EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS

Nº IC - 8.17

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de velocímetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO A CALIBRARSE

3.1 Velocímetros de calandria.

3.2 Velocímetros de banda transportadora y Tornillo sinfin en tubera doble.

3.3 Velocímetros de ruedas de camino en Pulley Wheel.

4.0 EQUIPO NECESARIO PARA EFECTUAR LA CALIBRACION

4.1 Tacómetros

4.2 Formatos CC-226; CC-186; CC-187

5.0 FRECUENCIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

6.0 METODO

6.1 Calandria.

6.1.1 Seleccionar el rango de velocidad al cual se va a realizar el chequeo. Que generalmente debe ser el de uso. Realizar el chequeo en todo el rango con incrementos constantes. Este incremento debe ser tal que obtengamos como mínimo diez lecturas.

6.1.2 Fijar el disco de medida en el eje del tacómetro digital. Utilizando este disco obtendremos lecturas en pies por minuto.

6.1.3 Colocar en el panel la velocidad a la cual se va a realizar el chequeo.

6.1.4 Presionar a fondo el botón negro del tacómetro digital y aplicarlo sobre el rodillo central de la calandria que se está midiendo.

Nota: Para el caso de la calandria Nº 2 si se desea se puede aplicar el tacómetro sobre uno de los rodillos de enfriamiento.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.

Nº IC-8.17

FECHA: Abril de 1986

PAGINA: 2 DE 3

6.1.5 Dejarlo funcionar (con el botón negro presionado) aproximadamente cinco segundos o hasta que la lectura se estabilice en el dial.

6.1.6 Retirar el tacómetro soltando al mismo tiempo el botón negro.

6.1.7 Presionar el botón rojo y registrar la lectura del dial.

6.1.8 Repetir los pasos 6.1.4 a 6.1.7 mínimo tres veces consecutivos.

6.1.9 Repetir los pasos 6.1.3 a 6.1.8 para todas las velocidades a chequear.

6.2 Rueda de camino de Pulley Wheel.

Repetir los mismos pasos Anteriores con la diferencia de que en el paso 6.1.4 el tacómetro debe aplicarse sobre la superficie de la rueda de camino.

Nota: Se recomienda para este caso utilizar el tacómetro magnético.

6.3 Tubera doble.

6.3.1 Banda transportadora. Repetir los mismos pasos con la diferencia de que en el paso 6.1.4 el tacómetro debe aplicarse sobre la segunda banda transportadora.

6.3.2 Tornillo sinfin. Debe acoplarse en el tacómetro el dispositivo para realizar la medición en revoluciones por minuto (r.p.m.), reemplazando al disco de medida. Realizar el chequeo de igual manera que para el caso de la calandria con la diferencia de que en el paso 6.1.4 el tacómetro debe aplicarse en el orificio del tornillo sinfin de la extrusora que se está chequeando.

Nota: Este chequeo debe realizarse cuando la cuña se encuentra fuera de la cabeza de la tubera, debido a que el orificio en el tornillo sinfin se encuentra en la parte interior.

7.0 CALCULOS

7.1 Poner las lecturas obtenidas en el tacómetro en la misma unidad que la especificación (caso que fuere necesario).

7.2 Calcular la media de las lecturas obtenidas.

7.3 Realizar la prueba de calibración de acuerdo al procedimiento IC-8.26, con la variante de que los valores de Y corresponden a la media de las lecturas obtenidas.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE VELOCIMETROS UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS

Nº IC- E 17

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 3 DE 3

8.0 REGISTROS Y REPORTES

- 8.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-226
- 8.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

9.0 ACCION CORRECTIVA

- 9.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente .
- 9.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86 - 04 - 15
ANALISTA: J.O./G.L.
VARIABLE: Velocidad (Km/h)

NOMBRE DEL EQUIPO: Velocímetro
EQUIPO N°:
EQUIPO PATRON: Tacómetro

MEDICION N°	ESPECIF. (X)	LECTURAS					MEDIA (Y)	XY	X ²	Y ²	(X- $\bar{X}$) ²	$\bar{Y}$	(Y- $\bar{Y}$) ²
		1	2	3	4	5							
1	40	42,06	42,06	42,06	42,06	42,06	42,06						
2	50	51,21	51,21	52,12	51,21	51,21	51,39						
3	60	60,35	59,44	60,35	60,35	60,35	60,17						
4	70	69,49	71,32	69,49	69,49	71,32	70,22						
5	80	80,47	80,47	80,47	80,47	81,38	80,65						
6	90	90,53	89,61	91,44	89,61	91,44	90,53						
7	100	98,76	98,76	99,67	100,58	100,58	99,67						
8	110	108,81	108,81	107,90	108,81	108,81	108,63						
9	120	117,96	117,96	116,13	118,87	117,96	117,78						
10	130	127,10	127,10	126,19	126,19	127,10	126,74						
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
Sumatorio		////////	////////	////////	////////	////////							

a = 4,04018
b = 0,949927
 $\hat{Y} = 4,04018 + 0,949927 \cdot X$

r = 0,993775
Sy/x =

NI = 7,03195
 $\alpha = 0,05$
 $t_{\alpha/2, n-2} = 2,306$

APROBADO:

RECHAZADO: X

OBSERVACIONES:

```
*****
*                               *
*           METROLOGIA         *
*   -CONTROL DE CALIDAD-      *
* AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *
* DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: VELOCIMETRO

D A T O S

X(I)	Y(I)
40	42.06
50	51.39
60	60.17
70	70.22
80	80.65
90	90.53
100	99.67
110	108.63
120	117.78
130	126.74

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .999775

ECUACION: Y= 4.04018 + .949927 *X

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO=-7.03195

T TEORICO= 2.306

CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DEL POTENCIOMETRO PARA CHEQUEO DE TEMPERATURA EN PRENSA DE VULCANIZACION UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS	Nº IC - 8.18
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración del potenciómetro usando el MINI -CAL (potenciómetro de referencia) y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

Laboratorio de electrónica.

3.0 EQUIPO

- 3.1 MINI-CAL (potenciómetro de referencia).
- 3.2 Tablas de conversión. Temperatura Vs fem. para el tipo de termocupla usado por el potenciómetro.
- 3.3 Alambre de cobre (o termocupla).
- 3.4 Destornillador.
- 3.5 Cuchillo.
- 3.6 Formatos CC-228; CC-186; CC-187

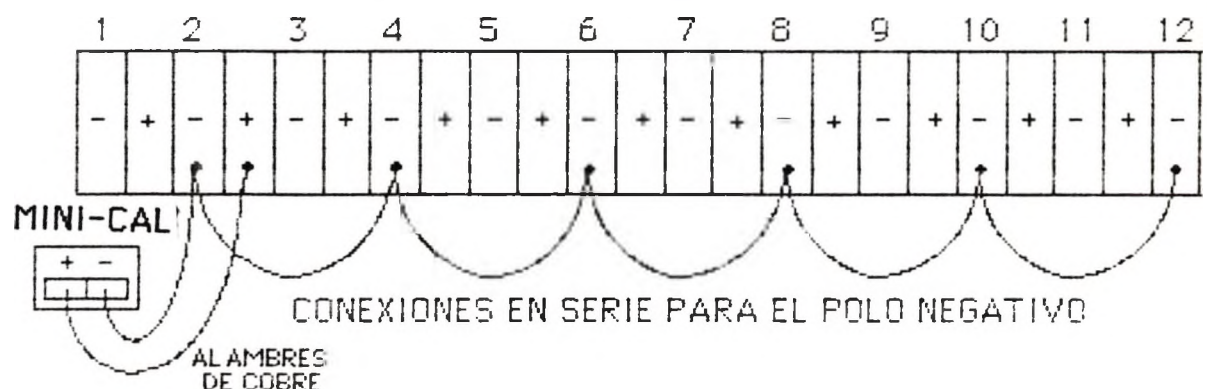
4.0 FRECUENCIA

Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

- 5.1 Preparar los alambres de cobre necesario.
- 5.2 Conectar el potenciómetro a la línea de corriente de 110 voltios.
- 5.3 Conectar el MINI-CAL a la regleta de conectores del potenciómetro uniando mediante alambres. De la forma indicada en la figura.

REGLETA DE CONECTORES DEL POTENCIOMETRO





ASUNTO:	METROLOGIA DEL POTENCIOMETRO PARA CHEQUEO DE TEMPERATURA EN PRENSAS DE VULCANIZACION UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.	Nº IC-8.18
		FECHA: Abril 1986
		PAGINA: 2 DE 3

- 5.4 Encender el potenciómetro colocando el switch RECORDER ON/OFF en la posición On.
 - 5.5 Colocar el switch OUTPUT/MEASURE del MINI-CAL, en la posición OUTPUT.
 - 5.6 Colocar el switch RANGE del MINI-CAL, en la posición mV.
 - 5.7 Encender el motor de la carta del potenciómetro colocando el switch CHART ON/OFF en la posición ON.
 - 5.8 Seleccionar el rango de temperatura al cual se va a realizar el chequeo. Que generalmente debe ser el de uso. Chequear en todo este rango con incrementos constantes. Este incremento debe ser tal que obtengamos como mínimo unas diez lecturas.
- Nota:** Por ejemplo en el potenciómetro que se utiliza para medir temperaturas en las prensas de vulcanización, el rango de uso es aproximadamente de 200 a 400°F. El chequeo puede realizarse con incrementos de 20°F, es decir a 200, 220, 240, --- 400°F.
- 5.9 Usando cualquier medidor de temperatura confiable, medir la temperatura ambiental cercano a la regleta de conectores.
 - 5.10 De las tablas de conversión Temperatura Vs fem (Anexo E) para el tipo de termocupla normalmente utilizado en la medida, determinar fem que corresponde a la lectura estable del medidor de temperatura ambiental.
 - 5.11 De las mismas tablas determinar fem equivalente para la temperatura a la cual se desea chequear la calibración.
 - 5.12 Hacer la diferencia algebraica entre la fem obtenidas en los dos pasos anteriores.
 - 5.13 Colocar el valor obtenido en el paso anterior en el MINI-CAL.
 - 5.14 Registrar el valor de la temperatura obtenido en la carta del potenciómetro.
 - 5.15 Repetir los pasos 5.9 a 5.14 para todas las temperaturas a las cuales se va a realizar el chequeo de la calibración.
- Nota:** Se puede considerar que la temperatura ambiental permanece constante durante toda la calibración.

6.0 CALCULOS

Se lo realiza de acuerdo al procedimiento IC- 8.26 "AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDICION".



ASUNTO: METROLOGIA DEL POTENCIOMETRO PARA CHEQUEO DE TEMPERATURA EN PRENSAS DE VULCANIZACION UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.	N° IC-8.18
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 3 DE 3

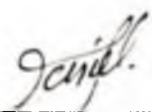
7.0 REGISTROS Y REPORTE

- 7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-228.
- 7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

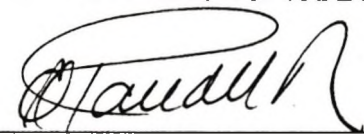
8.0 ACCION CORRECTIVA

- 8.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de Trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR


Jaíro Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR


Ing. Aturo Paredes R.



CALIBRACION DE TERMOCUPLAS

FECHA: 86-04-08
 ANALISTA: J.O./J.A.
 VARIABLE: Temperatura (°F)
 EQUIPO PATRON: Mini-Cal

NOMBRE DEL EQUIPO: Potenciómetro
 EQUIPO N°:
 TERMOCUPLA TIPO: T.

MEDICION N°	STANDARD (X)	fem 1	TEMPER. AMBIENT.	fem 2	fem 1 - fem 2	LECTURA (Y)	XY	X ²	Y ²	(X- $\bar{X}$) ²	$\bar{Y}$	(Y- $\bar{Y}$) ²
1	200	3,967	71	0,857	3,110	204	40.800	40.000	41.616	10.000	205,108	1,22766
2	210	4,225	71	0,857	3,368	214	44.940	44.100	45.796	8.100	215,050	1,10250
3	220	4,486	71	0,857	3,629	225	49.500	48.400	50.625	6.400	224,991	8,1 E-5
4	230	4,749	71	0,857	3,892	235	54.050	52.900	55.225	4.900	234,933	0,00449
5	240	5,014	71	0,857	4,157	245	58.800	57.600	60.025	3.600	244,875	0,01562
6	250	5,281	71	0,857	4,424	256	64.000	62.500	65.536	2.500	254,816	1,40186
7	260	5,550	71	0,857	4,693	267	69.420	67.600	71.289	1.600	264,758	5,02656
8	270	5,821	71	0,857	4,964	276	74.520	72.900	76.176	900	274,699	1,69260
9	280	6,094	71	0,857	5,237	285	79.800	78.400	81.225	400	284,641	0,12888
10	290	6,369	71	0,857	5,512	294	85.260	84.100	86.436	100	294,582	0,33872
11	300	6,647	71	0,857	5,790	304	91.200	90.000	92.416	0	304,524	0,27458
12	310	6,926	71	0,857	6,069	314	97.340	96.100	98.596	100	314,465	0,21623
13	320	7,207	71	0,857	6,350	323	103.360	102.400	104.329	400	324,407	1,97965
14	330	7,490	71	0,857	6,633	334	110.220	108.900	111.556	900	334,349	0,12180
15	340	7,775	71	0,857	6,918	344	116.960	115.600	118.336	1.600	344,290	0,08410
16	350	8,062	71	0,857	7,205	354	123.900	122.500	125.316	2.500	354,232	0,05382
17	360	8,350	71	0,857	7,493	364	131.040	129.600	132.496	3.600	364,173	0,02993
18	370	8,641	71	0,857	7,784	374	138.380	136.900	139.876	4.900	374,115	0,01323
19	380	8,933	71	0,857	8,076	385	146.300	144.400	148.225	6.400	384,056	0,89114
20	390	9,227	71	0,857	8,370	394	153.660	152.100	155.236	8.100	393,998	4,0 E-6
21	400	9,523	71	0,857	8,666	404	161.600	160.000	163.216	10.000	403,939	0,00372
Sumatorio	6.300	////////////////////////////////////					6.395	1.995.050	1967000	2023547	77.000	14,60718

$a = 6,277056$
 $b = 0,994156$
 $\hat{Y} = 6,277056 + 0,994415 \cdot X$

$r = 0,999904$
 $S_{x/y} = 0,876812$

$RI = 1,84948$
 $\alpha = 0,05$
 $t_{\alpha/2, n-2} = 2,093$

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES:

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.18

a) Cálculo de a.

$$a = \frac{\sum x^2 \sum Y - x \sum xY}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{1'967.000 * 6.395 - 6.300 * 1'995.050}{21 * 1'967.000 - (6.300)^2} = 6,277056$$

b) Cálculo de b.

$$b = \frac{n \sum xY - (\sum x)(\sum Y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{21 * 1'995.050 - 6.300 * 6.395}{21 * 1'967.000 - (6.300)^2} = 0,994156$$

c) Cálculo de r.

$$r = \frac{n \sum xY - (\sum x)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$r = \frac{21 * 1'995.050 - 6.300 * 6.395}{\sqrt{[21 * 1'967.000 - (6.300)^2][21 * 2'023.547 - (6.395)^2]}} = 0,999904$$

d) Cálculo de $S_{y/x}$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{n-2}}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{14,60718}{21-2}} = 0,876812$$

e) Cálculo de t

$$t = \frac{b - B_0}{S_{y/x} \sqrt{[1/\sum (x - \bar{x})^2]}}$$

$$t = \frac{0,994156 - 1}{0,876812 \sqrt{(1/77.000)}} = -1,84948$$

$$|t| = 1,84948$$

f) Fijamos un nivel de significancia (α) de 0,05

e) Del Anexo A extraemos el valor de t para un nivel de significancia $\alpha/2$ y $n-2$ grados de libertad.

$$t_{\alpha/2; n-2} = t_{0,025; 19} = 2,093$$

f) Como $|t|$ es menor ($<$) a $t_{\alpha/2; n-2}$. El equipo está calibrado.

A continuación se da los cálculos realizados en el programa para computadora del Anexo C.

```
*****
*           METROLOGIA           *
*   -CONTROL DE CALIDAD-        *
* AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *
* DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: POTENCIOMETRO

D A T O S

X(I)	Y(I)
200	204
210	214
220	225
230	235
240	245
250	256
260	267
270	276
280	285
290	294
300	304
310	314
320	323
330	334
340	344
350	354
360	364
370	374
380	385
390	394
400	404

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .999904
 ECUACION: Y= 6.27706 + .994156 *X

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
 CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO=-1.84941

T TEORICO= 2.093

CONCLUSION:EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE REGISTRADORES
DE TEMPERATURA EN BAMBURY U-
TILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE
DE LINEAS RECTAS.

Nº IC-8.19

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de los registradores de temperatura del bambury usando un potenciómetro de referencia (MINI-CAL) y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

Area de bamburies.

3.0 EQUIPO

- 3.1 Potenciómetro de referencia (MINI-CAL).
- 3.2 Tablas de conversión temperatura Vs fem para el tipo de termocupla usado por el registrador.
- 3.3 Alambre de cobre (o termocupla).
- 3.4 Destonillador.
- 3.5 Cuchillo.
- 3.6 Formatos CC-228; CC-186; CC-187.

4.0 FRECUENCIA

Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

- 5.1 Preparar los alambres de cobre necesarios.
- 5.2 Desconectar la termocupla de medición del tablero terminal del registrador.
- 5.3 Usando alambre de cobre, conectar los terminales del MINI-CAL a los terminales de entrada del registrador. Las polaridades deben corresponder (+con + y - con -). Ver figura.
- 5.4 Colocar el switch OUTPUT/MEASURE del MINI-CAL, en la posición OUTPUT.
- 5.5 Colocar el switch RANGE del MINI-CAL en la posición mV.
- 5.6 Seleccionar el rango de temperatura al cual se va a realizar el chequeo. Que generalmente debe ser el de uso. Realizar el chequeo en todo este rango con incrementos constantes. Este incremento debe ser tal que obtengamos mínimo diez lecturas.

Nota: Por ejemplo para este caso de registradores de temperatura del Bambury, el rango de uso es aproximadamente de 150° a 330°F., el chequeo puede realizarse con incrementos de 20°F, es decir a: 150, 170, 190, -----, 330°F.

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD



ASUNTO: METROLOGIA DE REGISTRADORES DE TEMPERATURA EN BAMBURY UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.

Nº IC-8.19

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 3

- 5.7 Usando cualquier medidor de temperatura confiable, medir la temperatura del tablero terminal, en el lugar donde los alambres de cobre del MINI-CAL conectan a los alambres de extensión del circuito de medición.
- 5.8 De las tablas de conversión Temperatura Vs fem (Anexo E) para el tipo de termocupla normalmente utilizando en la medida, determinar fem que corresponde a la lectura estable del medidor de temperatura.
- 5.9 De las mismas tablas determinar fem equivalente para la temperatura a la cual se desea chequear la calibración.
- 5.10 Hacer la diferencia algebraica entre la fem obtenidas en los dos pasos anteriores.
- 5.11 Colocar el valor obtenido en el paso anterior en el MINI-CAL.
- 5.12 Registrar el valor de la temperatura obtenido en la escala del registrador.
- 5.13 Repetir los paso 5.7 a 5.12 para todas las temperaturas a las cuales se va a realizar el chequeo.



6.0 CALCULOS

Se los realiza de acuerdo al procedimiento IC-8.26 "AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDICION"

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS****INGENIERIA DE CALIDAD**

ASUNTO: METROLOGIA DE REGISTRADORES
DE TEMPERATURA EN BAMBURY U-
UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE
DE LINEAS RECTAS.

Nº IC - 8.19

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 3 DE 3

7.0 REGISTROS Y REPORTES

- 7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-228
- 7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

- 8.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



CALIBRACION DE TERMOCUPLAS

FECHA: 86 - 04 - 10
 ANALISTA: J.O./J.A.
 VARIABLE: Temperatura (°F)
 EQUIPO PATRON: Mini - Cal

NOMBRE DEL EQUIPO: Registró Temperatura
 EQUIPO N°:
 TERMOCUPLA TIPO: J.

MEDICION N°	STANDARD (X)	fom 1	TEMPER. AMBIENT.	fom 2	fom 1 - fom 2	LECTURA (Y)	XY	x ²	y ²	(X- $\bar{X}$) ²	$\bar{Y}$	(Y- $\bar{Y}$) ²
1	150	3,411	77	1,277	2,134	155						
2	170	4,006	77	1,277	2,729	175						
3	190	4,605	77	1,277	3,328	195						
4	210	5,207	77	1,277	3,930	215						
5	230	5,812	77	1,277	4,535	236						
6	250	6,420	77	1,277	5,143	256						
7	270	7,029	77	1,277	5,752	276						
8	290	7,641	77	1,277	6,364	297						
9	310	8,253	77	1,277	6,976	317						
10	330	8,867	77	1,277	7,590	338						
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
Sumatorio		////////////////////										

a = 2,07273
 b = 1,01636
 $\bar{Y} = 2,07273 + 1,01636 \cdot X$

r = 0,999983
 Sy/x =

$\bar{X}$ = 7,79445
 σ = 0,05
 $t_{\alpha/2; n-2} = 2,306$

APROBADO:

RECHAZADO:

X

OBSERVACIONES:


```
*****
*           METROLOGIA           *
*   -CONTROL DE CALIDAD-        *
* AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *
* DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: REGIST.TEMP.

D A T O S

X(I)	Y(I)
150	155
170	175
190	195
210	215
230	236
250	256
270	276
290	297
310	317
330	338

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .999983
ECUACION: Y= 2.07273 + 1.01636 *X

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

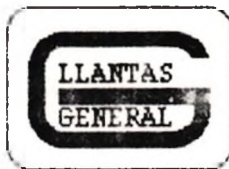
T CALCULADO= 7.79445

T TEORICO= 2.306

CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD



ASUNTO: METROLOGIA DE MANOMETROS UTILIZANDO EL MASTER DE PRESION HIDRAULICA (TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS).

Nº IC- 8.20

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de manómetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO

3.1 Master de presión hidráulica.

3.2 Formatos CC-227; CC-186; CC-187.

4.0 FRECUENCIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

5.1 Cargar con agua el Master de presión Hidráulica.

5.2 Acoplar en el Master el manómetro que se desea probar.

5.3 Seleccionar el rango al cual se desea hacer el chequeo. Este rango puede ser el total de la capacidad del dial del manómetro. Realizar el chequeo con el incremento que sea necesario para obtener como mínimo diez lecturas.

Nota: Por ejemplo un manómetro con capacidad para 100 PSI, puede hacerse el chequeo a 10, 20, 30, -----, 100 PSI.

5.4 Por acción del manipulador del Master, colocar en la presión a chequear.

5.5 Registrar en el formato el valor obtenido en el manómetro que se está probando.

5.6 Repetir los pasos 5.4 y 5.5 para todas las presiones a chequear.

6.0 CALCULOS

Se lo realiza de acuerdo al procedimiento IC-8.26.

7.0 REGISTROS Y REPORTES

7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-227.

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186; y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE MANOMETROS
UTILIZANDO EL MASTER DE PRE-
SION HIDRAULICA (TECNICA DE
AJUSTE DE LINEAS RECTAS).

Nº IC-B.20

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 2

8.0 ACCION CORRECTIVA

- 8.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



**AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION
DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION**

FECHA: 86 - 04 - 08
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Presión (PSI)

NOMBRE DEL EQUIPO: Manómetro
EQUIPO N°: _____
EQUIPO PATRON: Master de Presión
Hidráulica

MEDICION N°	PATRON (X)	LECTURA (Y)	XY	X ²	Y ²	(X- $\bar{X}$) ²	$\bar{Y}$	(Y- $\bar{Y}$) ²
1	10	10						
2	20	20,5						
3	30	31						
4	40	40						
5	50	50						
6	60	60						
7	70	70,5						
8	80	80						
9	90	90,5						
10	100	100,5						
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
Sumatorio								

$$a = \underline{0,266667}$$

$$b = \underline{1,00061}$$

$$\bar{Y} = \underline{0,266667} + \underline{1,00061} \cdot X$$

$$r = \underline{0,999934}$$

$$S_{y/x} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$|t| = \underline{0,148645}$$

$$\alpha = \underline{0,05}$$

$$t_{\alpha/2; n-2} = \underline{2,306}$$

APROBADO: ☒ X

RECHAZADO: ☐

OBSERVACIONES: _____


```
*****
*           METROLOGIA           *
*      -CONTROL DE CALIDAD-      *
*  AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION  *
*  DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: MANOMETRO

D A T O S

X(I)	Y(I)
10	10
20	20.5
30	31
40	40
50	50
60	60
70	70.5
80	80
90	90.5
100	100.5

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .999934
ECUACION: $Y = .266667 + 1.00061 * X$

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO= .148645
T TEORICO= 2.306

CONCLUSION: EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE MANOMETROS UTILIZANDO EL PROBADOR DE PESO MUERTO (TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS).

N° IC-8.21

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de manómetros y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En donde se encuentre ubicado.

3.0 EQUIPO

3.1 Probador de peso muerto.

3.2 Formatos CC-227; CC-186; CC-187

4.0 FRECUENCIA

Trimestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

5.0 METODO

5.1 Acoplar en el probador de peso muerto el manómetro a chequear.

5.2 Seleccionar el rango al cual se desea hacer el chequeo. Este rango puede ser el total de la capacidad del dial del manómetro. Realizar el chequeo con el incremento que sea necesario para obtener como mínimo diez lecturas.

Nota: Por ejemplo un manómetro con capacidad de 100 PSI, puede hacerse el chequeo a 10, 20, 30, ----, 90, 100 PSI.

5.3 Colocar la (s) pesa (s) correspondiente a la presión a la cual se desea chequear.

5.4 Por acción del manipulador hacer coincidir la parte inferior de la pesa (s) colocado sobre el plato, con la señal grabada en el eje que se encuentra próximo al plato.

5.5 Registrar la lectura obtenida en el manómetro

5.6 Repetir los pasos de 5.3 a 5.5 para todo el rango seleccionado.

6.0 CALCULOS

Se lo realiza de acuerdo al procedimiento IC-8.26.

7.0 REGISTROS Y REPORTE

7.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-227.

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la TARJETA DE CALIBRACION



Página 126
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE MANOMETROS UTILIZANDO EL PROBADOR DE PESO MUERTO (TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS).

Nº IC - 8.21

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 2

formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

Nota: Para realizar esta calibración se utiliza el patrón de la Universidad Estatal de Cuenca.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.

AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION
DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86-04-10

NOMBRE DEL EQUIPO: Manómetro

ANALISTA: J. O.

EQUIPO Nº:

VARIABLE: Presión (Bar)

EQUIPO PATRON: Probador de peso muerto

MEDIC. Nº	PATRON (X)	LECTURA (Y)	XY	X ²	Y ²	(X- $\bar{X}$) ²	$\bar{Y}$	(Y- $\bar{Y}$) ²
1	0,50	0,60						
2	1,00	1,10						
3	1,50	1,60						
4	2,00	2,10						
5	2,50	2,60						
6	3,00	3,10						
7	3,50	3,60						
8	4,00	4,11						
9	4,50	4,61						
10	5,00	5,50						
11	5,50	5,61						
12	6,00	6,11						
13	6,50	6,61						
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
Sumatorio								

$a = 0,0815385$

$r = 0,99857$

$|t| = 0,925228$

$b = 1,01517$

$Sy/x =$

$\alpha = 0,05$

$\bar{Y} = 0,0815385 + 1,01517 \cdot X$

$t_{\alpha/2;n-2} = 2,201$

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____

```
*****
*           METROLOGIA           *
*      -CONTROL DE CALIDAD-      *
* AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *
* DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

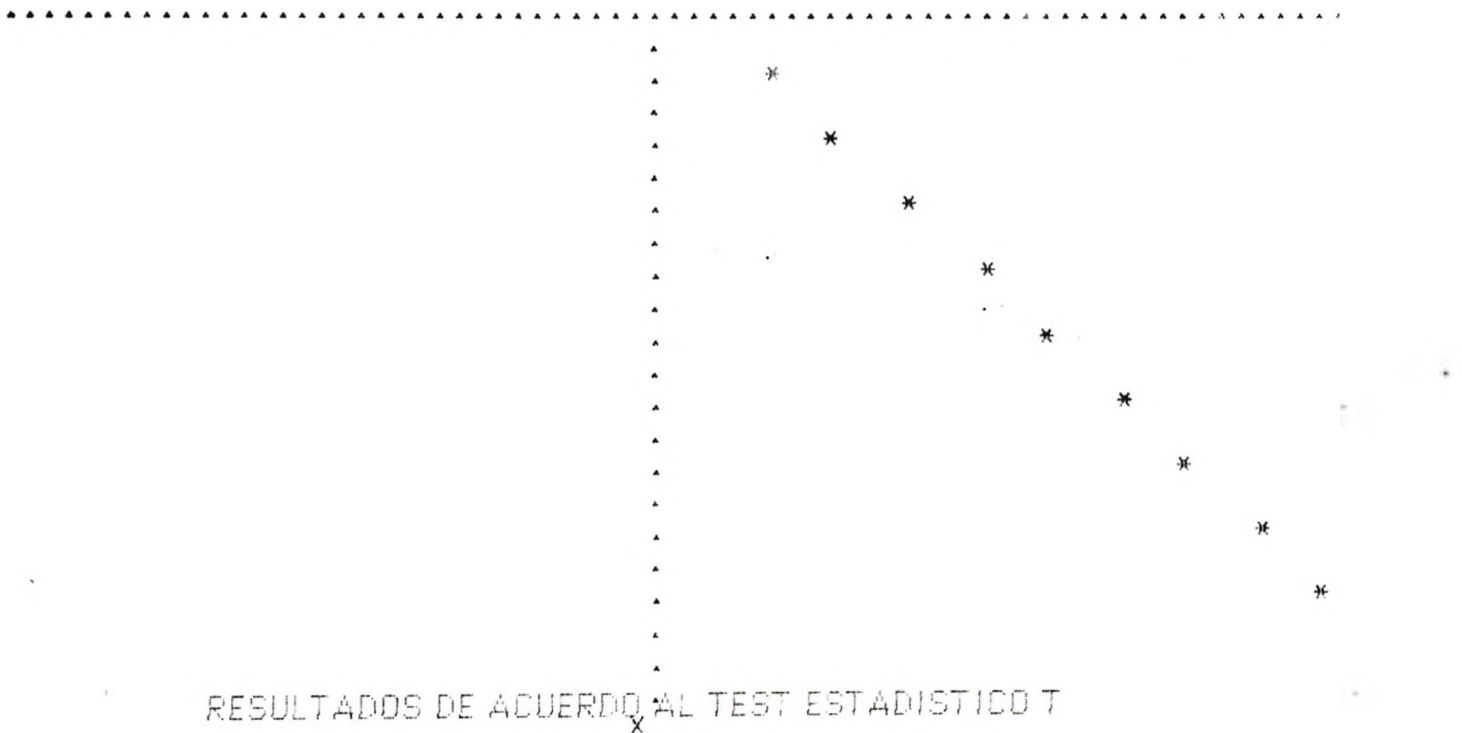
INSTRUMENTO: MANOMETRO

D A T O S

X(I)	Y(I)
.5	.6
1	1.1
1.5	1.6
2	2.1
2.5	2.6
3	3.1
3.5	3.6
4	4.11
4.5	4.61
5	5.5
5.5	5.61
6	6.11
6.5	6.61

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .99857
 ECUACION: $Y = .081385 + 1.01517 * X$

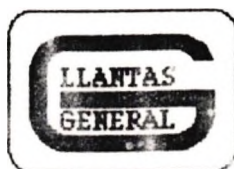


CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO= .925228

T TEORICO= 2.201

CONCLUSION: EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES



Página 130
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTIMIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O.) UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.

Nº IC-8.22

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear la calibración de la Máquina Optimizadora de Uniformidad (T.U.O) y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

Acabado Final.

3.0 EQUIPO

3.1 Llantas de chequeo

3.2 Formatos CC-226; CC-186; CC-187.

4.0 PARAMETROS A CHEQUEAR

4.1 Fuerzas Compuestas: Compuesta Lateral (LPF) y Compuesta Radial (RPF).

4.2 Fuerzas Primer Armónico: Armonico Lateral (LHFy LHR) y Armónico Radial (RHF).

4.3 Conicidad (CON).

4.4 Asimetría Circunferencial (RRCF).

4.5 Ubicación del punto de Armónico Alto (RHHP).

5.0 FRECUENCIA

Mensual o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

6.0 METODO

6.1 Colocar la carga para el tamaño de la llanta a chequear. Colocar la presión de inflado a 30 PSI.

6.1 Correr cada una de las cinco llantas de chequeo cinco veces.

6.3 Registrar los valores de: LPF, RPF, LHF, LHR, RHF, CON, RRCF.

También registrar la ubicación del punto Armónico Alto (RHHP).

7.0 CALCULOS

7.1 Calcular la media de las lecturas de cada llanta para cada parámetro.

7.2 Realizar la prueba de calibración de acuerdo al procedimiento IC-8.26. Con la variante de que los valores de Y correspondan ahora a la media de las lecturas obtenidas.



Página 131
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LA MAQUINA OPTI-MIZADORA DE UNIFORMIDAD DE LLANTAS RADIALES (T.U.O.) UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.

Nº IC - 8.22

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 2

8.0 REGISTROS Y REPORTES

- 8.1 Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-226.
- 8.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

9.0 ACCION CORRECTIVA

- 9.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniero de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.
- 9.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86-01-31
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: RHF (lbs)

NOMBRE DEL EQUIPO: T.U.O.
EQUIPO N°:
EQUIPO PATRON: LLantas de Chequeo

MEDICION N°	ESPECIF. (X)	L E C T U R A S					MEDIA (Y)	XY	x ²	y ²	(X- $\bar{X}$) ²	$\bar{Y}$	(Y- $\bar{Y}$) ²
		1	2	3	4	5							
1	6	7,2	7,3	7,7	6,9	7,8	7,4						
2	17	21,3	19,8	20,7	20,5	21,1	20,7						
3	12	18,4	18,4	18,5	19,7	17,3	18,5						
4	23,8	25,6	25,5	26,1	25,1	25,2	25,5						
5	8,9	6,6	7,3	8,0	7,8	8,2	7,6						
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
Sumatorio		////////	////////	////////	////////								

$$a = 1,32565$$

$$b = 1,07935$$

$$\bar{Y} = 1,32565 + 1,07935 \cdot X$$

$$r = 0,936334$$

$$S_{y/x} =$$

$$R^2 = 0,339562$$

$$\alpha = 0,05$$

$$t_{\alpha/2; n-2} = 3,182$$

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____

```
*****
*               METROLOGIA               *
*      -CONTROL DE CALIDAD-              *
*  AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION  *
*  DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: T.U.O. (RHF)

D A T O S

X(I)	Y(I)
6	7.4
17	20.7
12	18.5
23.8	25.5
8.9	7.6

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .936334
 ECUACION: Y= 1.32565 + 1.07935 *X

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
 CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO= .339562
 T TEORICO= 3.182

CONCLUSION: EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES



AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86 - 01 - 31
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: L H F (lbs.)

NOMBRE DEL EQUIPO: T.U.O
EQUIPO N°:
EQUIPO PATRON: Llantas de chequeo

MEDICION N°	ESPECIF. (X)	LECTURAS					MEDIA (Y)	XY	x ²	y ²	(x- $\bar{x}$) ²	$\bar{y}$	(y- $\bar{y}$) ²
		1	2	3	4	5							
1	18	21,6	21,4	21	21,3	21,7	21,4						
2	10	10,8	10,3	10,3	10,4	10,5	10,5						
3	4	4,5	4,6	4,2	4,1	4,2	4,3						
4	2,5	4,2	3,9	3,9	4,6	4,3	4,2						
5	2,3	1,6	1,3	1,9	1,9	1,8	1,7						
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
Sumatorio		////////////////////////////////////											

a = -0,21338
b = 1,17301
 $\bar{y} = -0,21338 + 1,17301 \cdot x$

r = 0,991809
Sy/x =

|t| = 1,98375
 $\alpha = 0,05$
 $t_{\alpha/2;n-2} = 3,182$

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES:

```
*****
*           METROLOGIA           *
*   -CONTROL DE CALIDAD-        *
* AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *
* DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: T.U.O.(LHF)

D A T O S

X(I)	Y(I)
18	21.4
10	10.5
4	4.3
2.5	4.2
2.3	1.7

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .991809

ECUACION: $Y = -.21338 + 1.17301 * X$

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO= 1.98375

T TEORICO= 3.182

CONCLUSION: EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LOS SISTEMAS DE CARGA DEL EQUIPO "PULLEY WHEEL" UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS.	Nº IC-8.23
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 1 DE 4

1.0 PROPOSITO
 Establecer un procedimiento para chequear la calibración de los sistemas de carga del equipo "Pulley Wheel" y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR
 Centro de Pruebas.

3.0 EQUIPO
 3.1 Equipo calibrador de carga. El cual consta de las siguientes partes:
 3.1.1 Indicador de calibración.
 3.1.2 Armadura de sujetamiento a la rueda de camino.
 3.1.3 Accesorio de celda de carga.
 3.1.4 Cables conectores.
 3.1.5 Tubo de apoyo.
 3.2 LLanta del tamaño deseado.
 3.3 Formatos CC-227; CC-186; CC-187

4.0 FRECUENCIA
 Semestral o como especifiquen el Jefe o Ingeniero de Calidad.

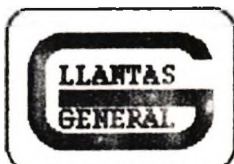
5.0 METODO
 5.1 Procedimiento de Set-Up del equipo calibrador de carga.
 5.1.1 En la posición a ser calibrada, bloquear la rueda de camino para evitar su rotación.
 5.1.2 Ensamblar la barra abrasadera para el ancho deseado de la rueda de camino.
 5.1.3 Montar la armadura de la celda de carga en la barra abrasadera usando los tornillos.
 5.1.4 Montar la armadura celda de carga-barra abrasadera en la superficie de la rueda de camino en la posición que esta siendo calibrado, asegurarse que la línea central de la llanta y la armadura de la celda de carga estén en el mismo plano.
 5.1.5 Ajustar el tubo de apoyo de modo que la armadura de la celda de carga se sostenga en posición.
 5.1.6 Con la barra de apoyo y una abrasadera de la barra ajustar la armadura de la celda de carga hasta que esté a nivel en



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LOS SISTEMAS DE CARGA DEL EQUIPO "PULLEY WHEEL" UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS	Nº IC-8.23
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 2 DE 4
los dos planos. 5.1.7 Rebloquear la rueda de camino. 5.1.8 Conectar los cables de las celdas de carga en la caja del indicador. Asegurarse que la celda de carga con el número serial 1 sea conectada en el CHANNEL 1 y el 2 con el CHANNEL 2. El número serial de las celdas de carga deben juntarse al número serial del indicador. 5.1.9 Chequear la carga de la batería de la caja del indicador colocando y manteniendo el switch TEST/ON en la posición TEST. El medidor debería indicar más allá de los límites de RENEW BATTERY. 5.1.10 Mover el switch a la posición ON. Nota: La batería requiere cargarse cuando la desviación del medidor no supera el arco rojo que marca RENEW BATTERY. 5.1.11 Colocar el selector de modo en la posición BAL 1. 5.1.12 Girar la perilla de regular carga hasta que indique cero. 5.1.13 Girar la perilla BALANCE del canal 1 hasta que indique cero en el medidor de nulo. 5.1.14 Presionar y mantener el botón CAL CHK, luego girar la perilla de regular carga hasta que indique cero en el medidor de nulo. Nota: El valor indicado debe ser con ± 12 libras o ± 6 kilogramos del valor registrado en la hoja de calibración individual proporcionado con cada unidad. 5.1.15 Retornar la perilla de regular carga a cero. 5.1.16 Colocar el selector de modo a la posición BAL 2. 5.1.17 Repetir los pasos 5.1.13 y 5.1.14 para la segunda celda de carga, pero usar la perilla BALANCE del canal 2. 5.1.18 Lentamente avanzar la llanta contra la armadura de la celda de carga, y mantener una carga liviana. 5.1.19 Aumentar la carga al 250 % de la carga nominal de la llanta o a la máxima deseada bajo 250 % de la carga nominal de la llanta. 5.1.20 Retirar la llanta. 5.1.21 Repetir los pasos 5.1.18; 5.1.19; y 5.1.20 mínimo tres veces. 5.1.22 Colocar el selector de modo en la posición BAL 1, y girar la perilla BALANCE del canal 1 hasta que indique cero en	

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS****INGENIERIA DE CALIDAD**

ASUNTO: METROLOGIA DE LOS SISTEMAS DE CARGA DEL EQUIPO "PULLEY WHEEL UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE DE LINEAS RECTAS

Nº IC-8.23

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 3 DE 4

en el medidor de nulo.

5.1.23 Colocar el selector de modo en la posición BAL 2, y girar la perilla BALANCE del canal 2 hasta que indique cero en el medidor de nulo.

5.1.24 Colocar el selector de modo en la posición READ.

5.1.25 Girar la perilla BALANCE R hasta que indique cero en el medidor de nulo.

5.2 Seleccionar el rango de carga al cual se va a realizar el chequeo de calibración. Que generalmente debe ser el de uso para el tamaño de la llanta en la cual se va a realizar el chequeo. Realizar el chequeo en todo este rango con incrementos constantes. Este incremento debe ser tal que obtengamos como mínimo diez lecturas.

5.3 Colocar en el tablero de control la carga deseada.

5.4 Cargar la llanta contra la armadura de la celda de carga.

5.5 Girar la perilla de regular carga hasta que indique cero en el medidor de nulo.

5.6 La caja del indicador nos dará el valor real de la carga.

5.7 Retirar la llanta.

5.8 Repetir los pasos 5.3 a 5.7 para todas las cargas a chequear.

6.0 CALCULOS

Se lo realiza de acuerdo al procedimiento IC-8.26

7.0 REGISTROS Y REPORTES

7.1 Registrar los datos en el formato CC-227.

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si luego de realizado el test t se encuentra que el instrumento está descalibrado comunicar al Jefe o Ingeniería de Calidad y enviar la respectiva orden de trabajo a Ingeniería de Planta para el arreglo correspondiente.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LOS SISTEMAS DE
CARGA DEL EQUIPO "PULLEY WHEEL"
UTILIZANDO LA TECNICA DE AJUSTE
DE LINEAS RECTAS

N° IC - 8.23

FECHA: Abril 1987

PAGINA: 4 DE 4

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, el test t nos indique que el instrumento está calibrado.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION
DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86 - 03 - 25

ANALISTA: J. O./J.R.

VARIABLE: Carga (Kg.)

NOMBRE DEL EQUIPO: Sistema Carga

EQUIPO N°:

EQUIPO PATRON: Calibrador Carga

MEDIC. N°	PATRON (X)	LECTURA (Y)	XY	x ²	y ²	(x- $\bar{x}$) ²	$\bar{y}$	(y- $\bar{y}$) ²
1	227	227						
2	500	500,05						
3	1.000	1.000						
4	1.500	1.500						
5	2.000	2.002						
6	2.500	2.502						
7	3.000	3.002						
8	3.500	3.502						
9	4.000	4.002						
10	5.000	5.002						
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
Sumatorio								

$a = -0.0633422$
 $b = 1,00054$
 $Y = -0.0633422 + 1,00054 \cdot X$

$r = 1,00000$
 Sy/x

$|t| = 4,22769$
 $\alpha = 0,05$
 $t_{\alpha/2;n-2} = 2,306$

APROBADO:

RECHAZADO: X

OBSERVACIONES: _____

```
*****
*           METROLOGIA           *
*      -CONTROL DE CALIDAD-      *
*  AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION  *
*  DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: SIST.CARGA F.W.

D A T O S

X(I)	Y(I)
227	227
500	500.05
1000	1000
1500	1500
2000	2002
2500	2502
3000	3002
3500	3502
4000	4002
5000	5002

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= 1
 ECUACION: $Y = -.0633422 + 1.00054 * X$

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
 CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

T CALCULADO= 4.22769
 T TEORICO= 2.306
 CONCLUSION: EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: PRUEBA DE REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION

Nº IC-8.24

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para chequear Repetibilidad de equipos de medición y asegurar confiabilidad en sus lecturas.

2.0 LUGAR

En la respectiva área del equipo de medición.

3.0 EQUIPO

Formato CC-229

4.0 FRECUENCIA

Anual o cuando llegue equipo nuevo.

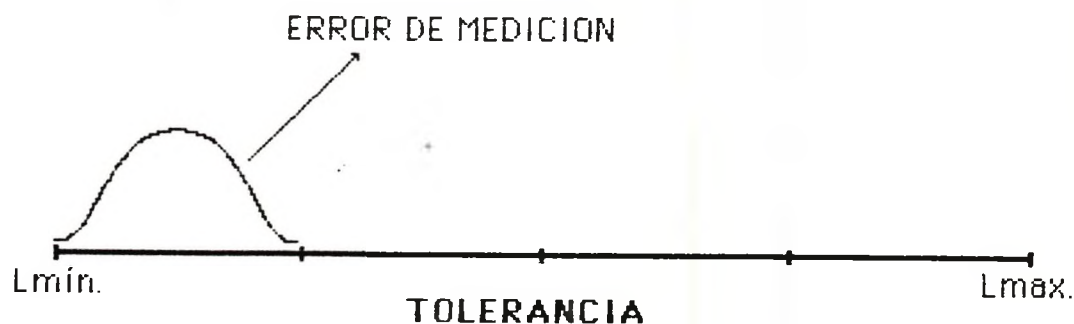
5.0 METODO

5.1 Realizar mínimo quince mediciones repetidas en la misma unidad de producto en tres o más puntos del rango de uso del equipo.

5.2 Los resultados de los estudios de repetibilidad deben ser evaluados para determinar si el equipo de medición es aceptable para su aplicación. Esta evaluación está basado en la regla práctica siguiente: El efecto del error de medición en las decisiones de aceptación es insignificante si el valor de S_{n-1} es menor que el 25 % de la longitud de la tolerancia de la magnitud sujeta a medición.

En donde:

S_{n-1} = Desviación estándar de los resultados obtenidos por repetición de la medición en la misma unidad de producto.





MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: PRUEBA DE REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION

N° IC-8.24

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 2 DE 2

6.0 CALCULOS

6.1 Calcular la desviación estándar S_{n-1} de los datos obtenidos.

6.2 Calcular el % variación del equipo de la manera siguiente:

$$\text{VARIACION DEL EQUIPO} = 6 \times S_{n-1}$$

$$\% \text{ VARIACION DEL EQUIPO} = \frac{100 \times \text{VARIAC. EQUIPO}}{\text{TOLERANCIA}}$$

7.0 REGISTROS Y REPORTES.

Para cada paso del procedimiento, registrar todos los datos en el formato CC-229.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si % VARIACION DEL EQUIPO es menor o igual ($\leq$) a 25 %, el equipo se considera aceptable

8.2 Si % VARIACION DEL EQUIPO es mayor ($>$) a 25 %, no es aceptable el equipo.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86 - 07 - 23 NOMBRE DEL EQUIPO: Balanza
ANALISTA: J.O. EQUIPO N°: 631 - 04
VARIABLE: Peso (Kilogramos) TOLERANCIA: ± 0,05 Kg.
PRODUCTO: Tubo 135

MEDICION N°	VALORES	MEDICION N°	VALORES
1	0,975	13	0,940
2	0,950	14	0,950
3	0,975	15	0,960
4	0,965	16	0,940
5	0,945	17	0,950
6	0,960	18	0,950
7	0,950	19	0,940
8	0,965	20	0,940
9	0,935	21	0,945
10	0,935	22	0,940
11	0,965	23	
12	0,965	24	

VARIACION DEL EQUIPO - (6) (Sn-1) - 6 x 0,0125 = 0,075

% VARIACION DEL EQUIPO = $\frac{(100) (VARIACION DEL EQUIPO)}{TOLERANCIA} = \frac{100 \times 0,075}{0,1} = 75$

APROBADO: RECHAZADO: X

OBSERVACIONES: _____



REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86 - 07 - 23
 ANALISTA: J.O.
 VARIABLE: Peso (Kilogramos)
 PRODUCTO: Tubo 157

NOMBRE DEL EQUIPO: Balanza
 EQUIPO N°: 631 - 04
 TOLERANCIA: $\pm 0,076$ Kg.

MEDICION N°	VALORES	MEDICION N°	VALORES
1	1,585	13	1,590
2	1,590	14	1,575
3	1,595	15	1,575
4	1,595	16	1,580
5	1,585	17	1,590
6	1,585	18	1,595
7	1,595	19	1,590
8	1,590	20	1,590
9	1,590	21	1,580
10	1,595	22	1,585
11	1,595	23	1,590
12	1,585	24	

$$\text{VARIACION DEL EQUIPO} = (6) (S_n - 1) = 6 \times 0,0062 = 0,037$$

$$\% \text{ VARIACION DEL EQUIPO} = \frac{(100 \times \text{VARIACION DEL EQUIPO})}{\text{TOLERANCIA}} = \frac{100 \times 0,037}{0,152} = 24,3$$

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____



REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86 - 07 - 23 NOMBRE DEL EQUIPO: Balanza
ANALISTA: J.O. EQUIPO N°: 631 - 04
VARIABLE: Peso (Kilogramos) TOLERANCIA: ± 0,1665 Kg
PRODUCTO: Tubo 203

MEDICION N°	VALORES	MEDICION N°	VALORES
1	3,490	13	3,495
2	3,495	14	3,490
3	3,495	15	3,495
4	3,500	16	
5	3,500	17	
6	3,495	18	
7	3,500	19	
8	3,495	20	
9	3,495	21	
10	3,495	22	
11	3,495	23	
12	3,500	24	

VARIACION DEL EQUIPO = (6) (Sn-1) = 0,019

% VARIACION DEL EQUIPO = $\frac{(100) (VARIACION DEL EQUIPO)}{TOLERANCIA}$ = 11,4

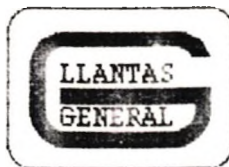
APROBADO: X RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.24

Se realizó la prueba de repetibilidad en tres puntos diferentes del rango de uso de la balanza, utilizando para este propósito tres tubos de peso diferente, los cuales se pesaron varias veces repetidas obteniéndose los datos indicados.

Debido a que se obtuvo para el caso del tubo 135 un valor de 75 % que es mayor al 25 % permisible, la balanza no es aceptable, y se recomienda hacer los ajustes necesarios.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: PRUEBA DE CALIBRACION
DE EQUIPOS

N°: IC-8.25

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 1 DE 2

1.0 PROPOSITO

Explicar la prueba de calibración de equipos.

2.0 LUGAR

Oficina de Ingeniería de Calidad.

3.0 EQUIPO

3.1 Formatos CC-225 con los datos tomados.

3.2 Tabla de la distribución t.

3.3 Máquina calculadora.

4.0 FRECUENCIA

Luego de completado la toma de datos.

5.0 METODO

Está basado en el siguiente teorema:

Si $\bar{X}$ y S_{n-1} son la media y la desviación estándar de un grupo de n resultados experimentales correspondientes a una variable aleatoria X con distribución normal, entonces $(\bar{X} - \mu_0) / (S_{n-1} / \sqrt{n})$ presenta distribución t con (n-1) grados de libertad.

6.0 CALCULOS

6.1 Calcular el valor del estadígrafo de prueba siguiente:

$$t = \frac{(\bar{X} - \mu_0) \cdot \sqrt{n}}{S_{n-1}}$$

En donde:

$\bar{X}$ = media de los datos.

μ_0 = especificación (o valor que marca en ese instante el equipo de medida que se está comprobando).

n = número de datos.

S_{n-1} = desviación estándar de los datos.

6.2 Fijar el nivel de significancia α . Pudiendo ser:

$$\alpha = 0,05 \text{ o } \alpha = 0,01$$

6.3 Extraer de la tabla del Anexo A el valor de t para un nivel de significancia $\alpha/2$ y n-1 grados de libertad $t_{\alpha/2; n-1}$.

6.4 El equipo está calibrado cuando:

$$|t| < t_{\alpha/2; n-1}$$



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: PRUEBA DE CALIBRACION
DE EQUIPOS

Nº IC-8.25

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 2 DE 2

En donde $|t|$ valor absoluto de t .

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDICION	N° IC-8.26
	FECHA: Marzo 1986
	PAGINA: 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Explicar una prueba de calibración de instrumentos mediante el test estadístico t aplicando al ajuste de líneas rectas.

2.0 LUGAR

Oficina de Ingeniería de Calidad.

3.0 EQUIPO

3.1 Formato CC-226; CC-227 o CC-228 con los datos tomados.

3.2 Tabla de distribución t.

3.3 Máquina calculadora.

4.0 FRECUENCIA

Luego de completado la toma de datos.

5.0 METODO

Está basado en la teoría de regresión de muestras.

La ecuación de regresión lineal $\tilde{Y} = a + bx$ se obtiene a partir de datos muestrales. Para propósitos prácticos es necesario hacer ensayos concernientes a la población de la que se extrajo la muestra. El ensayo a realizarse es de la hipótesis de que $B = B_0$, es decir de que si el valor de B (pendiente de la ecuación de regresión poblacional) tiene un determinado valor B_0 . Para el caso de una prueba de calibración de un instrumento será necesario comprobar la hipótesis de que $B=1$, es decir si la ecuación de regresión poblacional tiene una pendiente de 45°. Para esto se utiliza el hecho de que el estadístico.

$$t = \frac{b - B_0}{S_{y/x} \sqrt{1/\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$$

Tiene una distribución t con n-2 grados de libertad

En donde:

b = valor de la ecuación de regresión muestral.

B_0 = valor cuya hipótesis quiere probarse. Que para nuestro caso es 1.

$S_{y/x}$ = estimado de la variabilidad alrededor de la línea.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMROBACION DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDICION.	N° IC-8.26
	FECHA: Marzo 1986
	PAGINA: 2 DE 3

6.0 CALCULOS

6.1 Sumar todos los valores de x (patrones), con lo cual obtenemos Σx

6.2 Sumar todos los valores de Y (lecturas), con lo cual obtendremos ΣY .

6.3 Calcular el producto x.Y para cada par de valores y luego sumar todos estos, obteniéndose ΣxY .

6.4 Elevar al cuadrado todos los valores de x y luego sumarlos, obteniéndose Σx^2 .

6.5 Elevar al cuadrado todos los valores de Y y luego sumarlos, obteniéndose ΣY^2 .

6.6 Calcular el valor de a.

$$a = \frac{\Sigma x^2 \Sigma y - \Sigma x \Sigma xY}{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

6.7 Calcular el valor de b.

$$b = \frac{n \Sigma xY - \Sigma x \Sigma Y}{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

6.8 Calcular el valor de r.

$$r = \frac{n \Sigma xY - \Sigma x \Sigma Y}{\sqrt{[n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2] [n \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}}$$

6.9 Calcular la media ($\bar{x}$) de los valores de x.

6.10 Restar a cada valor de x la media de x obtenido en el paso anterior, elevar al cuadrado y luego sumarlos, obteniéndose

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

6.11 En la ecuación obtenida,

$$\tilde{Y} = a + bx$$

reemplazar los valores de x para obtener $\tilde{Y}$.

6.12 Restar a cada valor de Y el correspondiente $\tilde{Y}$, elevar al cuadrado y luego sumarlos, obteniéndose $\sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2$.

6.13 Calcular el valor de S_y/x



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE LA CALI-
CION DE UN INSTRUMENTO DE ME-
DICION.

Nº IC-8.26

FECHA: Marzo 1986

PAGINA: 3 DE 3

$$S_{y/x} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 / (n-2)}$$

6.14 Calcular el valor de t.

$$t = \frac{b - B_0}{S_{y/x} \sqrt{1 / \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

6.15 Fijar el nivel de significancia α . Pudiendo ser:

$$\alpha = 0.01 \text{ ó } \alpha = 0.05$$

6.16 Extraer de la tabla del Anexo A el valor de t para un nivel de significancia $\alpha/2$ y n-2 grados de libertad $t_{\alpha/2; n-2}$.

6.17 El instrumento está calibrado cuando:

$$|t| \leq t_{\alpha/2; n-2}$$

en donde:

|t| = valor absoluto de t.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.

CAPITULO III

PROGRAMAS PARA REDUCIR EL ERROR.

3.1 MODO DE DETERMINAR LA REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

Para determinar la Repetibilidad y Reproducibilidad de medición se utilizará una técnica estadística llamada "Análisis de Varianza", cuyos conceptos básicos estudiaremos a continuación.

3.2 ANILISIS DE VARIANZA.

El análisis de varianza es un método para separar una variación total presente en un grupo de datos en las distintas variaciones presentes en subgrupos de los datos mismos. Por ejemplo, si se toman r muestras de un producto, cada una de las cuales está formada por c elementos, el análisis de varianza permitirá partir la varianza de todos los rc elementos en la varianza entre muestras (debido a la variación en el proceso, digamos de un día a otro) y la variación dentro de muestras (que representa la variación inherente o error experimental). Cada varianza se calcula como la suma de los cuadrados de las desviaciones divididas entre el número adecuado de grado de libertad. Se estudiará a continuación tres modelos de análisis de varianza.

3.3 MODELO PARA LA CLASIFICACION DE UN FACTOR.

Se explica con un ejemplo. Supongamos que en una determinada planta existen varias máquinas similares que llenan cierto artículo hasta un peso determinado. Se realiza un experimento y se obtiene una muestra aleatoria de sólo cuatro máquinas A, B, C, D. Además para cada máquina se obtiene los siguientes datos:

Máquina	Peso Neto				
A	12,25	12,27	12,24	12,25	12,20
B	12,18	12,25	12,26	12,22	12,19

C	12,24	12,23	12,23	12,20	12,16
D	12,20	12,17	12,19	12,18	12,16

Se quiere cuantificar los valores de la varianza entre máquinas que aquí lo llamaremos "entre filas" y que se los designa como σ_e^2 . Además la varianza dentro de cada una de las máquinas que lo llamaremos "dentro de filas" y que se lo designa como σ^2 . Hay que anotar que estos valores de σ_e^2 y σ^2 está referido a toda la población de máquinas de la que se extrajo la muestra de cuatro, y que todos los universos de cada máquina tienen la misma varianza σ^2 . En primer lugar calcularemos la media general de los pesos.

$$\text{Media general} = \frac{12,25 + 12,27 + \dots + 12,18 + 12,16}{20} = 12,2135$$

Determinamos las diferencias de los datos de la media general, las elevamos al cuadrado y luego las sumamos. La suma es llamada "variación total".

$$\text{Variación total} = (12,25 - 12,2135)^2 + (12,27 - 12,2135)^2 + \dots + (12,18 - 12,2135)^2 + (12,16 - 12,2135)^2 = 0,022855$$

Los grados de libertad son $(20-1) = 19$

El método de análisis de varianza estriba en separar la variación total en dos partes:

- 1.- La variación dentro de cada fila A, B, C, D.
- 2.- La variación entre las medias de la filas

Determinemos en primer lugar la variación dentro de la fila A.
La media de la fila A es:

$$\frac{12,25 + 12,27 + 12,24 + 12,25 + 12,20}{5} = 12,242$$

Entonces la variación dentro de la fila A es:

$$(12,25 - 12,242)^2 + (12,27 - 12,242)^2 + (12,24 - 12,242)^2 + (12,25 - 12,242)^2 + (12,20 - 12,242)^2 = 0,00268$$

Análogamente se tiene que la media de la fila B es 12,22 y la variación dentro de esta fila es 0.005 La media de la fila C es 12,212 y la variación

dentro de ella es 0,00428. La media de la fila D es 12,18 y la variación dentro de ella es 0,001

Para cada fila los grados de libertad son $(5-1) = 4$

La variación entre las cuatro filas es entonces,
 $0,00268 + 0,005 + 0,00428 + 0,001 = 0,01296$

y los grados de libertad son para las cuatro filas $4 + 4 + 4 + 4 = 16$.

Pero las tres filas tienen distintas medias. Por lo tanto, existe una variación entre las medias de las filas. Las medias de las filas son:

	Medias
Fila A	12,242
Fila B	12,22
Fila C	12,212
Fila D	12,18

La media de medias es:

$$\frac{12,242 + 12,22 + 12,212 + 12,18}{4} = 12,2135$$

Entonces, la variación entre las medias es:

$$5(12,242-12,2135)^2 + 5(12,22-12,2135)^2 + 5(12,212-12,2135)^2 + 5(12,18-12,2135)^2 = 0,009895$$

Los grados de libertad, siendo las medias en número de cuatro, son, por lo tanto:

$$(4-1) = 3$$

Por lo tanto tendremos:

Variación total = (Variación dentro de la fila A + variación dentro de la fila B + Variación dentro de la fila C + Variación dentro de la fila D) + Variación entre las medias de las filas = Variación dentro de las filas + Variación entre las medias de las filas.

Es decir en nuestro ejemplo:

$$0,022855 = (0,00268 + 0,005 + 0,00428 + 0,001) + 0,009895 = 0,01296 + 0,009895$$

Lo mismo pasa con los grados de libertad:

$$19 = (4 + 4 + 4 + 4) + 3 = 16 + 3$$

Resumiendo los resultados en la tabla siguiente en donde se reportan también los valores de las estimaciones de la varianza, que no son otra cosa que la relación entre la variación y el número de grados de libertad.

Fuente	Variación	Grados de Libertad	Varianza
Entre las medias de las filas (es decir, entre las distintas máquinas).	0,009895	3	0,003298
Dentro de las filas (es decir, dentro de cada una de las máquinas).	0,01296	16	0,00081
Total	0,022855	19	0,00120289

Para estimar los valores poblacionales σ^2 y σ^2_{ϕ} debe hacerse uso de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} 0,00081 &= \sigma^2 \\ 0,003298 &= \sigma^2 + c \sigma^2_{\phi} \end{aligned}$$

En donde c = Número de mediciones dentro de cada máquina.

$$\begin{aligned} 0,003298 &= 0,00081 + 5 \sigma^2_{\phi} \\ \sigma^2_{\phi} &= 0,0004976 \end{aligned}$$

Y las desviaciones estándar vendrán dadas por:

$$S = 0,02846$$

$$S_e = 0,02231$$

Generalizando tendremos:

				MEDIAS
1	X_{11}	X_{12}	X_{1j} ----- X_{1c}	$\bar{X}_1$
2	X_{21}	X_{22}	X_{2j} ----- X_{2c}	$\bar{X}_2$
3	X_{31}	X_{32}	X_{3j} ----- X_{3c}	$\bar{X}_3$
.				
.				
.				
i	X_{i1}	X_{i2}	X_{ij} ----- X_{ic}	$\bar{X}_i$
.				
.				
.				
r	X_{r1}	X_{r2}	X_{rj} ----- X_{rc}	$\bar{X}_r$

En esta notación X_{ij} representa una j^{ava} observación del i^{avo} grupo donde $i = 1,2,3,-----,r$. Cada grupo incluye c_j observaciones; el número total de observaciones es rc .

r = Número de filas

c = Número de columnas.

El total de los valores de las observaciones es ΣX_{ij} , siendo la media de todas las observaciones, $\bar{X} = \Sigma X_{ij}/rc$.

De acuerdo a lo demostrado en el ejemplo anterior se tiene:

Variación total = Variación dentro de cada fila + Variación entre las medias de las filas.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X})^2 &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{X}_i - \bar{X})^2 = \\ &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 + c \sum_{i=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \end{aligned}$$

A continuación se da una tabla de análisis de varianza en la cual también se indica el cálculo de la varianza que como se indicó anteriormente no es otra cosa que la relación entre la variación y el

número de grados de libertad, así también los componentes de la varianza.

Fuente	Variación	Grados de Libertad	Varianza	Component. De Varianza
Entre las medias de las filas	$SS_3 = c \sum_{i=1}^r (\bar{X}_i - \bar{\bar{X}})^2$	$r - 1$	$SS^*_3 = SS_3 / (r - 1)$	$\sigma^2 + c\sigma_\varphi^2$
Dentro de las filas	$SS_2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X}_i)^2$	$r(c - 1)$	$SS^*_2 = SS_2 / r(c - 1)$	σ^2
Total	$SS = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2$	$rc - 1$	$SS^* = SS / (rc - 1)$	—

De los componentes de varianza podemos entonces estimar σ^2 y σ_φ^2 :

$$SS^*_3 = \sigma^2 + c\sigma_\varphi^2$$

$$SS^*_2 = \sigma^2$$

Por lo tanto,

$$SS^*_3 = SS^*_2 + c\sigma_\varphi^2$$

$$\sigma_\varphi^2 = \frac{SS^*_3 - SS^*_2}{c}$$

Si el valor que toma el estimador σ_φ^2 es negativo, el estimador se toma como cero.

Este método antes descrito explica el análisis de varianza, pero es más largo de lo necesario para el uso cotidiano. De tal manera que se ha derivado una manera más rápida de cálculo, el cuál se utilizará en el procedimiento IC-8.29.

3.4 ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES, UNA OBSER- CION POR COMBINACION.

Es posible realizar experimentos de tal forma que permitan estudiar los efectos de diversas variables en el mismo experimento. Para cada variable pueden escogerse varios niveles a estudiar. Cuando se hacen observaciones para todas las combinaciones posibles de niveles el experimento se llama un experimento factorial. Se considerará un experimento factorial donde los efectos de dos variables a varios niveles (o usando varios tratamientos) han de estudiarse cuando hay una observación por combinación de niveles. Es decir en forma general tendremos:

	1	2	j-----c	Medias	
1	X_{11}	X_{12}	X_{1j} ----- X_{1c}	$\bar{X}_1$	
2	X_{21}	X_{22}	X_{2j} ----- X_{2c}	$\bar{X}_2$	
3	X_{31}	X_{32}	X_{3j} ----- X_{3c}	$\bar{X}_3$	
.					
.					
.					
i	X_{i1}	X_{i2}	X_{ij} ----- X_{ic}	$\bar{X}_i$	
.					
.					
r	<u>X_{r1}</u>	<u>X_{r2}</u>	<u>X_{rj}</u> ----- <u>X_{rc}</u>	<u>$\bar{X}_r$</u>	
Media	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_j$	$\bar{X}_c$	$\bar{\bar{X}}$

$$\text{Media general } (\bar{X}) = (1/rc) \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c X_{ij}$$

La media de la línea i^{ma} es:

$$\bar{X}_i = (1/c) \sum_{j=1}^c X_{ij}$$

y la media de la columna j^{ma} es:

$$\bar{X}_j = (1/r) \sum_{i=1}^r X_{ij}$$

La variación total puede separarse en la suma de la variación entre las filas (es decir entre la media de cada fila y la media general), más la variación entre las columnas (es decir entre las medias de cada columna y

la media general), más un residuo (o error experimental) no explicado por las variaciones entre las filas y entre las columnas.

$$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{X}_i - \bar{X})^2 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{X}_j - \bar{X})^2 +$$

Variación total Variación entre las filas Variación entre columnas

$$+ \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2 =$$

Residuo no explicado con el efecto

de las filas y de las columnas (error experimental)

$$= c \sum_{i=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X})^2 + r \sum_{j=1}^c (\bar{X}_j - \bar{X})^2 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2$$

A continuación se da una tabla de análisis de varianza.

Fuente	Variación	Grados de Libertad	Varianza	Component. de Varianza
Entre columnas	$SS_4 = r \sum_{j=1}^c (\bar{X}_j - \bar{X})^2$	$c-1$	$SS^*_4 = SS_4 / (c-1)$	$\sigma^2 + r \sigma_y^2$
Entre filas	$SS_3 = c \sum_{i=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X})^2$	$r-1$	$SS^*_3 = SS_3 / (r-1)$	$\sigma^2 + c \sigma_x^2$
Residual	$SS_2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2$	$(r-1)(c-1)$	$SS^*_2 = SS_2 / (r-1)(c-1)$	σ^2
Total	$SS = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (X_{ij} - \bar{X})^2$	$rc-1$	$SS^* = SS / (rc-1)$	-

En donde:

σ_y^2 = Estimado de la varianza entre columnas.

σ_x^2 = Estimado de la varianza entre las filas.

σ^2 = Estimado de la varianza del residual.

De los componentes de varianza entonces podemos estimar σ^2 , σ_y^2 y σ_x^2 de la siguiente manera.

$$SS^*_2 = \sigma^2$$

$$SS^*_3 = SS^*_2 + c \sigma_x^2$$

$$\sigma_c^2 = \frac{SS^*_3 - SS^*_2}{c}$$

$$SS^*_4 = SS^*_2 + r\sigma_r^2$$

$$\sigma_r^2 = \frac{SS^*_4 - SS^*_2}{r}$$

Si el valor que toman estos es negativo, el estimador se toma igual a cero.

3.5 ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES, n OBSERVACIONES POR COMBINACION.

En el caso antes considerado se tenía una sola medición en la "combinación" definida por la fila i y por la columna j.

Por el contrario, puede darse que para cada fila y para cada columna se hagan más experimentos, obteniendo más mediciones en cada "combinación". Entonces en estos casos se tiene:

VARIACION TOTAL = Variación entre filas + Variación entre las columnas + Interacción entre las combinaciones (es decir, variación residua entre las combinaciones no explicada por la variación entre las filas y entre las columnas) + Variación dentro de combinaciones (error experimental).

Llamamos X_{ijv} la v^{ma} ($v = 1, 2, \dots, n$) medición de la "combinación" definida por la i^{ma} ($i = 1, 2, \dots, r$) fila y por la j^{ma} ($j = 1, 2, \dots, c$) columna.

Entonces,

$$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{v=1}^n (X_{ijv} - \bar{X})^2 = c n \sum_{i=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X})^2 + r n \sum_{j=1}^c (\bar{X}_j - \bar{X})^2 + n \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{v=1}^n (X_{ijv} - \bar{X}_{ij})^2$$

donde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{v=1}^n X_{ijv}}{rcn} \quad \text{es la media general}$$

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^c \sum_{v=1}^n X_{ijv}}{cn} \quad \text{es la media de la línea } i.$$

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{v=1}^n X_{ijv}}{rn} \quad \text{es la media de la columna } j$$

$$\bar{X}_{ij} = \frac{\sum_{v=1}^n X_{ijv}}{n} \quad \text{es la media de los } n \text{ elementos de la combinación } (ij).$$

En la práctica la interacción se calcula por diferencia entre la variación total y la suma de las otras variaciones.

La tabla de análisis de varianza para este caso será:

Fuente	Variación	Grados de Libertad	Varianza	Component. de Varianza
Entre co- columnas	$SS_4 = rn \sum_{j=1}^c (\bar{X}_j - \bar{X})^2$	$c-1$	$SS^*_4 = SS_4 / (c-1)$	$\sigma^2 + n\sigma_n^2 + rn\sigma_y^2$
Entre filas	$SS_3 = cn \sum_{i=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X})^2$	$r-1$	$SS^*_3 = SS_3 / (r-1)$	$\sigma^2 + n\sigma_n^2 + cn\sigma_x^2$
Inte- racción	$SS_2 = n \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2$	$(r-1)(c-1)$	$SS^*_2 = SS_2 / (r-1)(c-1)$	$\sigma^2 + n\sigma_n^2$
Dentro de com- binaciones	$SS_1 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{v=1}^n (X_{ijv} - \bar{X}_{ij})^2$	$rc(n-1)$	$SS^*_1 = SS_1 / rc(n-1)$	σ^2
Total	$SS = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{v=1}^n (X_{ijv} - \bar{X})^2$	$rcn-1$	$SS^* = SS / (rcn-1)$	-

En donde:

σ_y^2 = Estimado de la varianza entre columnas

σ_x^2 = Estimado de la varianza entre filas

σ_n^2 = Estimado de la varianza de interacción

σ^2 = Estimado de la varianza de "dentro de combinaciones".

A partir de los componentes de varianza podemos estimar σ^2 , σ_n^2 , σ_e^2 , σ_y^2 .

$$\sigma^2 = SS^*_1$$

$$\sigma_n^2 = \frac{SS^*_2 - SS^*_1}{n}$$

$$\sigma_e^2 = \frac{SS^*_3 - SS^*_2}{cn}$$

$$\sigma_y^2 = \frac{SS^*_4 - SS^*_2}{rn}$$

Si alguno de estos estimadores toma un valor negativo, el estimado, se hace igual a cero.

En el procedimiento IC - 8.28 se da una manera más rápida para realizar estos cálculos.

3.6 ELABORACION DE PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACION DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

Se realizó dos procedimientos el IC - 8.27 y el IC - 8.28. En el IC - 8.27 se utiliza el método del rango para determinar la repetibilidad y reproducibilidad, el cual no es otra cosa que una derivación de la técnica de análisis de varianza. En el IC - 8.28 se utiliza la técnica de análisis de varianza. Además se realizó un procedimiento adicional para determinar repetibilidad de equipos de medición utilizando el análisis de varianza de un factor.

3.7 IDENTIFICACION DE EQUIPO PARA ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

Referirse a los procedimientos en donde se da un listado de todos los equipos en los que se puede realizar estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad.

3.8 REALIZACION DE PRACTICAS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

A continuación de cada procedimiento se dan ejemplos prácticos realizados en la fábrica.

3.9 ANALISIS DE RESULTADOS.

Referirse a los procedimientos en donde se indica la forma de analizar los resultados, así como la correspondiente "acción correctiva" a tomarse.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION POR EL METODO DEL RANGO.	N° IC-8.27
	FECHA: Abril 1986
	PAGINA: 1 DE 5
1.0 PROPOSITO Establecer un procedimiento para la determinación de Repetibilidad y Reproducibilidad de medición de un instrumento. 2.0 LUGAR En la respectiva área del instrumento de medición. 3.0 EQUIPO A REALIZARSE EL ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD. 3.1 Planta. 3.1.1 Cintas de medición. 3.1.2 Reglas de acero. 3.1.3 Calibradores. 3.1.4 Micrómetros. 3.1.5 Balanzas: - Pigmentos. - Balanzas de banda transportadora para caucho. - Productos Terminados. - Negro de humo. - Casa de cementos. 3.1.6 T.U.O 3.1.7 Termómetros. 3.2 Laboratorio. 3.2.1 Balanzas. 3.2.2 Absorbómetro de aceite. 3.2.3 Aparatos de destilación. 3.2.4 Frascos volumétricos. 3.2.5 Viscosímetro. 3.2.6 Punto de fusión. 3.2.7 Instron. 3.2.8 Reómetros. 3.2.9 Medidor de pH. 3.2.10 Determinación del peso específico. 3.2.11 Termómetros. 3.2.12 Micrómetros. 3.2.13 Dinamómetros. 3.3 Centro de pruebas. 3.3.1 Cintas para medir diámetro exterior. 3.3.2 Medidores de aire.	



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION POR EL METODO DEL RANGO.

Nº IC- 8.27

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 5

3.3.3 Ancho de sección.

4.0 EQUIPO Y PERSONAL NECESARIO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

4.1 Dos o tres operadores.

4.2 Formatos CC-230 y CC-231.

5.0 FRECUENCIA

Anual o cuando llegue equipo nuevo.

6.0 METODO

6.1 Método Corto

6.1.1 Dos operadores y un mínimo de cinco piezas son necesario. Referirse a los operadores como A, B y el número de piezas como 1-5.

6.1.2 El operador A medirá las cinco piezas en un orden al azar y registrará en el formato CC-230 bajo el operador A.

6.1.3 Repetir el paso 6.1.2 con el operador restante. Registrar bajo el operador B.

6.1.4 Restar el operador A menos el operador B para obtener el rango para cada pieza. Registrar como un valor absoluto (sin signo).

6.1.5 Calcular el rango promedio ($\bar{R}$). Sumar todos los rangos y dividir para el número de piezas.

6.1.6 Calcular la Repetibilidad y Reproducibilidad de medición.

$$GRR = \frac{5.15 (\bar{R})}{d^*}$$

Número de piezas .	Dos operadores d*
5	1.19
6	1.18
7	1.17
8	1.17
9	1.16
10	1.16

Nota: 5.156 representa el 99% del área bajo la curva normal.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION POR EL METODO DEL RANGO.

Nº IC- 8.27

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 3 DE 5

6.1.7 % de análisis de tolerancia.

$$\% \text{ GRR} = \frac{100 (\text{GRR})}{\text{Tolerancia}}$$

6.2 Método largo.

- 6.2.1 Son necesario diez piezas y dos o tres operadores. Referirse a operadores como A, B, C y el número de piezas como 1-10
- 6.2.2 El operador A medirá las 10 piezas en un orden al azar y registrará en el formato CC-231 bajo el operador A, ensayo 1
- 6.2.3 Repetir el paso 6.2.2 con el operador (es) restante.
- 6.2.4 Repetir los pasos 6.2.2 y 6.2.3 con las diez piezas para medir una segunda vez en un orden al azar. Registrar en el ensayo 2 bajo el operador apropiado.
- 6.2.5 De la hoja de trabajo para cada operador, substraer el ensayo 2 del ensayo 1 para cada pieza. Registrar el rango (R). El rango es un valor absoluto.
- 6.2.6 Sumar los rangos bajo cada operador y dividir para el número de piezas. Este es el rango promedio para el operador
- 6.2.7 Calcular el rango promedio total ($\bar{R}$) sumando $\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C$ y dividiendo para tres o el número de operadores usado.
- 6.2.8 Sumar las medidas de las piezas individual bajo cada operador para cada ensayo (ensayo 1 y ensayo 2); dividir la suma de los dos ensayos para veinte para obtener el promedio ($\bar{X}$) para cada operador.
- 6.2.9 Multiplicar el $\bar{R}$ obtenido en el paso 6.2.7 por D_4 (tabla para límite de control superior del rango) obteniendo el límite de control superior para el rango (LCS_R). ($\bar{R} \times D_4$). Si algunos rangos individual está fuera de este límite, repetir las lecturas o deshechar los valores y encontrar nuevas medias ($\bar{X}$) y rangos (R), y nuevo LCS_R .

<u>Nº Ensayos</u>	<u>D4</u>
2	3.27
3	2.58

- 6.2.10 Calcular la diferencia promedio ($\bar{X}_{diff}$) entre operadores por substracción del mínimo $\bar{X}$ obtenido en el paso 6.2.8 del máximo $\bar{X}$.
- 6.2.11 Calcular la Repetibilidad (Variación del Equipo).



ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION POR EL METODO DEL RANGO.

Nº IC- 8.27

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 4 DE 5

$$V.E. = \frac{\bar{R} (5.15)}{d_2}$$

Ensayos	Factor d_2
2	1.13
3	1.69

Nota: 5.156 representa el 99% del área bajo la curva normal.

6.2.12 Calcular la Reproducibilidad (Variación del operador).

$$\sqrt{[(\bar{x}_{dif}) (5.15/d^*)]^2 - [(V.E.)^2/(nr)]}$$

Operadores	Factores d^*
2	1.41
3	1.91

n = número de piezas

r = número de ensayos.

6.2.13 Calcular R&R.

$$R\&R = \sqrt{[(V.E.)^2 + (V.D.)^2]}$$

6.2.14 Los resultados de los estudios de medición serán evaluados para determinar si la medida es aceptable para su aplicación futura. La aceptabilidad del instrumento de medición depende en que % de tolerancia de la pieza es reflejado por el error de medición.

$$\% V.E. = 100 (V.E.) \div \text{Tolerancia}$$

$$\% V.D. = 100 (V.D.) \div \text{Tolerancia}$$

$$\% R\&R = 100 (R\&R) \div \text{Tolerancia.}$$

7.0 REGISTROS Y REPORTE

Registrar todos los resultados en el formato CC-230 o CC-231

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si R&R es menor o igual ($\leq$) a 30 %, aceptable.

8.2 Si R&R es mayor ($>$) a 30%, no es aceptable. Debería hacerse un esfuerzo para identificar y corregir el problema, entonces



ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION POR EL METODO DEL RANGO

N° IC-8.27

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 5 DE 5

reestudiar la medida.

8.3 Si % R&R no puede ser reducido a un aceptable nivel ($\leq 30\%$), entonces un plan de reemplazo para la medición debe ser formulado.

9.0 REFERENCIA

Adaptación del procedimiento 7.9 del TDQA PROCEDURE MANUAL.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION
(METODO CORTO)

FECHA: 86 - 03 - 2
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Peso (Kg)
PRODUCTO: Llantas

NOMBRE DEL EQUIPO: Balanza
EQUIPO N°: 631 - 02
TOLERANCIA: ± 0.228

PIEZAS	OPERADOR A	OPERADOR B	RANGO (A-B)
1	11,8	11,8	0
2	11,4	11,3	0,1
3	12,2	12,2	0
4	11,3	11,3	0
5	11,6	11,5	0,1
6	11,8	11,5	0,3
7	10,9	10,9	0
8	12,2	12,2	0
9	12	12	0
10	11,6	11,6	0
Σ RANGOS			0,5

Σ = SUMATORIO
n = Número de piezas

Piezas	d* para dos Operadores
5	1,19
6	1,18
7	1,17
8	1,17
9	1,16
10	1,16

$$\bar{R} = \frac{\Sigma R}{n} = \frac{0,5}{10} = 0,05$$

$$GRR = \frac{5,15 (\bar{R})}{d^*} = \frac{5,15 (0,05)}{1,16} = 0,222$$

$$\% GRR = 100 (GRR) \div TOLERANCIA = 100 (0,222) \div 0,456 = 48,68$$

OBSERVACIONES: Repetibilidad y Reproducibilidad no aceptable.



REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION
(METODO CORTO)

FECHA: 86 - 04 - 24
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Presión (psi)
PRODUCTO: Llanlas

NO:1BRE DEL EQUIPO: Medidor de Presión
EQUIPO N°:
TOLERANCIA: ± 2 psi

PIEZAS	OPERADOR A	OPERADOR B	RANGO (A-B)
1	32	32	0
2	38	38	0
3	45	45	0
4	45	45	0
5	45	45	0
6			
7			
8			
9			
10			
Σ RANGOS			0

Σ = SUMATORIO
n = Número de piezas

# Piezas	d* para dos Operadores
5	1,19
6	1,18
7	1,17
8	1,17
9	1,16
10	1,16

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = 0$$

$$GRR = \frac{5,15 (\bar{R})}{d^*} = 0$$

$$\% GRR = 100 (GRR) \div TOLERANCIA = 0$$

OBSERVACIONES: Repetibilidad y Reprodutibilidad aceptable.



REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION
(METODO LARGO)

FECHA:

86 - 04 - 28

ANALISTA:

J.O.

VARIABLE:

Ancho de sección (pulgadas)

PRODUCTO:

Llantas

NOMBRE DEL EQUIPO:

Medidor ancho secc.

EQUIPO Nº:

TOLERANCIA:

± 0.20"

OPERA-DOR.	A-			B-			C-		
Pieza *	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango
1	7,45	7,47	0,02	7,42	7,49	0,07	7,41	7,42	0,01
2	7,42	7,42	0,00	7,41	7,49	0,08	7,44	7,44	0,00
3	7,46	7,47	0,01	7,58	7,52	0,06	7,42	7,45	0,03
4	7,46	7,50	0,04	7,56	7,51	0,05	7,46	7,47	0,01
5	7,40	7,43	0,03	7,43	7,49	0,06	7,47	7,43	0,04
6	7,40	7,46	0,06	7,39	7,49	0,10	7,42	7,44	0,02
7	7,44	7,46	0,02	7,43	7,56	0,13	7,45	7,45	0,00
8	7,41	7,46	0,05	7,41	7,50	0,09	7,44	7,42	0,02
9	7,49	7,51	0,02	7,45	7,54	0,09	7,50	7,50	0,00
10	7,43	7,46	0,03	7,47	7,57	0,10	7,46	7,44	0,02
SUMA	74,36	74,64	0,28	74,55	75,16	0,83	74,47	74,46	0,15
	SUMA	149		SUMA	149,71		SUMA	148,93	
	$\bar{X}_A$	7,45		$\bar{X}_B$	7,4855		$\bar{X}_C$	7,4465	
	R_A	0,028		R_B	0,083		R_C	0,015	

$\bar{R}$

=

0,042

VE

=

0,191

% VE

=

47,75

LC SR

=

0,137

VO

=

0,09609

% VO

=

24,02

$\bar{X}$ dif.

=

0,039

R&R

=

0,2138

% R&R

=

53,45

OBSERVACIONES:

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.27

a) Cálculo del rango promedio ($\bar{R}$)

$$\bar{R} = \frac{\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C}{\text{* Operadores}} = \frac{0,028 + 0,083 + 0,015}{3} = 0,042$$

b) Cálculo del límite de control superior para el rango (LCS_R)

$$LCS_R = (\bar{R}) * (D_4) = 0,042 * 3,27 = 0,137$$

c) Cálculo de la diferencia promedio entre operadores ($\bar{X}_{dif}$)

$$\bar{X}_{dif} = \text{Max. } \bar{X} - \text{Min. } \bar{X} = 7,4855 - 7,4465 = 0,039$$

d) Cálculo de la Repetibilidad - Variación del equipo (V.E)

$$V.E. = \frac{\bar{R} (5,15)}{d_2} = \frac{0,0422 * 5,15}{1,13} = 0,191$$

e) Cálculo de la Reproducibilidad - Variación de Operador (V.O.)

$$V.O. = \sqrt{[(\bar{X}_{dif}) (5,15/d^*)]^2 - [(V.E.)^2/(n*r)]}$$

$$V.O. = \sqrt{[(0,039)(5,15/1,91)]^2 - [(0,191)^2/(10*2)]}$$

$$V.O. = 0,09609$$

f) Cálculo de la Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)

$$R\&R = \sqrt{(V.E.)^2 + (V.O.)^2}$$

$$R\&R = \sqrt{(0,191)^2 + (0,09609)^2} = 0,2138$$

g) Cálculo de % variación del equipo (% V.E.)

$$\% V.E. = 100 (V.E.) + \text{Tolerancia}$$

$$\% \text{ V.E.} = 100 (0,191) + 0,40 = 47,75$$

h) Cálculo de % Variación de operador (% V.O.)

$$\% \text{ V.O.} = 100(\text{V.O.}) + \text{Tolerancia}$$

$$\% \text{ V.O.} = 100 (0,09609) + 0,40 = 24,02$$

i) Cálculo de % Repetibilidad y Reproducibilidad (% R&R)

$$\% \text{ R\&R} = 100 (\text{R\&R}) + \text{Tolerancia}$$

$$\% \text{ R\&R} = 100 (0,2138) + 0,40 = 53,45$$

j) Como 53,45 es mayor (>) a 30 %, no es aceptable la medición.



REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION
(METODO LARGO)

FECHA: 06 - 03 - 12
ANALISTA: J.O.-R.M. - V.A.
VARIABLE: Peso (Kg.)
PRODUCTO: Llantas

NOMBRE DEL EQUIPO: Balanza
EQUIPO N°:
TOLERANCIA: ± 0,355

OPERA- DOR.	A-			B-			C-		
Pieza	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango
1	18,30	18,30	0	18,30	18,30	0			
2	17,70	17,70	0	17,70	17,70	0			
3	18,00	18,00	0	18,00	18,00	0			
4	18,50	18,50	0	18,50	18,50	0			
5	18,60	18,60	0	18,60	18,60	0			
6	18,40	18,40	0	18,50	18,50	0			
7	17,40	17,40	0	17,30	17,30	0			
8	17,50	17,50	0	17,50	17,50	0			
9	17,80	17,80	0	17,70	17,70	0			
10	18,00	18,00	0	18,00	18,00	0			
SUMA	180,20	180,20	0	180,10	180,10	0			
	SUMA	360,40		SUMA	360,20		SUMA		
	$\bar{x}_A$	18,02		$\bar{x}_B$	18,01		$\bar{x}_C$		
	R_A	0		R_B	0		R_C		

$\bar{R}$ = 0
VE = 0
% VE = 0

L.C.S.R= 0
V.O = 0,0365
% V.O = 5,14

$\bar{x}$ dif. = 0,01
R&R = 0,0365
% R&R= 5,14

OBSERVACIONES Repebilitad y Reproducibilidad aceptable.



ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION UTILIZANDO TECNICAS DE ANALISIS DE VARIANZA.

Nº IC- 8.28

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 1 DE 4

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para la determinación de Repetibilidad y Reproducibilidad de medición de un instrumento.

2.0 LUGAR

En la respectiva área del instrumento de medición.

3.0 EQUIPO A REALIZARSE EL ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

3.1 Planta.

3.1.1 Cintas de medición.

3.1.2 Reglas de acero.

3.1.3 Calibradores.

3.1.4 Micrómetros

3.1.5 Balanzas:

- Pigmentos.
- Balanzas de banda transportadora para caucho.
- Productos terminados.
- Negro de humo.
- Casa de cementos.

3.1.6 TUO.

3.1.7 Termómetros.

3.2 Laboratorio.

3.2.1 Balanzas.

3.2.2 Absorbómetro de aceite.

3.2.3 Aparatos de destilación.

3.2.4 Frascos volumétricos.

3.2.5 Viscosímetro.

3.2.6 Punto de fusión.

3.2.7 Instron.

3.2.8 Reómetros.

3.2.9 Medidor de pH.

3.2.10 Determinación del peso específico.

3.2.11 Termómetros.

3.2.12 Micrómetros.

3.2.13 Dinamómetros.

3.3 Centro de pruebas.

3.3.1 Cintas para medir diámetro exterior.

3.3.2 Medidores de aire.



Página 177
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION UTILIZANDO TECNICAS DE ANALISIS DE VARIANZA.

N° IC- 6.28

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 2 DE 4

3.3.3 Ancho de sección.

4.0 EQUIPO Y PERSONAL NECESARIO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

4.1 Dos o tres operadores.

4.2 Formato CC-232.

5.0 FRECUENCIA

Anual o cuando llegue equipo nuevo.

6.0 METODO

6.1 Son necesarios diez piezas y dos o tres operadores. Referirse a operadores como A, B, C, y número de piezas como 1-10.

6.2 El operador A medirá las diez piezas en un orden al azar y registrará en el formato bajo el operador A, ensayo 1.

6.3 Repetir el paso 6.2 con el operador (es) restante.

6.4 Repetir los pasos 6.2 y 6.3 con las diez piezas para medir una segunda vez en un orden al azar. Registrar en el ensayo 2 bajo el operador apropiado.

7.0 CALCULOS

7.1 Calcular la suma total de cada fila (piezas).

$R_1, R_2, \text{-----}, R_r$

En donde :

r = número de piezas.

7.2 Calcular la suma total de cada columna (operadores).

$C_1, C_2, \text{-----}, C_c$

En donde:

c = número de operadores.

7.3 Calcular la suma total dentro de los ensayos.

$W_{11}, W_{12}, \text{-----}, W_{rc}$

7.4 Calcular la suma general.

$T = R_1 + R_2 + \text{-----} + R_r$



ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION UTILIZANDO TECNICAS DE ANALISIS DE VARIANZA.

N° IC- 8.28

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 3 DE 4

7.5 Calcular la suma de los cuadrados no corregida (suma de los cuadrados de todos los datos).

$$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{v=1}^n x_{ijv}^2 = x_{111}^2 + x_{112}^2 + \text{-----} + x_{rcn}^2$$

En donde:

n = número de ensayos..

7.6 Calcular la suma de cuadrados entre columnas no corregida.

$$\sum_{j=1}^c \frac{C_j^2}{r.n} = \frac{(C_1^2 + C_2^2 + \text{-----} + C_c^2)}{r.n}$$

7.7 Calcular la suma de cuadrados entre filas no corregida.

$$\sum_{i=1}^r \frac{R_i^2}{c.n} = \frac{(R_1^2 + R_2^2 + \text{-----} + R_r^2)}{c.n}$$

7.8 Calcular la suma de cuadrados entre combinaciones no corregida

$$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{W_{ij}^2}{n} = \frac{(W_{11}^2 + W_{12}^2 + \text{-----} + W_{rc}^2)}{n}$$

7.9 Calcular el factor de corrección debido a la media.

$$\frac{T^2}{r.c.n}$$

De los valores anteriores calcule:

$$7.10 \text{ SS}_4 = (7.6) - (7.9)$$

$$7.11 \text{ SS}_3 = (7.7) - (7.9)$$

$$7.12 \text{ SS}_1 = (7.5) - (7.8)$$

$$7.13 \text{ SS} = (7.5) - (7.9)$$

$$7.14 \text{ SS}_2 = \text{SS} - \text{SS}_1 - \text{SS}_3 - \text{SS}_4$$

Calcular los valores del cuadrado medio (varianza de la muestra) de la siguiente manera:

$$7.15 \text{ SS}^*_4 = \text{SS}_4 / (c-1)$$

$$7.16 \text{ SS}^*_3 = \text{SS}_3 / (r-1)$$

$$7.17 \text{ SS}^*_2 = \text{SS}_2 / (r-1)(c-1)$$

$$7.18 \text{ SS}^*_1 = \text{SS}_1 / rc(n-1)$$

$$7.19 \text{ SS}^* = \text{SS} / (rcn-1)$$

Calcular el cuadrado medio esperado (varianza de la población) de la siguiente manera:

$$7.20 \text{ Varianza del equipo } (\sigma^2) = \text{SS}^*_1.$$



ASUNTO: REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE MEDICION UTILIZANDO TECNICAS DE ANALISIS DE VARIANZA.

Nº IC- 8.28

FECHA: Abril 1986

PAGINA: 4 DE 4

$$7.21 \text{ Varianza de operadores } (\sigma_y^2) = \frac{SS^*_4 - SS^*_2}{r.n}$$

Si algunos de estos estimadores toma un valor negativo, el estimado se hace igual a cero ($\sigma^2 = 0$ y $\sigma_y^2 = 0$).

Calcular la Repetibilidad y Reproducibilidad de la siguiente manera:

$$7.22 \text{ Variación del equipo (Repetibilidad)} = 5.15 \sqrt{\sigma^2}$$

$$7.23 \text{ Variación de operadores (Reproducibilidad)} = 5.15 \sqrt{\sigma_y^2}$$

$$7.24 \text{ R\&R} = \sqrt{[(V.E.)^2 + (V.O.)^2]}$$

7.25 Análisis de % de tolerancia.

$$\% \text{ V.E.} = 100 (V.E.) \div \text{TOLERANCIA DE LAS PIEZAS}$$

$$\% \text{ V.O.} = 100 (V.O.) \div \text{TOLERANCIA DE LAS PIEZAS}$$

$$\% \text{ R\&P} = 100 (R\&R) \div \text{TOLERANCIA DE LAS PIEZAS}$$

Nota: 5.15 representa el 99% del área bajo la curva normal.

8.0 REGISTROS Y REPORTE.

Todos los resultados registrar en el formato CC-232

9.0 ACCION CORRECTIVA

9.1 Si % R&R es menor o igual ($\leq$) a 30%, aceptable.

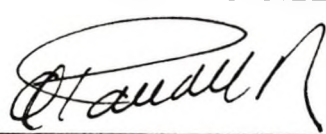
9.2 Si % R&R es mayor ($>$) a 30%, no es aceptable. Debería hacerse un esfuerzo para identificar y corregir el problema, luego reestudiar la medida.

9.3 Si % R&R no puede ser reducido a un aceptable nivel ($\leq 30\%$), entonces un plan para reemplazar la medición debe ser formulado.

PREPARADO POR


Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR


Ing. Arturo Paredes R.



**REPETIBILIDAD Y REPROCIBILIDAD DE MEDICION
(METODO DE ANALISIS DE VARIANZA)**

FECHA: 86 - 04 - 28
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Ancho de sección (pulgadas)
PRODUCTO: Llantas

NOMBRE DEL EQUIPO: Medidor ancho sección
EQUIPO N°: _____
TOLERANCIA: ± 0,20 pulgadas

OPERA- DOR	A-			B-			C-			TOTAL
Pieza	Ensayo 1	Ensayo 2	Σ(1+2)	Ensayo 1	Ensayo 2	Σ(1+2)	Ensayo 1	Ensayo 2	Σ(1+2)	Σ (1+2)
1	7,45	7,47	14,92	7,42	7,49	14,91	7,41	7,42	14,83	44,66
2	7,42	7,42	14,84	7,41	7,49	14,90	7,44	7,44	14,88	44,62
3	7,46	7,47	14,93	7,58	7,52	15,10	7,42	7,45	14,87	44,90
4	7,46	7,50	14,96	7,56	7,51	15,07	7,46	7,47	14,93	44,96
5	7,40	7,43	14,83	7,43	7,49	14,92	7,47	7,43	14,90	44,65
6	7,40	7,46	14,86	7,39	7,49	14,88	7,42	7,44	14,86	44,60
7	7,44	7,46	14,90	7,43	7,56	14,99	7,45	7,45	14,90	44,79
8	7,41	7,46	14,87	7,41	7,50	14,91	7,44	7,42	14,86	44,64
9	7,49	7,51	15,00	7,45	7,54	14,99	7,50	7,50	15,00	44,99
10	7,43	7,46	14,89	7,47	7,57	15,04	7,46	7,44	14,90	44,83
SUMA	74,36	74,64	149,00	74,55	75,16	149,71	74,47	74,46	148,93	447,64
	SUMA	149,00		SUMA	149,71		SUMA	148,93		

V.E = 0,1981

V.O. = 0,1055

R & R = 0,2244

% V.E = 49,53

% V.O = 26,38

% R&R = 56,1

OBSERVACIONES: _____

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.28

a) Del formato obtenemos los siguientes valores:

$$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10} = 44,66; 44,62; 44,90; 44,96; \\ 44,65; 44,60; 44,79; 44,64; \\ 44,99; 44,83$$

$$C_1, C_2, C_3 = 149,00; 149,71; 148,93$$

$$W_{11}, W_{21}, \dots, W_{103} = 14,92; 14,84; \dots; 14,90$$

$$T = R_1 + R_2 + \dots + R_{10} = 447,64$$

b) Cálculo de la suma de los cuadrados no corregida (suma de cuadrados de todos los datos).

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^3 \sum_{v=1}^2 X_{ijv}^2 = 7,45^2 + 7,47^2 + \dots + 7,44^2 = 3339,8064$$

c) Cálculo de la suma de cuadrados entre columnas no corregida.

$$\sum_{j=1}^3 \frac{C_j^2}{10 \cdot 2} = \frac{149,00^2 + 149,71^2 + 148,93^2}{10 \cdot 2} = 3339,7115$$

d) Cálculo de la suma de cuadrados entre filas no corregida.

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{R_i^2}{3 \cdot 2} = \frac{44,66^2 + 44,62^2 + \dots + 44,83^2}{3 \cdot 2} = 3339,7261$$

e) Cálculo de la suma de cuadrados entre combinaciones no corregida.

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^3 \frac{W_{ij}^2}{2} = \frac{14,92^2 + 14,84^2 + \dots + 14,90^2}{2} = 3339,762$$

f) Cálculo del factor de corrección debido a la media

$$\frac{T^2}{10 \cdot 3 \cdot 2} = \frac{447,64^2}{10 \cdot 3 \cdot 2} = 3339,6928$$

$$g) SS_4 = 3339,7115 - 3339,6928 = 0,0187$$

$$h) SS_3 = 3339,7261 - 3339,6928 = 0,0333$$

$$i) SS_1 = 3339,8064 - 3339,762 = 0,0444$$

$$j) SS = 3339,8064 - 3339,6928 = 0,1136$$

$$k) SS_2 = 0,1136 - 0,0444 - 0,0333 - 0,0187 = 0,0172$$

l) Cálculo del cuadrado medio

$$SS^*_4 = \frac{0,0187}{2} = 0,00935$$

$$SS^*_3 = \frac{0,0333}{9} = 0,0037$$

$$SS^*_2 = \frac{0,0172}{9*2} = 0,00096$$

$$SS^*_1 = \frac{0,0444}{10*3*1} = 0,00148$$

$$SS^* = \frac{0,1136}{(10*3*2-1)} = 0,00193$$

m) Cálculo de las varianzas.

$$\text{Varianza del equipo } (\sigma^2) = 0,00148$$

$$\text{Varianza de operadores } (\sigma_y^2) = \frac{0,00935 - 0,00096}{10*2} = 0,00042$$

n) Cálculo de Repetibilidad y Reproducibilidad

$$\text{Repetibilidad (V.E.)} = 5.15 \sqrt{0,00148} = 0,1981$$

$$\text{Reproducibilidad (V.O.)} = 5.15 \sqrt{0,00042} = 0,1055$$

$$\text{R\&R} = \sqrt{0,1981^2 + 0,1055^2} = 0,2244$$

o) Análisis de % de tolerancia

$$\% \text{ V.E.} = \frac{100 * 0,1981}{0,40} = 49,53$$

$$\% \text{ V.O.} = \frac{100 * 0,1055}{0,40} = 26,38$$

$$\% \text{ R\&R} = \frac{100 * 0,2244}{0,40} = 56,1$$

CONCLUSION: Debido a que 56,1 es mayor (>) a 30 %, R&R no es aceptable.

En el Anexo F se da un programa para computadora en language BASIC sistema 34 para realizar estos cálculos de acuerdo al procedimiento IC-8.28 A continuación se da una corrida de este programa para este ejemplo.

```
*****  
* METROLOGIA *  
* -CONTROL DE CALIDAD- *  
* ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD *  
* DE MEDICION *  
*****
```

EQUIPO: MED. ANCHO-SECCION

REPETIBILIDAD(VARIACION DEL EQUIPO)= .198124
REPRODUCIBILIDAD(VARIACION DE OPERADORES)= .103357
REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD(R&R)= .223464

ANALISIS DE % TOLERANCIA

% VARIACION DEL EQUIPO= 49.5311
% VARIACION DE OPERADORES= 25.8393
% R&R= 55.8659
REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD NO ES ACEPTABLE



REPETIBILIDAD Y REPROCIBILIDAD DE MEDICION
(METODO DE ANALISIS DE VARIANZA)

FECHA: 06 - 03 - 12
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Peso (Kilogramos)
PRODUCTO: Llantas

NOMBRE DEL EQUIPO: Balanza
EQUIPO Nº: 631 - 02
TOLERANCIA: ± 0,355 kilogramos

OPERA- DOR	A-			B-			C-			TOTAL
Pieza •	Ensayo 1	Ensayo 2	Σ(1+2)	Ensayo 1	Ensayo 2	Σ(1+2)	Ensayo 1	Ensayo 2	Σ(1+2)	Σ (1+2)
1	18,30	18,30	36,60	18,30	18,30	36,60				73,20
2	17,70	17,70	35,40	17,70	17,70	35,40				70,80
3	18,00	18,00	36,00	18,00	18,00	36,00				72,00
4	18,50	18,50	37,00	18,50	18,50	37,00				74,00
5	18,60	18,60	37,20	18,60	18,60	37,20				74,40
6	18,40	18,40	36,80	18,50	18,50	37,00				73,80
7	17,40	17,40	34,80	17,30	17,30	34,60				69,40
8	17,50	17,50	35,00	17,50	17,50	35,00				70,00
9	17,80	17,80	35,60	17,70	17,70	35,40				71,00
10	18,00	18,00	36,00	18,00	18,00	36,00				72,00
SUMA	180,20	180,20	360,40	180,10	180,10	360,20				720,60
	SUMA	360,4		SUMA	360,20		SUMA			

V.E = 0 V.O. = 0 R & R = 0
Σ V.E = 0 Σ V.O. = 0 Σ R & R = 0

OBSERVACIONES: _____

EJEMPLO Nº 2 DEL PROCEDIMIENTO IC-8.28

a) Del formato obtenemos los siguientes valores:

$$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10} = 73,2; 70,8; 72,0; 74,0; 74,4; \\ 73,8; 69,4; 70,0; 71,0; 72,0$$

$$C_1, C_2 = 360,4; 360,2$$

$$W_{11}, W_{21}, \dots, W_{102} = 36,6; 35,4; \dots; 36,0$$

$$T = R_1 + R_2 + \dots + R_{10} = 720,6$$

b) Cálculo de la suma de los cuadrados no corregida (suma de cuadrados de todos los datos).

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^2 \sum_{v=1}^2 X_{ijv}^2 = 18,3^2 + 17,7^2 + \dots + 18,0^2 = 12988,54$$

c) Cálculo de la suma de cuadrados entre columnas no corregida.

$$\sum_{j=1}^2 \frac{C_j^2}{10 \cdot 2} = \frac{360,4^2 + 360,2^2}{10 \cdot 2} = 12981,61$$

d) Cálculo de la suma de cuadrados entre filas no corregida.

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{R_i^2}{2 \cdot 2} = \frac{73,2^2 + 70,8^2 + \dots + 72,0^2}{2 \cdot 2} = 12988,51$$

e) Cálculo de la suma de cuadrados entre combinaciones no corregida.

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^2 \frac{W_{ij}^2}{2} = \frac{36,6^2 + 35,4^2 + \dots + 36,0^2}{2} = 12988,54$$

f) Cálculo del factor de corrección debido a la media

$$\frac{T^2}{10 \cdot 2 \cdot 2} = \frac{720,6^2}{10 \cdot 2 \cdot 2} = 12981,609$$

$$g) SS_4 = 12981,61 - 12981,609 = 0,001$$

$$h) SS_3 = 12988,51 - 12981,609 = 6,901$$

$$i) SS_1 = 12988,54 - 12988,54 = 0$$

$$j) SS = 12988,54 - 12981,609 = 6,931$$

$$k) SS_2 = 6,931 - 0 - 6,901 - 0,001 = 0,029$$

l) Cálculo del cuadrado medio

$$SS^*_4 = \frac{0,001}{1} = 0,001$$

$$SS^*_3 = \frac{6,901}{9} = 0,7668$$

$$SS^*_2 = \frac{0,029}{9*1} = 0,00322$$

$$SS^*_1 = 0$$

$$SS^* = \frac{6,931}{(10*2*2-1)} = 0,1777$$

m) Cálculo de las varianzas.

$$\text{Varianza del equipo } (\sigma^2) = 0$$

$$\text{Varianza de operadores } (\sigma_y^2) = \frac{0,001 - 0,00322}{10*2} = -0,000111$$

Debido a que el valor de σ_y^2 es negativo hacemos $\sigma_y^2 = 0$

De lo cual obtenemos:

Repetibilidad (V.E.) = 0

Reproducibilidad (v.O.) = 0

R&R = 0

% V.E. = 0

% V.O. = 0

% R&R = 0

CONCLUSION: Debido a que 0 es menor (<) a 30 %, R&R aceptable. A continuación se da los cálculos realizados en el programa del Anexo F.

```

*****
* METROLOGIA *
* -CONTROL DE CALIDAD- *
* ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD *
* DE MEDICION *
*****

```

EQUIPO BALANZA 631-02

n

REPETIBILIDAD(VARIACION DEL EQUIPO)= 0
 REPRODUCIBILIDAD(VARIACION DE OPERADORES)= 0
 REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD(R&R)= 0

ANALISIS DE % TOLERANCIA

% VARIACION DEL EQUIPO= 0
 % VARIACION DE OPERADORES= 0
 0% R&R= 0
 REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD ACEPTABLE



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: ANALISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION.

Nº IC- 8.29

FECHA: Mayo 1986

PAGINA 1 DE 3

1.0 PROPOSITO

Establecer un procedimiento para la determinación de Repetibilidad de equipos de medición en base a una muestra aleatoria.

2.0 LUGAR

En la respectiva área del equipo.

3.0 EQUIPO A REALIZARSE EL ESTUDIO DE REPETIBILIDAD

Cualquier tipo de equipo de medición. Con la condición que existan mínimo cuatro similares que midan productos con tolerancia igual.

4.0 EQUIPO NECESARIO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE REPETIBILIDAD.

Formato CC-233

5.0 FRECUENCIA

Anual o cuando llegue equipo nuevo.

6.0 METODO

6.1 Extraer una muestra aleatoria de mínimo cuatro equipos similares. Referirse a equipos como A, B, C, D, etc.

6.2 Realizar mínimo cinco mediciones consecutivas en cada equipo A, B, C, D, etc. Registrar estas lecturas.

7.0 CALCULOS

7.1 Calcular la suma total de las mediciones de cada equipo.

$$R_1, R_2, \dots, R_r$$

r = Número de equipos

7.2 Calcular el total general.

$$T = R_1 + R_2 + \dots + R_r$$

7.3 Calcular la suma total de cuadrados no corregida (suma de los cuadrados de todos los datos).

$$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c x_{ij}^2 = x_{11}^2 + x_{12}^2 + \dots + x_{rc}^2$$

c = Número de mediciones repetidas.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: ANALISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION.

N° IC- 8.29

FECHA: Mayo 1986

PAGINA: 2 DE 3

7.4 Calcular la suma de cuadrados entre equipos no corregida.

$$\sum_{i=1}^r \frac{R^2_{j_i}}{c} = \frac{(R^2_1 + R^2_2 + \text{-----} + R^2_r)}{c}$$

7.5 Calcular el factor de corrección debido a la media = T^2/rc . De las cantidades dadas arriba calcule:

7.6 $SS_3 = (7.4) - (7.5)$

7.7 $SS = (7.3) - (7.5)$

7.8 $SS_2 = SS - SS_3$

Calcular los valores del cuadrado medio (varianza de muestra) de la siguiente manera:

7.9 $SS^*_3 = SS_3/(r-1)$

7.10 $SS^*_2 = SS_2/ r(c-1)$

7.11 $SS^* = SS/(rc-1)$.

Calcular el cuadrado medio esperado (Varianza de la población) de la siguiente manera:

7.12 Varianza del equipo (σ^2) = SS^*_2

7.13 Varianza entre equipos (σ_q^2) = $(SS^*_3 - SS^*_2/c)$. Si este valor sale negativo, se toma como cero.

7.14 Variación dentro de equipos (Repetibilidad) = $6\sqrt{\sigma^2}$

7.15 Análisis de % de tolerancia.

$$\% \text{ REPETIBILIDAD} = \frac{100 \times 6 \sqrt{\sigma^2}}{\text{TOLERANCIA DEL PRODUCTO}}$$

Nota: 6σ representa el 99.73% del área bajo la curva normal.

8.0 REGISTROS Y REPORTE

Todos los resultados registrar en el formato CC-233

9.0 ACCION CORRECTIVA

9.1 Si % V.E. es menor o igual ($\leq$) a 25%, aceptable la población de equipos.

9.2 Si % V.E. es mayor ($>$) a 25%, no es aceptable la población de equipos, Debe hacerse un esfuerzo para identificar y corregir el problema, entonces reestudiar los equipos.

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS****INGENIERIA DE CALIDAD**

ASUNTO: ANALISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION.

N° IC- 8.29

FECHA: Mayo 1986

PAGINA: 3 DE 3

9.3 Si % V.E. no puede ser reducido a un nivel aceptable ($\leq 30\%$), entonces un plan de reemplazo del equipo debería ser formulado.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



ANALISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR
REPETIBILIDAD DE EQUIPOS

FECHA: 86 - 05 - 14
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Tiempo (segundos)

NOMBRE DEL EQUIPO: Timers
TOLERANCIA: ± 21 segundos

EQUIPO	L E C T U R A S										SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	-4,2	-4,2	-4,2	-3	-3,6	-3,6					-22,8
B	0	-0,6	-0,6	-0,6	0	-0,6					-2,4
C	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	0					-2,4
D	1,8	1,8	1,8	3,0	3,0	3,0					14,4
E											
F											
SUMA											-13,2

REPETIBILIDAD = 2,78855
% REPRODUCIBILIDAD = 6,6394

OBSERVACIONES:

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO IC-8.29

a) Del formato obtenemos los siguientes valores

$$R_1, R_2, R_3, R_4 = -22,8; -2,4; -2,4; 14,4$$

$$T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = -13,2$$

b) Cálculo de la suma total de cuadrados no corregida (suma de los cuadrados de todos los datos).

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^6 x_{ij}^2 = (-4,2)^2 + (-4,2)^2 + \dots (3,0)^2 = 127,44$$

c) Cálculo de la suma de cuadrados entre equipos no corregida.

$$\frac{\sum_{i=1}^4 R_i^2}{6} = \frac{(-22,8)^2 + (-2,4)^2 + (-2,4)^2 + (14,4)^2}{6} = 123,12$$

d) Cálculo del factor de corrección debido a la media.

$$\frac{T^2}{4 \cdot 6} = \frac{(-13,2)^2}{4 \cdot 6} = 7,26$$

$$e) SS_3 = 123,12 - 7,26 = 115,86$$

$$f) SS = 127,44 - 7,26 = 120,18$$

$$g) SS_2 = 120,18 - 115,86 = 4,32$$

h) Cálculo del cuadrado medio esperado

$$SS^*_3 = \frac{115,86}{(4-1)} = 38,62$$

$$SS^*_2 = \frac{4,32}{4(6-1)} = 0,216$$

$$SS^* = \frac{120,18}{(4*6-1)} = 5,2252$$

i) Cálculo de las varianzas

$$\text{Varianza del equipo } (\sigma^2) = 0,216$$

$$\text{Varianza entre equipos } (\sigma^2) = \frac{(38,62 - 0,216)}{6} = 6,40067$$

j) Cálculo de la Repetibilidad

$$\text{Repetibilidad} = 6 \times \sqrt{0,216} = 2,78855$$

k) Análisis de % Tolerancia

$$\% \text{ Repetibilidad} = \frac{100 * 2,78855}{42} = 6,6394$$

CONCLUSION: Debido a que 6,6394 es menor (<) 25 %, aceptable la población de equipos.

En el Anexo G se da un programa para computadora en language BASIC sistema 34 para realizar estos cálculos de acuerdo al procedimiento IC-8.29. A continuación se da una corrida de este programa para este ejemplo:

```
*****
*                               *
*               METROLOGIA      *
*          -CONTROL DE CALIDAD-  *
* ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION*
*****
```

EQUIPO=TIMERS

VARIANZA DEL EQUIPO= .216

VARIANZA ENTRE EQUIPOS= 6.40067

REPETIBILIDAD(VARIACION DEL EQUIPO)= 2.78855

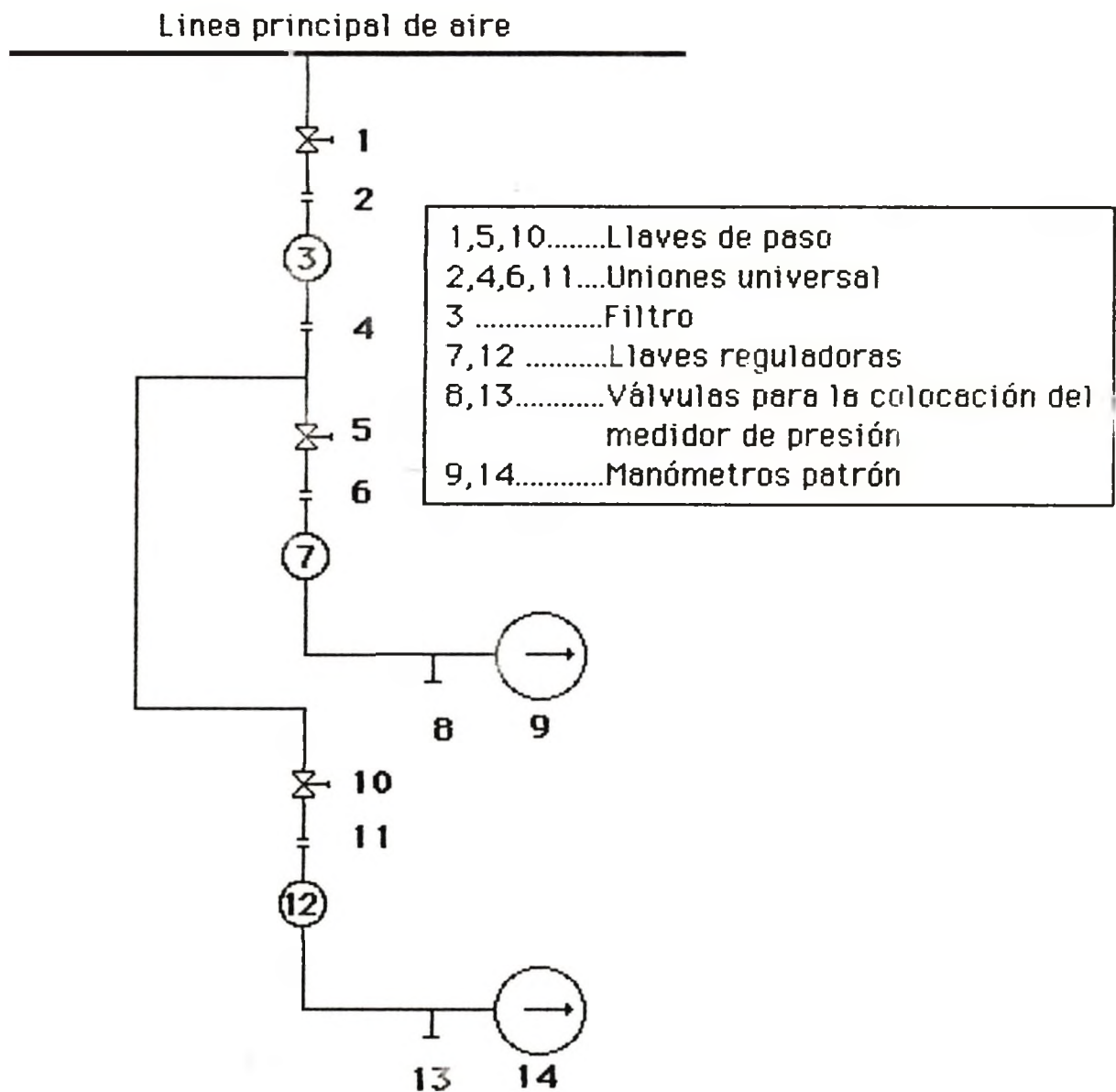
ANALISIS DE % TOLERANCIA

% VARIACION DEL EQUIPO= 6.6394

REPETIBILIDAD ACEPTABLE PARA LA POBLACION DE EQUIPOS

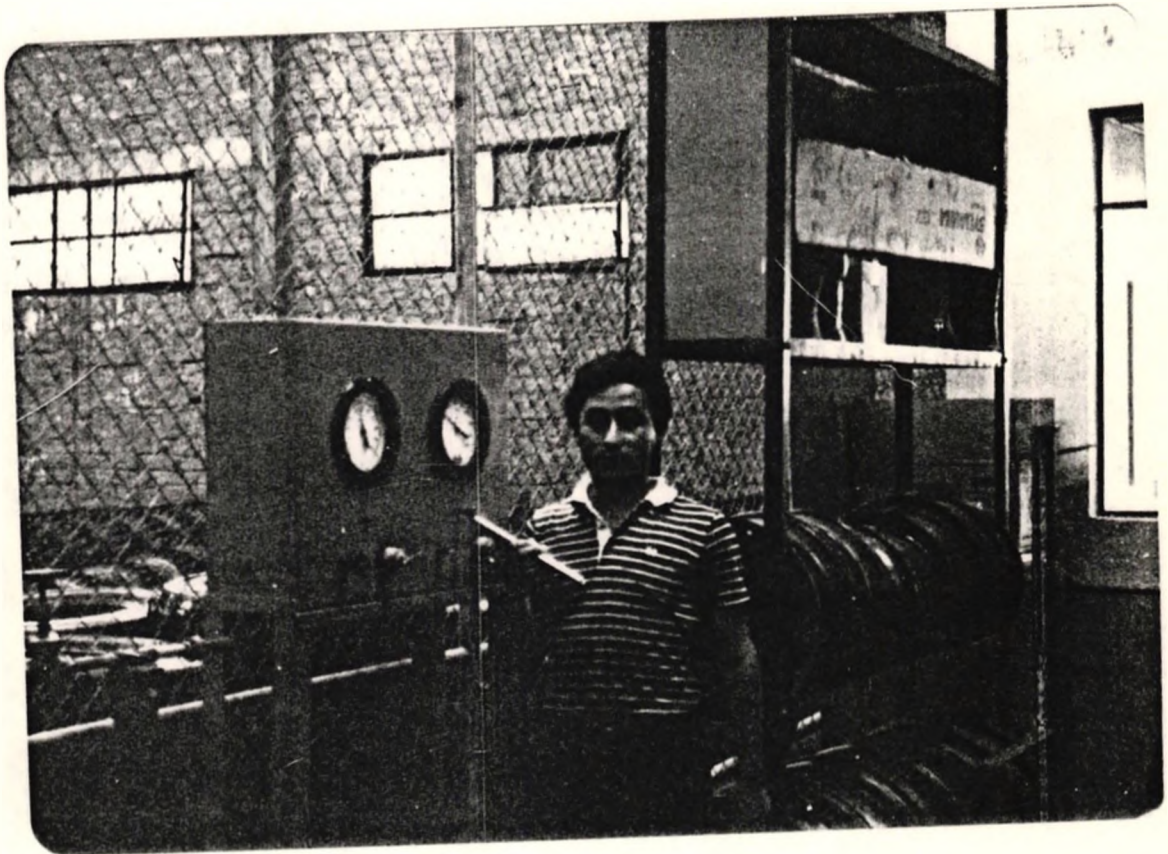
CAPITULO IV

TRABAJO PRACTICO



INSTALACIONES DEL TABLERO MAESTRO

TABLERO MAESTRO





MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
INGENIERIA DE CALIDAD

ASUNTO: METROLOGIA DE LOS MEDIDORES
DE PRESION DE AIRE DE LLANTAS

N° IC- 8.8

FECHA: Mayo 1986

PAGINA: 2 DE 2

7.2 Los resultados registrar en la tarjeta "CALIBRACION DE APARATOS" formato CC-186 y en la "TARJETA DE CALIBRACION" formato CC-187 registrar la fecha de la próxima inspección.

8.0 ACCION CORRECTIVA

8.1 Si las lecturas obtenidas indican fuera de tolerancia, el Jefe o Ingeniero de Calidad determinará si se ajusta sus lecturas o se hace deshecho o se manda a reparar mediante una orden de trabajo a Ingeniería de Planta.

8.2 La reparación será aceptada si al repetir el método de calibración, las lecturas obtenidas estén dentro de tolerancia.

Nota: También puede chequearse la calibración del medidor de acuerdo al procedimiento IC- 8.26.

PREPARADO POR

Jairo Orellana L.

REVISADO Y APROBADO POR

Ing. Arturo Paredes R.



**COMPROBACIONES DE CALIBRACION
DE EQUIPOS DE MEDICION**

FECHA: 86 - 05 - 22
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Presión (PSI)
CAPACIDAD: 100 PSI

NOMBRE DEL EQUIPO: Med. de presión
EQUIPO N°: _____
EQUIPO PATRON: Tablero Maestro
MIN.GRADUACION: _____

Medición N°	PATRON	L E T U R A S						ERROR	TOLE- RANCIA
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
1	10	9						-1	±1
2	20	20						0	±1
3	30	30						0	±1
4	40	41						1	±1
5	50	51						1	±1
6	60	61						1	±1
7	70	71						1	±1
8	80	81						1	±1
9	90	91						1	±1
10	100	101						1	±1
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

APROBADO: X

RECHAZADO:

OBSERVACIONES: _____



AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE MEDICION

FECHA: 86 - 05 - 08
ANALISTA: J.O.
VARIABLE: Presión (psi)

NOMBRE DEL EQUIPO: Medidor de Presión
EQUIPO N°:
EQUIPO PATRON: Tablero Maestro

MEDICION N°	PATRON (X)	LECTURA (Y)	XY	X ²	Y ²	(X- $\bar{X}$) ²	$\bar{Y}$	(Y- $\bar{Y}$) ²
1	15	14						
2	20	18,5						
3	25	23						
4	30	28						
5	35	33						
6	40	38						
7	45	42						
8	50	46						
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
Sumatorio								

$$a = 0,0178571$$

$$b = 0,932143$$

$$\bar{Y} = 0,0178571 + 0,932143 \cdot X$$

$$r = 0,99938$$

$$S_{y/x} =$$

$$|t| = 5,05792$$

$$\alpha = 0,05$$

$$t_{\alpha/2; n-2} = 2,447$$

APROBADO:

RECHAZADO: X

OBSERVACIONES: Ejemplo de acuerdo al procedimiento IC- 8.26

```
*****
*               METROLOGIA               *
*      -CONTROL DE CALIDAD-              *
*  AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION  *
*  DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *
*****
```

INSTRUMENTO: MEDIDOR DE PRESION

D A T O S

X(I)	Y(I)
15	14
20	18.5
25	23
30	28
35	33
40	38
45	42
50	46

R E S U L T A D O S

COEFICIENTE DE CORRELACION R= .99938

ECUACION: $Y = .0178571 + .932143 * X$

RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T
CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: 95 %

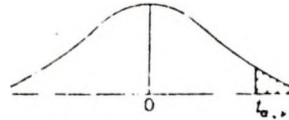
T CALCULADO=-5.05792

T TEORICO= 2.447

CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION

ANEXOS

Puntos porcentuales de la distribución t*
Tabla de $t_{\alpha, v}$ el punto porcentual 100α de la distribución t
para v grados de libertad



v	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	630.62
2	.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	23.326	31.598
3	.277	.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.213	12.924
4	.271	.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	.267	.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	.265	.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	.263	.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	.262	.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	.261	.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	.260	.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	.260	.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	.259	.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	.259	.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	.258	.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	.258	.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	.258	.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	.257	.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	.257	.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	.257	.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	.257	.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	.257	.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	.256	.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	.256	.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	.256	.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	.256	.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	.256	.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	.256	.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	.256	.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	.256	.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	.256	.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	.255	.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	.254	.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	.254	.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	.253	.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

* Esta tabla se reproduce de la Tabla 12 de *Biometrika Tables for Statisticians*, Volumen 1, 1962, con permiso de la junta directiva de Biometrika.

ANEXO B

PROGRAM NAME: JAIRO2,CALIBAS
 SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
 LIST

```

00010 REM REALIZADO POR JAIRO ORELLANA L.
00020 DIM A(30,30),X(30)
00030 PRINT #255: TAB(9);"*****"
00040 PRINT #255: TAB(9);"* METROLOGIA
00050 PRINT #255: TAB(9);"* -CONTROL DE CALIDA
00060 PRINT #255: TAB(9);"* PRUEBAS DE LA DISTRIBUCION T
00070 PRINT #255: TAB(9);"* CION DE LA CALIBRACION DE UN
00080 PRINT #255: TAB(9);"* MEDICION
00090 PRINT #255: TAB(9);"*****"
00100 PRINT #255: " ":PRINT #255: " "
00110 FOR J=1 TO 2
00120 FOR K=1 TO 20
00130 READ A(J,K)
00140 NEXT K
00150 NEXT J
00160 INPUT " DE EL NOMBRE DEL INSTRUMENTO:": A$
00170 INPUT " DE EL VALOR ESPECIFICADO:": E
00180 INPUT "DE EL NUMERO DE DATOS:": N
00190 INPUT " DE EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA 1 O 5%:": N1
00200 PRINT #255: TAB(34);"X(I)":PRINT #255: " "
00210 LET S=0
00220 FOR I=1 TO N
00230 INPUT "DE LOS VALORES DE X(I)": X(I)
00240 PRINT #255: TAB(34);X(I)
00250 LET S=S+X(I)
00260 NEXT I
00270 LET MED=S/N
00280 LET S1=0
00290 FOR I=1 TO N
00300 LET S1=S1+(X(I)-MED)^2
00310 NEXT I
00320 LET DE=SQR(S1/(N-1))
00330 LET T=(MED-E)*SQR(N)/DE
00340 PRINT #255: " "
00350 PRINT #255: TAB(20);"INSTRUMENTO: ";A$
00360 PRINT #255: " "
00370 PRINT #255: TAB(28);"RESULTADOS"
00380 PRINT #255: TAB(28);"*****"
00390 PRINT #255: " "
00400 PRINT #255: TAB(15);"NIVEL DE CONFIANZA=";100-N1;"%"
00410 PRINT #255: TAB(15);"ESPECIFICACION=";E
00420 PRINT #255: TAB(15);"T CALCULADO=";T
00430 IF N1=5 THEN 480
00440 PRINT #255: TAB(15);"T TEORICO=";A(2,N-1)
00450 IF ABS(T)>A(2,N-1) THEN 520
00460 PRINT #255: "CONCLUSION EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDI
00470 GOTO 530
00480 PRINT #255: TAB(15);"T TEORICO =" ;A(1,N-1)
00490 IF ABS(T)>A(1,N-1) THEN 520
00500 PRINT #255: " CONCLUSION EL INSTRUMENTO ESTA EN CONI
00510 GOTO 530
00520 PRINT #255: " CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA
00530 PRINT #255: " ":PRINT #255: " ":PRINT #255: " "

```

ANEXO B(continuación)

PROGRAM NAME: JAIRO2,CALIBAS
SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
LIST

```
00540 INPUT "DESEA REALIZAR OTRO CALCULO SI/NO:" B$
00550 IF B$="SI" THEN 160
00560 DATA 12.706,4.303,3.182,2.776,2.571,2.447,2.365,2.306,2.262,2.228,2.201
00570 DATA 2.179,2.160,2.145,2.131,2.120,2.110,2.101,2.093,2.086
00580 DATA 63.657,9.925,5.841,4.604,4.032,3.707,3.499,3.355,3.250,3.169 3.104
00590 DATA 3.055,3.012,2.977,2.947,2.921,2.898,2.878,2.861,2.845
00600 END
```

ANEXO C

PROGRAM NAME: REGRES,CALIBAS
 SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
 LISTP

```

00010 REM REALIZADO POR JAIRO ORELLANA L.
00020 DIM A(30,30),X(50),Y(50)
00030 PRINT #255: " *****"
00040 PRINT #255: " * METROLOGIA *"
00050 PRINT #255: " * -CONTROL DE CALIDAD- *"
00060 PRINT #255: " * AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *"
00070 PRINT #255: " * DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *"
00080 PRINT #255: " *****"
00090 PRINT #255: " ":PRINT #255: " "
00100 FOR J=1 TO 2
00110 FOR K=1 TO 20
00120 READ A(J,K)
00130 NEXT K
00140 NEXT J
00150 INPUT "DE EL NOMBRE DEL INSTRUMENTO": A$
00160 INPUT " DE EL NUMERO DE PUNTOS": N
00170 INPUT "DE EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA 5% O 1%": N1
00180 PRINT #255: TAB(22);"INSTRUMENTO: ";A$
00190 PRINT #255: " "
00200 LET C1=0:C2=0:D1=0:D2=0:E1=0
00210 PRINT #255: TAB(33);"D A T O S"
00220 PRINT #255: TAB(33);"*****"
00230 PRINT #255: TAB(26);"X(I)";TAB(45);"Y(I)"
00240 PRINT #255: " "
00250 FOR I=1 TO N
00260 INPUT "DE LOS VALORES DE X(I),Y(I)": X(I),Y(I)
00270 PRINT #255: TAB(26);X(I);TAB(45);Y(I)
00280 LET C1=C1+X(I):C2=C2+X(I)^2
00290 LET D1=D1+Y(I):D2=D2+Y(I)^2
00300 LET E1=E1+X(I)*Y(I)
00310 NEXT I
00320 PRINT #255: " "
00330 LET L=(D1*C2-C1*E1)/(N*C2-C1^2)
00340 LET B=(N*E1-C1*D1)/(N*C2-C1^2)
00350 LET R=(N*E1-C1*D1)/SQR((N*C2-C1^2)*(N*D2-D1^2))
00360 MED=C1/N
00370 PRINT #255: " "
00380 PRINT #255: TAB(28);"R E S U L T A D O S"
00390 PRINT #255: TAB(28);"*****"
00400 PRINT #255: " "
00410 PRINT #255: TAB(15);"COEFICIENTE DE CORRELACION R= ";R
00420 IF B>=0 THEN 450
00430 PRINT #255: TAB(15);"EQUACION: "; "Y= ";L; " - ";ABS(B); " *X"
00440 GOTO 460
00450 PRINT #255: TAB(15);"EQUACION: "; "Y= ";L; " + ";B; " *X"
00460 PRINT #255: " ":PRINT #255: " "
00470 S=0:S1=0
00480 FOR I=1 TO N
00490 S=S+(Y(I)-(L+(B*X(I))))^2
00500 S1=S1+(X(I)-MED)^2
00510 NEXT I
00520 DE=SQR(S/(N-2))
00530 T=(B-1)/(DE*SQR(1/S1))

```

ANEXO C(continuación)

PROGRAM NAME: REGRES,CALIBAS
 SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
 LIST

```

00540 PRINT #255: "                      RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO 1"
00550 PRINT #255: "                      CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE: ";100-N1,"%"
00560 PRINT #255: " "
00570 PRINT #255: TAB(15);"T CALCULADO=";T
00580 IF N1=5 THEN 630
00590 PRINT #255: TAB(15);"T TEORICO=";A(2,N-2)
00600 IF ABS(T)<=A(2,N-2) THEN 670
00610 PRINT #255: "                      CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION"
00620 GOTO 680
00630 PRINT #255: TAB(15);"T TEORICO=";A(1,N-2)
00640 IF ABS(T)<=A(1,N-2) THEN 670
00650 PRINT #255: "                      CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION"
00660 GOTO 680
00670 PRINT #255: "                      CONCLUSION:EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES"
00680 PRINT #255: " ":PRINT #255: " ":PRINT #255: " ":PRINT #255: " "
00690 INPUT "DESEA REALIZAR OTRO CALCULO SI/NO:": D$
00700 IF D$="SI" THEN 150
00710 DATA 12.706,4.303,3.182,2.776,2.571,2.447,2.365,2.306,2.262
00720 DATA 2.228,2.201,2.179,2.160,2.145,2.131,2.12,2.11,2.101,2.093,2.086
00730 DATA 63.657,9.925,5.841,4.604,4.032,3.707,3.499,3.355,3.250,3.165
00740 DATA 3.106,3.055,3.012,2.997,2.947,2.921,2.898,2.878,2.861,2.845
00750 END

```

ANEXO D

PROGRAM NAME: AJUSTE,CALIBAS
 SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
 LISTP

```

00010 REM REALIZADO POR JAIRO ORELLANA L.
00020 DIM A(30,30),X(30),Y(30)
00030 PRINT #255: " *****"
00040 PRINT #255: " METROLOGIA"
00050 PRINT #255: " -CONTROL DE CALIDAD-"
00060 PRINT #255: " * AJUSTE DE LINEAS RECTAS PARA LA COMPROBACION *"
00070 PRINT #255: " * DE LA CALIBRACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDIC. *"
00080 PRINT #255: " *****"
00090 PRINT #255: " " :PRINT #255: " "
00100 FOR J=1 TO 2
00110 FOR K=1 TO 20
00120 READ A(J,K)
00130 NEXT K
00140 NEXT J
00150 INPUT "DE EL NOMBRE DEL INSTRUMENTO": A$
00160 INPUT " DE EL NUMERO DE PUNTOS": N
00170 INPUT "DE EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA 5% O 1%": N1
00180 PRINT #255: TAB(22);"INSTRUMENTO: ";A$
00190 PRINT #255: " "
00200 LET C1=0:C2=0:D1=0:D2=0:E1=0
00210 PRINT #255: TAB(33);"D A T O S"
00220 PRINT #255: TAB(33);"*****"
00230 PRINT #255: TAB(26);"X(I)";TAB(45);"Y(I)"
00240 PRINT #255: " "
00250 FOR I=1 TO N
00260 INPUT "DE LOS VALORES DE X(I),Y(I)": X(I),Y(I)
00270 PRINT #255: TAB(26);X(I);TAB(45);Y(I)
00280 LET C1=C1+X(I):C2=C2+X(I)^2
00290 LET D1=D1+Y(I):D2=D2+Y(I)^2
00300 LET E1=E1+X(I)*Y(I)
00310 NEXT I
00320 PRINT #255: " "
00330 LET L=(D1*C2-C1*E1)/(N*C2-C1^2)
00340 LET B=(N*E1-C1*D1)/(N*C2-C1^2)
00350 LET R=(N*E1-C1*D1)/SQR((N*C2-C1^2)*(N*D2-D1^2))
00360 MED=C1/N
00370 PRINT #255: " "
00380 PRINT #255: TAB(28);"R E S U L T A D O S"
00390 PRINT #255: TAB(28);"*****"
00400 PRINT #255: " "
00410 PRINT #255: TAB(15);"COEFICIENTE DE CORRELACION R= ";R
00420 IF B>=0 THEN 450
00430 PRINT #255: TAB(15);"ECUACION: "; "Y= ";L;" - ";ABS(B);" *X"
00440 GOTO 460
00450 PRINT #255: TAB(15);"ECUACION: "; "Y= ";L;" + ";B;" *X"
00460 PRINT #255: " " :PRINT #255: " "
00470 REM GRAFICACION DE LA ECUACION
00480 PRINT #255: TAB(70);"Y"
00490 FOR J=0 TO 70
00500 PRINT #255: TAB(J);".";
00510 NEXT J
00520 PRINT #255: " "
00530 PRINT #255: TAB(35);"."

```


ANEXO D(continuación)

PROGRAM NAME: AJUSTE,CALIBAS
 SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
 LISTP

```

00540 LET S=0
00550 FOR I=2 TO 11
00560 LET S=S+.1
00570 LET J=35+INT(35*(L+B*S))
00580 IF J>35 THEN 640
00590 IF J=35 THEN 620
00600 PRINT #255: TAB(J);"*";TAB(35);". "
00610 GOTO 650
00620 PRINT #255: TAB(J);"*"
00630 GOTO 650
00640 PRINT #255: TAB(35);". ";TAB(J);"*"
00650 PRINT #255: TAB(35);". "
00660 NEXT I
00670 PRINT #255: TAB(34);"Y"
00680 PRINT #255: " ": PRINT #255: " "
00690 S=0:S1=0
00700 FOR I=1 TO N
00710 S=S+(Y(I)-(L+(B*X(I))))^2
00720 S1=S1+(X(I)-MED)^2
00730 NEXT I
00740 DE=SQR(S/(N-2))
00750 T=(B-1)/(DE*SQR(1/S1))
00760 PRINT #255: "          RESULTADOS DE ACUERDO AL TEST ESTADISTICO T"
00770 PRINT #255: "          CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE:";100-N1; "%"
00780 PRINT #255: " "
00790 PRINT #255: TAB(15);"T CALCULADO=";T
00800 IF N1=5 THEN 850
00810 PRINT #255: TAB(15);"T TEORICO=";A(2,N-2)
00820 IF ABS(T)<=A(2,N-2) THEN 890
00830 PRINT #255: "          CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION"
00840 GOTO 900
00850 PRINT #255: TAB(15);"T TEORICO=";A(1,N-2)
00860 IF ABS(T)<=A(1,N-2) THEN 890
00870 PRINT #255: "          CONCLUSION:EL INSTRUMENTO NECESITA CALIBRACION"
00880 GOTO 900
00890 PRINT #255: "          CONCLUSION:EL INSTRUMENTO ESTA EN CONDICIONES ACEPTABLES"
00900 PRINT #255: " ":PRINT #255: " ":PRINT #255: " "
00910 INPUT "DESEA REALIZAR OTRO CALCULO SI/NO:"; D$
00920 IF D$="SI" THEN 150
00930 DATA 12.706,4.303,3.182,2.776,2.571,2.447,2.365,2.306,2.262
00940 DATA 2.228,2.201,2.179,2.160,2.145,2.131,2.12,2.11,2.101,2.093,2.085
00950 DATA 63.657,9.925,5.841,4.604,4.032,3.707,3.499,3.355,3.250,3.169
00960 DATA 3.106,3.055,3.012,2.997,2.947,2.921,2.898,2.878,2.861,2.845
00970 END

```

ANEXO E**TYPE J THERMOCOUPLES**

TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT (1968)						REFERENCE JUNCTION AT 32 °F				
DEG F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS										
-120	-7.791	-7.803	-7.816	-7.829	-7.841	-7.854	-7.867	-7.880	-7.893	-7.906
-110	-7.619	-7.632	-7.645	-7.658	-7.671	-7.684	-7.697	-7.710	-7.723	-7.736
-100	-7.519	-7.533	-7.546	-7.560	-7.573	-7.586	-7.600	-7.613	-7.631	-7.645
-90	-7.372	-7.387	-7.402	-7.417	-7.432	-7.447	-7.461	-7.476	-7.490	-7.505
-80	-7.218	-7.234	-7.250	-7.265	-7.281	-7.296	-7.311	-7.327	-7.342	-7.357
-70	-7.057	-7.074	-7.090	-7.106	-7.122	-7.139	-7.155	-7.171	-7.187	-7.202
-60	-6.890	-6.907	-6.924	-6.941	-6.958	-6.974	-6.991	-7.008	-7.024	-7.041
-50	-6.716	-6.734	-6.751	-6.769	-6.786	-6.804	-6.821	-6.838	-6.855	-6.873
-40	-6.536	-6.554	-6.572	-6.591	-6.609	-6.627	-6.645	-6.663	-6.680	-6.698
-30	-6.350	-6.369	-6.388	-6.407	-6.425	-6.444	-6.462	-6.481	-6.499	-6.518
-20	-6.159	-6.178	-6.198	-6.217	-6.236	-6.255	-6.274	-6.293	-6.312	-6.331
-10	-5.962	-5.982	-6.002	-6.022	-6.041	-6.061	-6.081	-6.100	-6.120	-6.139
0	-5.760	-5.780	-5.801	-5.821	-5.841	-5.861	-5.882	-5.902	-5.922	-5.942
10	-5.553	-5.574	-5.594	-5.615	-5.636	-5.657	-5.678	-5.698	-5.719	-5.739
20	-5.341	-5.362	-5.383	-5.404	-5.425	-5.446	-5.467	-5.488	-5.512	-5.535
30	-5.124	-5.146	-5.168	-5.190	-5.211	-5.233	-5.255	-5.276	-5.298	-5.319
40	-4.903	-4.925	-4.948	-4.970	-4.992	-5.014	-5.036	-5.058	-5.080	-5.102
50	-4.678	-4.700	-4.723	-4.746	-4.768	-4.791	-4.813	-4.836	-4.858	-4.881
60	-4.448	-4.471	-4.494	-4.517	-4.540	-4.563	-4.586	-4.609	-4.632	-4.655
70	-4.213	-4.236	-4.259	-4.282	-4.305	-4.328	-4.351	-4.374	-4.402	-4.425
80	-3.973	-3.997	-4.020	-4.043	-4.066	-4.089	-4.112	-4.135	-4.168	-4.215
90	-3.728	-3.752	-3.775	-3.798	-3.821	-3.844	-3.867	-3.890	-4.191	-3.978
100	-3.479	-3.513	-3.544	-3.566	-3.589	-3.615	-3.639	-3.664	-3.712	-3.737
110	-3.226	-3.250	-3.273	-3.296	-3.319	-3.342	-3.365	-3.388	-3.436	-3.461
120	-2.969	-2.993	-3.016	-3.039	-3.062	-3.085	-3.108	-3.131	-3.179	-3.204
130	-2.708	-2.732	-2.755	-2.778	-2.801	-2.824	-2.847	-2.870	-2.918	-2.943
140	-2.443	-2.467	-2.490	-2.513	-2.536	-2.559	-2.582	-2.605	-2.653	-2.678
150	-2.174	-2.198	-2.221	-2.244	-2.267	-2.290	-2.313	-2.336	-2.384	-2.409
160	-1.901	-1.925	-1.948	-1.971	-1.994	-2.017	-2.040	-2.063	-2.111	-2.136
170	-1.624	-1.648	-1.671	-1.694	-1.717	-1.740	-1.763	-1.786	-1.834	-1.859
180	-1.343	-1.367	-1.390	-1.413	-1.436	-1.459	-1.482	-1.505	-1.553	-1.578
190	-1.058	-1.082	-1.105	-1.128	-1.151	-1.174	-1.197	-1.220	-1.268	-1.293
200	-0.769	-0.793	-0.816	-0.839	-0.862	-0.885	-0.908	-0.931	-0.979	-1.004
210	-0.476	-0.499	-0.522	-0.545	-0.568	-0.591	-0.614	-0.637	-0.685	-0.710
220	-0.180	-0.203	-0.226	-0.249	-0.272	-0.295	-0.318	-0.341	-0.389	-0.414
230	0.119	0.142	0.165	0.188	0.211	0.234	0.257	0.280	0.328	0.353
240	0.414	0.437	0.460	0.483	0.506	0.529	0.552	0.575	0.623	0.648
250	0.705	0.728	0.751	0.774	0.797	0.820	0.843	0.866	0.914	0.939
260	0.892	0.915	0.938	0.961	0.984	1.007	1.030	1.053	1.101	1.126
270	1.181	1.204	1.227	1.250	1.273	1.296	1.319	1.342	1.390	1.415
280	1.471	1.494	1.517	1.540	1.563	1.586	1.609	1.632	1.680	1.705
290	1.759	1.782	1.805	1.828	1.851	1.874	1.897	1.920	1.968	1.993
300	1.849	1.872	1.895	1.918	1.941	1.964	1.987	2.010	2.058	2.083
310	1.940	1.963	1.986	2.009	2.032	2.055	2.078	2.101	2.149	2.174
320	2.031	2.054	2.077	2.100	2.123	2.146	2.169	2.192	2.240	2.265
330	2.122	2.145	2.168	2.191	2.214	2.237	2.260	2.283	2.331	2.356
340	2.213	2.236	2.259	2.282	2.305	2.328	2.351	2.374	2.422	2.447
350	2.304	2.327	2.350	2.373	2.396	2.419	2.442	2.465	2.513	2.538
360	2.395	2.418	2.441	2.464	2.487	2.510	2.533	2.556	2.604	2.629
370	2.486	2.509	2.532	2.555	2.578	2.601	2.624	2.647	2.695	2.720
380	2.577	2.600	2.623	2.646	2.669	2.692	2.715	2.738	2.786	2.811
390	2.668	2.691	2.714	2.737	2.760	2.783	2.806	2.829	2.877	2.902
400	2.759	2.782	2.805	2.828	2.851	2.874	2.897	2.920	2.968	3.000
410	2.850	2.873	2.896	2.919	2.942	2.965	2.988	3.011	3.059	3.084
420	2.941	2.964	2.987	3.010	3.033	3.056	3.079	3.102	3.150	3.175
430	3.032	3.055	3.078	3.101	3.124	3.147	3.170	3.193	3.241	3.266
440	3.123	3.146	3.169	3.192	3.215	3.238	3.261	3.284	3.332	3.357
450	3.214	3.237	3.260	3.283	3.306	3.329	3.352	3.375	3.423	3.448
460	3.305	3.328	3.351	3.374	3.397	3.420	3.443	3.466	3.514	3.539
470	3.396	3.419	3.442	3.465	3.488	3.511	3.534	3.557	3.605	3.630
480	3.487	3.510	3.533	3.556	3.579	3.602	3.625	3.648	3.696	3.721
490	3.578	3.601	3.624	3.647	3.670	3.693	3.716	3.739	3.787	3.812
500	3.669	3.692	3.715	3.738	3.761	3.784	3.807	3.830	3.878	3.903
510	3.760	3.783	3.806	3.829	3.852	3.875	3.898	3.921	3.969	4.000
520	3.851	3.874	3.897	3.920	3.943	3.966	3.989	4.012	4.060	4.085
530	3.942	3.965	3.988	4.011	4.034	4.057	4.080	4.103	4.151	4.176
540	4.033	4.056	4.079	4.102	4.125	4.148	4.171	4.194	4.242	4.267
550	4.124	4.147	4.170	4.193	4.216	4.239	4.262	4.285	4.333	4.358
560	4.215	4.238	4.261	4.284	4.307	4.330	4.353	4.376	4.424	4.449
570	4.306	4.329	4.352	4.375	4.398	4.421	4.444	4.467	4.515	4.540
580	4.397	4.420	4.443	4.466	4.489	4.512	4.535	4.558	4.606	4.631
590	4.488	4.511	4.534	4.557	4.580	4.603	4.626	4.649	4.697	4.722
600	4.579	4.602	4.625	4.648	4.671	4.694	4.717	4.740	4.788	4.813
610	4.670	4.693	4.716	4.739	4.762	4.785	4.808	4.831	4.879	4.904
620	4.761	4.784	4.807	4.830	4.853	4.876	4.899	4.922	4.970	4.995
630	4.852	4.875	4.898	4.921	4.944	4.967	4.990	5.013	5.061	5.086
640	4.943	4.966	4.989	5.012	5.035	5.058	5.081	5.104	5.152	5.177
650	5.034	5.057	5.080	5.103	5.126	5.149	5.172	5.195	5.243	5.268
660	5.125	5.148	5.171	5.194	5.217	5.240	5.263	5.286	5.334	5.359
670	5.216	5.239	5.262	5.285	5.308	5.331	5.354	5.377	5.425	5.450
680	5.307	5.330	5.353	5.376	5.399	5.422	5.445	5.468	5.516	5.541
690	5.398	5.421	5.444	5.467	5.490	5.513	5.536	5.559	5.607	5.632
700	5.489	5.512	5.535	5.558	5.581	5.604	5.627	5.650	5.698	5.723
710	5.580	5.603	5.626	5.649	5.672	5.695	5.718	5.741	5.789	5.814
720	5.671	5.694	5.717	5.740	5.763	5.786	5.809	5.832	5.880	5.905
730	5.762	5.785	5.808	5.831	5.854	5.877	5.900	5.923	5.971	5.996
740	5.853	5.876	5.899	5.922	5.945	5.968	5.991	6.014	6.062	6.087
750	5.944	5.967	5.990	6.013	6.036	6.059	6.082	6.105	6.153	6.178
760	6.035	6.058	6.081	6.104	6.127	6.150	6.173	6.196	6.244	6.269
770	6.126	6.149	6.172	6.195	6.218	6.241	6.264	6.287	6.335	6.360
780	6.217	6.240	6.263	6.286	6.309	6.332	6.355	6.378	6.426	6.451
790	6.308	6.331	6.354	6.377	6.400	6.423	6.446	6.469	6.517	6.542
800	6.399	6.422	6.445	6.468	6.491	6.514	6.537	6.560	6.608	6.633
810	6.490	6.513	6.536	6.559	6.582	6.605	6.628	6.651	6.699	6.724
820	6.581	6.604	6.627	6.650	6.673	6.696	6.719	6.742	6.790	6.815
830	6.672	6.695	6.718	6.741	6.764	6.787	6.810	6.833	6.881	6.906
840	6.763	6.786	6.809	6.832	6.855	6.878	6.901	6.924	6.972	6.997
850	6.854	6.877	6.900	6.923	6.946	6.969	6.992	7.015	7.063	7.088
860	6.945	6.968	6.991	7.014	7.037	7.060	7.083	7.106	7.154	7.179
870	7.036	7.059	7.082	7.105	7.128	7.151	7.174	7.197	7.245	7.270
880	7.127	7.150	7.173	7.196	7.219	7.242	7.265	7.288	7.336	7.361
890	7.218	7.241	7.264	7.287	7.3					

ANEXO E (continuación)

TYPE J THERMOCOUPLES

TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT 1948-1										
REFERENCE JUNCTION AT 32 F										
DEG F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS										
250	6.420	6.450	6.481	6.513	6.545	6.577	6.609	6.639	6.669	6.726
260	6.724	6.754	6.785	6.816	6.846	6.877	6.907	6.938	6.968	7.029
270	7.029	7.060	7.090	7.121	7.151	7.182	7.212	7.243	7.274	7.335
280	7.335	7.365	7.396	7.426	7.457	7.488	7.518	7.549	7.579	7.640
290	7.641	7.671	7.702	7.732	7.763	7.794	7.824	7.855	7.885	7.946
300	7.947	7.977	8.008	8.039	8.069	8.100	8.131	8.161	8.192	8.253
310	8.253	8.284	8.315	8.345	8.376	8.407	8.437	8.468	8.499	8.560
320	8.560	8.591	8.622	8.652	8.683	8.714	8.744	8.775	8.806	8.867
330	8.867	8.898	8.929	8.960	8.990	9.021	9.051	9.082	9.113	9.174
340	9.175	9.206	9.236	9.267	9.298	9.328	9.359	9.390	9.421	9.482
350	9.483	9.513	9.544	9.575	9.606	9.636	9.667	9.698	9.729	9.790
360	9.790	9.821	9.852	9.883	9.914	9.944	9.975	10.006	10.037	10.098
370	10.098	10.129	10.160	10.191	10.222	10.252	10.283	10.314	10.345	10.406
380	10.407	10.437	10.468	10.499	10.530	10.561	10.592	10.622	10.653	10.714
390	10.715	10.746	10.777	10.807	10.838	10.869	10.900	10.931	10.962	11.023
400	11.023	11.054	11.085	11.116	11.147	11.177	11.208	11.239	11.270	11.331
410	11.332	11.363	11.393	11.424	11.455	11.486	11.517	11.548	11.579	11.640
420	11.640	11.671	11.702	11.733	11.764	11.795	11.825	11.856	11.887	11.948
430	11.949	11.980	12.010	12.041	12.072	12.103	12.134	12.165	12.196	12.257
440	12.257	12.288	12.319	12.350	12.381	12.411	12.442	12.473	12.504	12.565
450	12.566	12.597	12.627	12.658	12.689	12.720	12.751	12.782	12.813	12.874
460	12.874	12.905	12.936	12.967	12.998	13.029	13.060	13.091	13.122	13.183
470	13.183	13.214	13.245	13.276	13.307	13.338	13.369	13.400	13.431	13.492
480	13.492	13.523	13.554	13.585	13.616	13.647	13.678	13.709	13.740	13.801
490	13.801	13.832	13.863	13.894	13.925	13.956	13.987	14.018	14.049	14.110
500	14.110	14.141	14.172	14.203	14.234	14.265	14.296	14.327	14.358	14.419
510	14.419	14.450	14.481	14.512	14.543	14.574	14.605	14.636	14.667	14.728
520	14.728	14.759	14.790	14.821	14.852	14.883	14.914	14.945	14.976	15.037
530	15.037	15.068	15.099	15.130	15.161	15.192	15.223	15.254	15.285	15.346
540	15.346	15.377	15.408	15.439	15.470	15.501	15.532	15.563	15.594	15.655
550	15.655	15.686	15.717	15.748	15.779	15.810	15.841	15.872	15.903	15.964
560	15.964	15.995	16.026	16.057	16.088	16.119	16.150	16.181	16.212	16.273
570	16.273	16.304	16.335	16.366	16.397	16.428	16.459	16.490	16.521	16.582
580	16.582	16.613	16.644	16.675	16.706	16.737	16.768	16.799	16.830	16.891
590	16.891	16.922	16.953	16.984	17.015	17.046	17.077	17.108	17.139	17.200
600	17.200	17.231	17.262	17.293	17.324	17.355	17.386	17.417	17.448	17.509
610	17.509	17.540	17.571	17.602	17.633	17.664	17.695	17.726	17.757	17.818
620	17.818	17.849	17.880	17.911	17.942	17.973	18.004	18.035	18.066	18.127
630	18.127	18.158	18.189	18.220	18.251	18.282	18.313	18.344	18.375	18.436
640	18.436	18.467	18.498	18.529	18.560	18.591	18.622	18.653	18.684	18.745
650	18.745	18.776	18.807	18.838	18.869	18.900	18.931	18.962	18.993	19.054
660	19.054	19.085	19.116	19.147	19.178	19.209	19.240	19.271	19.302	19.363
670	19.363	19.394	19.425	19.456	19.487	19.518	19.549	19.580	19.611	19.672
680	19.672	19.703	19.734	19.765	19.796	19.827	19.858	19.889	19.920	19.981
690	19.981	20.012	20.043	20.074	20.105	20.136	20.167	20.198	20.229	20.290
700	20.290	20.321	20.352	20.383	20.414	20.445	20.476	20.507	20.538	20.599
710	20.599	20.630	20.661	20.692	20.723	20.754	20.785	20.816	20.847	20.908
720	20.908	20.939	20.970	21.001	21.032	21.063	21.094	21.125	21.156	21.217
730	21.217	21.248	21.279	21.310	21.341	21.372	21.403	21.434	21.465	21.526
740	21.526	21.557	21.588	21.619	21.650	21.681	21.712	21.743	21.774	21.835
750	21.835	21.866	21.897	21.928	21.959	21.990	22.021	22.052	22.083	22.144
760	22.144	22.175	22.206	22.237	22.268	22.299	22.330	22.361	22.392	22.453
770	22.453	22.484	22.515	22.546	22.577	22.608	22.639	22.670	22.701	22.762
780	22.762	22.793	22.824	22.855	22.886	22.917	22.948	22.979	23.010	23.071
790	23.071	23.102	23.133	23.164	23.195	23.226	23.257	23.288	23.319	23.380
800	23.380	23.411	23.442	23.473	23.504	23.535	23.566	23.597	23.628	23.689
810	23.689	23.720	23.751	23.782	23.813	23.844	23.875	23.906	23.937	24.000
820	24.000	24.031	24.062	24.093	24.124	24.155	24.186	24.217	24.248	24.310
830	24.310	24.341	24.372	24.403	24.434	24.465	24.496	24.527	24.558	24.619
840	24.619	24.650	24.681	24.712	24.743	24.774	24.805	24.836	24.867	24.928

ANEXO E (continuación)

TYPE J THERMOCOUPLES

TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT 1968-1										
REFERENCE JUNCTION AT 32 °F										
DEG F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
THERMoelectric VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS										
850	24.859	24.884	24.919	24.944	24.976	25.007	25.038	25.069	25.099	25.130
860	25.161	25.192	25.223	25.254	25.284	25.315	25.346	25.377	25.408	25.438
870	25.469	25.500	25.531	25.562	25.593	25.623	25.654	25.685	25.716	25.747
880	25.778	25.809	25.840	25.870	25.901	25.932	25.961	25.994	26.025	26.056
890	26.087	26.118	26.148	26.179	26.210	26.241	26.272	26.303	26.334	26.365
900	26.396	26.427	26.458	26.489	26.520	26.551	26.582	26.613	26.644	26.675
910	26.706	26.737	26.767	26.798	26.829	26.860	26.891	26.922	26.953	26.984
920	27.015	27.046	27.077	27.108	27.139	27.170	27.201	27.232	27.263	27.294
930	27.325	27.356	27.387	27.418	27.449	27.480	27.511	27.542	27.573	27.604
940	27.635	27.666	27.697	27.728	27.759	27.790	27.821	27.852	27.883	27.914
950	27.945	27.976	28.007	28.038	28.069	28.100	28.131	28.162	28.193	28.224
960	28.255	28.286	28.317	28.348	28.379	28.410	28.441	28.472	28.503	28.534
970	28.565	28.596	28.627	28.658	28.689	28.720	28.751	28.782	28.813	28.844
980	28.875	28.906	28.937	28.968	28.999	29.030	29.061	29.092	29.123	29.154
990	29.185	29.216	29.247	29.278	29.309	29.340	29.371	29.402	29.433	29.464
1,000	29.495	29.526	29.557	29.588	29.619	29.650	29.681	29.712	29.743	29.774
1,010	29.805	29.836	29.867	29.898	29.929	29.960	29.991	30.022	30.053	30.084
1,020	30.115	30.146	30.177	30.208	30.239	30.270	30.301	30.332	30.363	30.394
1,030	30.425	30.456	30.487	30.518	30.549	30.580	30.611	30.642	30.673	30.704
1,040	30.735	30.766	30.797	30.828	30.859	30.890	30.921	30.952	30.983	31.014
1,050	31.045	31.076	31.107	31.138	31.169	31.200	31.231	31.262	31.293	31.324
1,060	31.355	31.386	31.417	31.448	31.479	31.510	31.541	31.572	31.603	31.634
1,070	31.665	31.696	31.727	31.758	31.789	31.820	31.851	31.882	31.913	31.944
1,080	31.975	32.006	32.037	32.068	32.099	32.130	32.161	32.192	32.223	32.254
1,090	32.285	32.316	32.347	32.378	32.409	32.440	32.471	32.502	32.533	32.564
1,100	32.595	32.626	32.657	32.688	32.719	32.750	32.781	32.812	32.843	32.874
1,110	32.905	32.936	32.967	32.998	33.029	33.060	33.091	33.122	33.153	33.184
1,120	33.215	33.246	33.277	33.308	33.339	33.370	33.401	33.432	33.463	33.494
1,130	33.525	33.556	33.587	33.618	33.649	33.680	33.711	33.742	33.773	33.804
1,140	33.835	33.866	33.897	33.928	33.959	33.990	34.021	34.052	34.083	34.114
1,150	34.145	34.176	34.207	34.238	34.269	34.300	34.331	34.362	34.393	34.424
1,160	34.455	34.486	34.517	34.548	34.579	34.610	34.641	34.672	34.703	34.734
1,170	34.765	34.796	34.827	34.858	34.889	34.920	34.951	34.982	35.013	35.044
1,180	35.075	35.106	35.137	35.168	35.199	35.230	35.261	35.292	35.323	35.354
1,190	35.385	35.416	35.447	35.478	35.509	35.540	35.571	35.602	35.633	35.664
1,200	35.695	35.726	35.757	35.788	35.819	35.850	35.881	35.912	35.943	35.974
1,210	36.005	36.036	36.067	36.098	36.129	36.160	36.191	36.222	36.253	36.284
1,220	36.315	36.346	36.377	36.408	36.439	36.470	36.501	36.532	36.563	36.594
1,230	36.625	36.656	36.687	36.718	36.749	36.780	36.811	36.842	36.873	36.904
1,240	36.935	36.966	36.997	37.028	37.059	37.090	37.121	37.152	37.183	37.214
1,250	37.245	37.276	37.307	37.338	37.369	37.400	37.431	37.462	37.493	37.524
1,260	37.555	37.586	37.617	37.648	37.679	37.710	37.741	37.772	37.803	37.834
1,270	37.865	37.896	37.927	37.958	37.989	38.020	38.051	38.082	38.113	38.144
1,280	38.175	38.206	38.237	38.268	38.299	38.330	38.361	38.392	38.423	38.454
1,290	38.485	38.516	38.547	38.578	38.609	38.640	38.671	38.702	38.733	38.764
1,300	38.795	38.826	38.857	38.888	38.919	38.950	38.981	39.012	39.043	39.074
1,310	39.105	39.136	39.167	39.198	39.229	39.260	39.291	39.322	39.353	39.384
1,320	39.415	39.446	39.477	39.508	39.539	39.570	39.601	39.632	39.663	39.694
1,330	39.725	39.756	39.787	39.818	39.849	39.880	39.911	39.942	39.973	40.004
1,340	40.035	40.066	40.097	40.128	40.159	40.190	40.221	40.252	40.283	40.314
1,350	40.345	40.376	40.407	40.438	40.469	40.500	40.531	40.562	40.593	40.624
1,360	40.655	40.686	40.717	40.748	40.779	40.810	40.841	40.872	40.903	40.934
1,370	40.965	40.996	41.027	41.058	41.089	41.120	41.151	41.182	41.213	41.244
1,380	41.275	41.306	41.337	41.368	41.399	41.430	41.461	41.492	41.523	41.554
1,390	41.585	41.616	41.647	41.678	41.709	41.740	41.771	41.802	41.833	41.864
1,400	41.895	41.926	41.957	41.988	42.019	42.050	42.081	42.112	42.143	42.174
1,410	42.205	42.236	42.267	42.298	42.329	42.360	42.391	42.422	42.453	42.484
1,420	42.515	42.546	42.577	42.608	42.639	42.670	42.701	42.732	42.763	42.794
1,430	42.825	42.856	42.887	42.918	42.949	42.980	43.011	43.042	43.073	43.104
1,440	43.135	43.166	43.197	43.228	43.259	43.290	43.321	43.352	43.383	43.414
1,450	43.445	43.476	43.507	43.538	43.569	43.600	43.631	43.662	43.693	43.724
1,460	43.755	43.786	43.817	43.848	43.879	43.910	43.941	43.972	44.003	44.034
1,470	44.065	44.096	44.127	44.158	44.189	44.220	44.251	44.282	44.313	44.344
1,480	44.375	44.406	44.437	44.468	44.499	44.530	44.561	44.592	44.623	44.654
1,490	44.685	44.716	44.747	44.778	44.809	44.840	44.871	44.902	44.933	44.964
1,500	44.995	45.026	45.057	45.088	45.119	45.150	45.181	45.212	45.243	45.274

ANEXO E (continuación)

TYPE J THERMOCOUPLES

TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT (1948)										REFERENCE JUNCTION AT 32 F	
DEG F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS											
1,450	44.709	44.745	44.780	44.814	44.847	44.878	44.908	44.936	44.964	45.032	45.067
1,460	45.067	45.103	45.139	45.175	45.211	45.247	45.283	45.319	45.355	45.391	45.426
1,470	45.426	45.462	45.498	45.534	45.570	45.606	45.642	45.678	45.714	45.749	45.785
1,480	45.785	45.821	45.857	45.893	45.929	45.965	46.001	46.037	46.073	46.108	46.144
1,490	46.144	46.180	46.216	46.252	46.288	46.324	46.359	46.395	46.431	46.467	46.503
1,500	46.503	46.539	46.575	46.610	46.646	46.682	46.718	46.754	46.790	46.825	46.861
1,510	46.861	46.897	46.933	46.969	47.005	47.040	47.076	47.112	47.148	47.183	47.219
1,520	47.219	47.255	47.291	47.327	47.362	47.398	47.434	47.470	47.505	47.541	47.577
1,530	47.577	47.612	47.648	47.684	47.720	47.755	47.791	47.827	47.862	47.898	47.934
1,540	47.934	47.969	48.005	48.041	48.076	48.112	48.147	48.183	48.219	48.254	48.290
1,550	48.290	48.325	48.361	48.397	48.432	48.468	48.503	48.539	48.574	48.610	48.645
1,560	48.645	48.681	48.716	48.752	48.787	48.823	48.858	48.894	48.929	48.965	49.000
1,570	49.000	49.036	49.071	49.107	49.142	49.177	49.213	49.248	49.283	49.319	49.354
1,580	49.354	49.390	49.425	49.460	49.496	49.531	49.566	49.601	49.637	49.672	49.707
1,590	49.707	49.743	49.778	49.813	49.848	49.883	49.919	49.954	49.989	50.024	50.059

Because of the known instability of Type J thermocouples above 1600F this temperature has been used as the upper limit in the above tables. We do not normally recommend the use of Type J couples above 1400F except in special circumstances.

For those occasional applications requiring operation at higher temperatures the values listed below are provided. This extension is a mathematical extrapolation based on limited calibration data and caution should be exercised in its use. The basis for the extended data is discussed in NBS Monograph 125.

1700 F	51.53 mV
1800	56.49
1900	60.16
2000	63.39

ANEXO E (continuación)**TYPE T THERMOCOUPLES**

TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT										
REFERENCE JUNCTION AT 32 F										
DEG F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS										
-120	-5.532	-5.541	-5.550	-5.559	-5.568	-5.576	-5.585	-5.594	-5.603	-5.612
-110	-5.439	-5.448	-5.457	-5.467	-5.476	-5.486	-5.495	-5.504	-5.513	-5.522
-100	-5.341	-5.351	-5.361	-5.371	-5.381	-5.390	-5.400	-5.410	-5.419	-5.429
-90	-5.240	-5.250	-5.261	-5.271	-5.281	-5.291	-5.301	-5.311	-5.321	-5.331
-80	-5.135	-5.145	-5.156	-5.167	-5.177	-5.188	-5.198	-5.209	-5.219	-5.230
-70	-5.025	-5.036	-5.047	-5.058	-5.069	-5.080	-5.091	-5.102	-5.113	-5.124
-60	-4.912	-4.923	-4.935	-4.946	-4.958	-4.969	-4.980	-4.992	-5.003	-5.014
-50	-4.794	-4.806	-4.818	-4.830	-4.842	-4.853	-4.865	-4.877	-4.889	-4.900
-40	-4.674	-4.686	-4.698	-4.710	-4.722	-4.734	-4.746	-4.758	-4.770	-4.782
-30	-4.548	-4.560	-4.573	-4.586	-4.598	-4.611	-4.623	-4.636	-4.648	-4.661
-20	-4.419	-4.432	-4.445	-4.458	-4.471	-4.484	-4.497	-4.509	-4.522	-4.535
-10	-4.286	-4.299	-4.313	-4.326	-4.339	-4.353	-4.366	-4.379	-4.392	-4.406
0	-4.149	-4.163	-4.177	-4.191	-4.204	-4.218	-4.232	-4.245	-4.259	-4.273
10	-4.009	-4.023	-4.037	-4.051	-4.065	-4.079	-4.093	-4.107	-4.121	-4.135
20	-3.864	-3.879	-3.894	-3.908	-3.923	-3.937	-3.951	-3.966	-3.980	-3.994
30	-3.717	-3.732	-3.747	-3.761	-3.776	-3.791	-3.806	-3.820	-3.835	-3.850
40	-3.569	-3.584	-3.599	-3.613	-3.628	-3.643	-3.658	-3.673	-3.687	-3.702
50	-3.419	-3.434	-3.449	-3.464	-3.479	-3.494	-3.509	-3.524	-3.539	-3.554
60	-3.267	-3.282	-3.297	-3.312	-3.327	-3.342	-3.357	-3.372	-3.387	-3.402
70	-3.113	-3.128	-3.143	-3.158	-3.173	-3.188	-3.203	-3.218	-3.233	-3.248
80	-2.957	-2.972	-2.987	-2.999	-3.014	-3.029	-3.044	-3.059	-3.074	-3.089
90	-2.799	-2.814	-2.829	-2.844	-2.859	-2.874	-2.889	-2.904	-2.919	-2.934
100	-2.639	-2.654	-2.669	-2.684	-2.699	-2.714	-2.729	-2.744	-2.759	-2.774
110	-2.477	-2.492	-2.507	-2.522	-2.537	-2.552	-2.567	-2.582	-2.597	-2.612
120	-2.313	-2.328	-2.343	-2.358	-2.373	-2.388	-2.403	-2.418	-2.433	-2.448
130	-2.147	-2.162	-2.177	-2.192	-2.207	-2.222	-2.237	-2.252	-2.267	-2.282
140	-1.979	-1.994	-2.009	-2.024	-2.039	-2.054	-2.069	-2.084	-2.099	-2.114
150	-1.809	-1.824	-1.839	-1.854	-1.869	-1.884	-1.899	-1.914	-1.929	-1.944
160	-1.637	-1.652	-1.667	-1.682	-1.697	-1.712	-1.727	-1.742	-1.757	-1.772
170	-1.463	-1.478	-1.493	-1.508	-1.523	-1.538	-1.553	-1.568	-1.583	-1.598
180	-1.287	-1.302	-1.317	-1.332	-1.347	-1.362	-1.377	-1.392	-1.407	-1.422
190	-1.109	-1.124	-1.139	-1.154	-1.169	-1.184	-1.199	-1.214	-1.229	-1.244
200	-0.929	-0.944	-0.959	-0.974	-0.989	-1.004	-1.019	-1.034	-1.049	-1.064
210	-0.747	-0.762	-0.777	-0.792	-0.807	-0.822	-0.837	-0.852	-0.867	-0.882
220	-0.563	-0.578	-0.593	-0.608	-0.623	-0.638	-0.653	-0.668	-0.683	-0.698
230	-0.377	-0.392	-0.407	-0.422	-0.437	-0.452	-0.467	-0.482	-0.497	-0.512
240	-0.189	-0.204	-0.219	-0.234	-0.249	-0.264	-0.279	-0.294	-0.309	-0.324
250	0.000	0.015	0.030	0.045	0.060	0.075	0.090	0.105	0.120	0.135
260	0.209	0.224	0.239	0.254	0.269	0.284	0.299	0.314	0.329	0.344
270	0.413	0.428	0.443	0.458	0.473	0.488	0.503	0.518	0.533	0.548
280	0.611	0.626	0.641	0.656	0.671	0.686	0.701	0.716	0.731	0.746
290	0.804	0.819	0.834	0.849	0.864	0.879	0.894	0.909	0.924	0.939
300	1.000	1.015	1.030	1.045	1.060	1.075	1.090	1.105	1.120	1.135
310	1.234	1.249	1.264	1.279	1.294	1.309	1.324	1.339	1.354	1.369
320	1.477	1.492	1.507	1.522	1.537	1.552	1.567	1.582	1.597	1.612
330	1.719	1.734	1.749	1.764	1.779	1.794	1.809	1.824	1.839	1.854
340	1.899	1.914	1.929	1.944	1.959	1.974	1.989	2.004	2.019	2.034
350	2.137	2.152	2.167	2.182	2.197	2.212	2.227	2.242	2.257	2.272
360	2.379	2.394	2.409	2.424	2.439	2.454	2.469	2.484	2.499	2.514
370	2.659	2.674	2.689	2.704	2.719	2.734	2.749	2.764	2.779	2.794
380	2.899	2.914	2.929	2.944	2.959	2.974	2.989	3.004	3.019	3.034
390	3.179	3.194	3.209	3.224	3.239	3.254	3.269	3.284	3.299	3.314
400	3.459	3.474	3.489	3.504	3.519	3.534	3.549	3.564	3.579	3.594
410	3.739	3.754	3.769	3.784	3.799	3.814	3.829	3.844	3.859	3.874
420	3.999	4.014	4.029	4.044	4.059	4.074	4.089	4.104	4.119	4.134
430	4.279	4.294	4.309	4.324	4.339	4.354	4.369	4.384	4.399	4.414
440	4.599	4.614	4.629	4.644	4.659	4.674	4.689	4.704	4.719	4.734
450	4.899	4.914	4.929	4.944	4.959	4.974	4.989	5.004	5.019	5.034
460	5.179	5.194	5.209	5.224	5.239	5.254	5.269	5.284	5.299	5.314
470	5.499	5.514	5.529	5.544	5.559	5.574	5.589	5.604	5.619	5.634
480	5.779	5.794	5.809	5.824	5.839	5.854	5.869	5.884	5.899	5.914
490	6.099	6.114	6.129	6.144	6.159	6.174	6.189	6.204	6.219	6.234
500	6.379	6.394	6.409	6.424	6.439	6.454	6.469	6.484	6.499	6.514
510	6.699	6.714	6.729	6.744	6.759	6.774	6.789	6.804	6.819	6.834
520	6.999	7.014	7.029	7.044	7.059	7.074	7.089	7.104	7.119	7.134
530	7.279	7.294	7.309	7.324	7.339	7.354	7.369	7.384	7.399	7.414
540	7.599	7.614	7.629	7.644	7.659	7.674	7.689	7.704	7.719	7.734
550	7.879	7.894	7.909	7.924	7.939	7.954	7.969	7.984	7.999	8.014
560	8.179	8.194	8.209	8.224	8.239	8.254	8.269	8.284	8.299	8.314
570	8.499	8.514	8.529	8.544	8.559	8.574	8.589	8.604	8.619	8.634
580	8.779	8.794	8.809	8.824	8.839	8.854	8.869	8.884	8.899	8.914
590	9.099	9.114	9.129	9.144	9.159	9.174	9.189	9.204	9.219	9.234
600	9.379	9.394	9.409	9.424	9.439	9.454	9.469	9.484	9.499	9.514

ANEXO E (continuación)**TYPE T THERMOCOUPLES**

TEMPERATURES IN DEGREES FAHRENHEIT 1948-1						REFERENCE JUNCTION AT 32 F					
DEG F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS											
780	6.094	6.122	6.149	6.177	6.204	6.232	6.259	6.287	6.314	6.342	6.369
790	6.349	6.377	6.405	6.432	6.460	6.508	6.536	6.563	6.591	6.619	6.647
800	6.647	6.675	6.702	6.730	6.758	6.786	6.814	6.842	6.870	6.898	6.926
810	6.926	6.954	6.982	7.010	7.038	7.066	7.094	7.122	7.151	7.179	7.207
820	7.207	7.235	7.263	7.292	7.320	7.348	7.377	7.405	7.433	7.462	7.490
830	7.490	7.518	7.547	7.575	7.604	7.632	7.661	7.689	7.718	7.746	7.775
840	7.775	7.804	7.832	7.861	7.889	7.918	7.947	7.975	8.004	8.033	8.062
850	8.062	8.090	8.119	8.148	8.177	8.206	8.235	8.264	8.292	8.321	8.350
860	8.350	8.379	8.408	8.437	8.466	8.495	8.524	8.553	8.582	8.612	8.641
870	8.641	8.670	8.699	8.728	8.757	8.787	8.816	8.845	8.874	8.904	8.933
880	8.933	8.962	8.991	9.021	9.050	9.080	9.109	9.139	9.168	9.198	9.227
890	9.227	9.257	9.286	9.316	9.345	9.375	9.404	9.434	9.464	9.493	9.523
900	9.523	9.553	9.582	9.612	9.642	9.671	9.701	9.731	9.761	9.791	9.820
910	9.820	9.850	9.880	9.910	9.940	9.970	10.000	10.030	10.060	10.090	10.120
920	10.120	10.150	10.180	10.210	10.240	10.270	10.300	10.330	10.360	10.390	10.420
930	10.420	10.451	10.481	10.511	10.541	10.572	10.602	10.632	10.662	10.693	10.723
940	10.723	10.753	10.784	10.814	10.845	10.875	10.905	10.936	10.966	10.997	11.027
950	11.027	11.058	11.088	11.119	11.149	11.180	11.211	11.241	11.272	11.302	11.333
960	11.333	11.364	11.394	11.425	11.456	11.487	11.517	11.548	11.579	11.610	11.641
970	11.641	11.671	11.702	11.733	11.764	11.795	11.826	11.856	11.887	11.918	11.949
980	11.949	11.980	12.011	12.042	12.073	12.104	12.135	12.166	12.198	12.229	12.260
990	12.260	12.291	12.322	12.353	12.384	12.416	12.447	12.478	12.509	12.540	12.572
1000	12.572	12.603	12.634	12.666	12.697	12.728	12.760	12.791	12.822	12.854	12.885
1010	12.885	12.917	12.948	12.979	13.011	13.042	13.074	13.105	13.137	13.168	13.200
1020	13.200	13.232	13.263	13.295	13.326	13.358	13.390	13.421	13.453	13.485	13.516
1030	13.516	13.548	13.580	13.611	13.643	13.675	13.707	13.739	13.770	13.802	13.834
1040	13.834	13.866	13.898	13.930	13.961	13.993	14.025	14.057	14.089	14.121	14.153
1050	14.153	14.185	14.217	14.249	14.281	14.313	14.346	14.377	14.409	14.441	14.474
1060	14.474	14.506	14.538	14.570	14.602	14.634	14.666	14.699	14.731	14.763	14.795
1070	14.795	14.828	14.860	14.892	14.924	14.957	14.989	15.021	15.054	15.086	15.118
1080	15.118	15.151	15.183	15.216	15.248	15.280	15.313	15.345	15.378	15.410	15.443
1090	15.443	15.475	15.508	15.540	15.573	15.605	15.638	15.671	15.703	15.736	15.769
1100	15.769	15.801	15.834	15.866	15.899	15.932	15.965	15.997	16.030	16.063	16.096
1110	16.096	16.128	16.161	16.194	16.227	16.259	16.292	16.325	16.358	16.391	16.424
1120	16.424	16.457	16.490	16.523	16.555	16.588	16.621	16.654	16.687	16.720	16.753
1130	16.753	16.786	16.819	16.852	16.886	16.919	16.952	16.985	17.018	17.051	17.084
1140	17.084	17.117	17.150	17.184	17.217	17.250	17.283	17.316	17.350	17.383	17.416
1150	17.416	17.449	17.483	17.516	17.549	17.583	17.616	17.649	17.683	17.716	17.750
1160	17.750	17.783	17.816	17.850	17.883	17.917	17.950	17.984	18.017	18.051	18.084
1170	18.084	18.118	18.151	18.185	18.218	18.252	18.285	18.319	18.353	18.386	18.420
1180	18.420	18.454	18.487	18.521	18.555	18.588	18.622	18.656	18.689	18.723	18.757
1190	18.757	18.791	18.824	18.858	18.892	18.926	18.960	18.993	19.027	19.061	19.095
1200	19.095	19.129	19.163	19.197	19.230	19.264	19.298	19.332	19.366	19.400	19.434
1210	19.434	19.468	19.502	19.536	19.570	19.604	19.638	19.672	19.706	19.740	19.774
1220	19.774	19.808	19.843	19.877	19.911	19.945	19.979	20.013	20.047	20.081	20.116
1230	20.116	20.150	20.184	20.218	20.252	20.287	20.321	20.355	20.389	20.423	20.458
1240	20.458	20.492	20.526	20.560	20.595	20.629	20.663	20.698	20.732	20.766	20.801
1250	20.801	20.835	20.869								

ANEXO F

PROGRAM NAME: RR,CALIBAS
SYSTEM/3+ BASIC -- RELEASE 08
LISTP

```

00010 REM REALIZADO POR JAIRO ORELLANA L.
00020 DIM A(20,20),S(20),R(20),B(20)
00030 PRINT #255: "*****"
00040 PRINT #255: "*" METROLOGIA "*"
00050 PRINT #255: "*" -CONTROL DE CALIDAD- "*"
00060 PRINT #255: "*" ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD "*"
00070 PRINT #255: "*" DE MEDICION "*"
00080 PRINT #255: "*****"
00090 PRINT #255: " ": PRINT #255: " "
00100 INPUT "DE EL NOMBRE DEL INSTRUMENTO: " A$
00110 INPUT "DE EL NUMERO DE OPERADORES, PARTES Y ENSAYOS: " N,N1,N2
00120 INPUT "DE LA TOLERANCIA DE LAS PARTES: " T1
00130 LET S1=0
00140 LET L=N*N2
00150 FOR J=1 TO N1
00160 FOR K=1 TO L
00170 INPUT "DAR LOS DATOS: " A(J,K)
00180 LET S1=S1+A(J,K)^2
00190 NEXT K
00200 NEXT J
00210 REM SUMA DE CUADRADOS ENTRE FILAS NO CORREGIDA
00220 LET S3=0: T=0
00230 FOR I=1 TO N1
00240 LET S(I)=0
00250 FOR J=1 TO L
00260 LET S(I)=S(I)+A(I,J)
00270 NEXT J
00280 LET T=T+S(I)
00290 LET S3=S3+S(I)^2
00300 NEXT I
00310 LET L3=S3/(N*N2)
00320 REM SUMA DE CUADRADOS ENTRE COLUMNAS NO CORREGIDA
00330 LET S5=0: X1=N2: F1=1
00340 FOR J=1 TO N
00350 LET S4=0
00360 FOR I=F1 TO X1
00370 LET R(I)=0
00380 FOR K=1 TO N1
00390 LET R(I)=R(I)+A(K,I)
00400 NEXT K
00410 LET S4=S4+R(I)
00420 NEXT I
00430 LET S5=S5+S4^2
00440 LET X1=X1+N2
00450 LET F1=F1+N2
00460 NEXT J
00470 LET L5=S5/(N1*N2)
00480 REM SUMA DE CUADRADOS ENTRE COMBINACIONES NO CORREGIDA
00490 LET S6=0
00500 FOR I=1 TO N1
00510 LET X=N2: F2=1
00520 FOR K=1 TO N
00530 LET B(K)=0

```


ANEXO F(continuación)

PROGRAM NAME: RR,CALIBAS
SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
LISTP

```

00540 FOR J=F2 TO X
00550 LET B(K)=B(K)+A(I,J)
00560 NEXT J
00570 LET S6=S6+B(K)^2
00580 LET X=X+N2
00590 LET F2=F2+N2
00600 NEXT K
00610 NEXT I
00620 LET L6=S6/N2
00630 REM CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCION
00640 LET F=T^2/(N*N1*N2)
00650 LET P4=L5-F
00660 LET P3=L3-F
00670 LET P1=S1-L6
00680 LET P=S1-F
00690 LET P2=P-P1-P3-P4
00700 LET C4=P4/(N-1)
00710 LET C3=P3/(N1-1)
00720 LET C2=P2/((N1-1)*(N-1))
00730 LET C1=P1/(N*N1*(N2-1))
00740 LET C=P/(N*N1*N2-1)
00750 LET V1=(C4-C2)/(N1*N2)
00760 IF C1>=0 THEN 780
00770 LET C1=0
00780 IF V1>=0 THEN 800
00790 LET V1=0
00800 LET V2=5.15*SQR(C1)
00810 LET V=5.15*SQR(V1)
00820 LET R1=SQR(V2^2+V^2)
00830 LET V3=100*V2/T1
00840 LET V4=100*V/T1
00850 LET V5=100*R1/T1
00860 PRINT #255: "EQUIPO:";A$
00870 PRINT #255: " "
00880 PRINT #255: "REPETIBILIDAD(VARIACION DEL EQUIPO)=";V2
00890 PRINT #255: "REPRODUCIBILIDAD(VARIACION DE OPERADORES)=";V
00900 PRINT #255: "REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD(R&R)=";R1
00910 PRINT #255: " "
00920 PRINT #255: "ANALISIS DE % TOLERANCIA"
00930 PRINT #255: "*****"
00940 PRINT #255: " "
00950 PRINT #255: "% VARIACION DEL EQUIPO=";V3
00960 PRINT #255: "% VARIACION DE OPERADORES=";V4
00970 PRINT #255: "% R&R=";V5
00980 IF V5<=30 THEN 1010
00990 PRINT #255: "REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD NO ES ACEPTABLE"
01000 GOTO 1020
01010 PRINT #255: "REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD ACEPTABLE"
01020 INPUT "DESEA REALIZAR OTRO CALCULO SI/NO:"; D$
01030 IF D$="SI" THEN 90
01040 END

```


ANEXO 6

PROGRAM NAME: REP,CALIBAS
SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
LISTP

```

00010 REM REALIZADO POR JAIRO ORELLANA L.
00020 DIM A(15,15),S(15)
00030 PRINT #255: "*****"
00040 PRINT #255: "          METROLOGIA          *"
00050 PRINT #255: "          -CONTROL DE CALIDAD-          *"
00060 PRINT #255: "*ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD DE EQUIPOS DE MEDICION*"
00070 PRINT #255: "*****"
00080 PRINT #255: " " PRINT #255: " "
00090 INPUT "DE EL NOMBRE DE LOS INSTRUMENTOS:": A$
00100 INPUT "DE EL NUMERO DE INSTRUMENTOS:": R
00110 INPUT "DE EL NUMERO DE MEDICIONES REPETIDAS:": C
00120 INPUT "DE LA TOLERANCIA:": TOL
00130 FOR I=1 TO R
00140 FOR J=1 TO C
00150 INPUT "DAR LOS DATOS:": A(I,J)
00160 NEXT J
00170 NEXT I
00180 LET S1=0
00190 LET T=0
00200 LET S2=0
00210 FOR I=1 TO R
00220 LET S(I)=0
00230 FOR J=1 TO C
00240 LET S(I)=S(I)+A(I,J)
00250 LET S1=S1+A(I,J)^2
00260 NEXT J
00270 LET T=T+S(I)
00280 LET S2=S2+S(I)^2
00290 NEXT I
00300 LET L=S2/C
00310 LET FC=T^2/(R*C)
00320 LET SS3=L-FC
00330 LET SS=S1-FC
00340 LET SS2=SS-SS3
00350 LET SSM3=SS3/(R-1)
00360 LET SSM2=SS2/(R*(C-1))
00370 LET SSM=SS/(R*C-1)
00380 LET VEI=(SSM3-SSM2)/C
00390 LET VE=6*SQR(SSM2)
00400 LET TVE=100*VE/TOL
00410 PRINT #255: "EQUIPO=";A$
00420 PRINT #255: " "
00430 PRINT #255: "VARIANZA DEL EQUIPO=";SSM2
00440 PRINT #255: "VARIANZA ENTRE EQUIPOS=";VEI
00450 PRINT #255: " "
00460 PRINT #255: "REPETIBILIDAD(VARIACION DEL EQUIPO)=";VE
00470 PRINT #255: " " PRINT #255: " "
00480 PRINT #255: "ANALISIS DE % TOLERANCIA"
00490 PRINT #255: "*****"
00500 PRINT #255: " "
00510 PRINT #255: "% VARIACION DEL EQUIPO=";TVE
00520 IF TVE<=25 THEN 550
00530 PRINT #255: "REPETIBILIDAD NO ACEPTABLE PARA LA POBLACION DE EQUIPOS

```

ANEXO 6 (continuación)

PROGRAM NAME: REF,CALIBAS
SYSTEM/34 BASIC -- RELEASE 08
LISTP

00540 GOTO 560
00550 PRINT #255: "REPETIBILIDAD ACEPTABLE PARA LA POBLACION DE EQUIPOS"
00560 INPUT "DESEA REALIZAR OTRO CALCULO SI/NO": B\$
00570 IF B\$="SI" THEN 80
00580 END

ANEXO H

Equivalencias entre las unidades métricas

LONGITUD

	m	cm	mm	μ	Å
1 m.....	1	10^2	10^3	10^6	10^{10}
1 cm.....	10^{-2}	1	10	10^4	10^8
1 mm.....	10^{-3}	10^{-1}	1	10^3	10^7
1 micra (μ)..	10^{-6}	10^{-4}	10^{-3}	1	10
1 Angstrom(Å)	10^{-10}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-4}	1

SUPERFICIE

	m ²	cm ²	mm ²	area
1 m ²	1	10^4	10^6	10^{-2}
1 cm ²	10^{-4}	1	10^2	10^{-6}
1 mm ²	10^{-6}	10^{-2}	1	10^{-8}
1 área	10^2	10^6	10^8	1

VOLUMEN, CAPACIDAD Y GASTO

	m ³	cm ³	mm ³	l
1 m ³	1	10^6	10^9	10^3
1 cm ³	10^{-6}	1	10^3	10^{-3}
1 mm ³	10^{-9}	10^{-3}	1	10^{-6}
1 litro (l)....	10^{-3}	10^3	10^6	1

MASA

	g	kg	utm
1 g.....	1	10^{-3}	1.02×10^{-4}
1 kg.....	10^3	1	0,102
1 utm.....	$9,81 \times 10^3$	9,81	1

TIEMPO

	año	d	h	min.	s
1 año.....	1	365	$8,76 \times 10^3$	$5,256 \times 10^5$	$3,1536 \times 10^7$
1 día (d).....	$2,4 \times 10^{-2}$	1	24	$1,44 \times 10^3$	$8,64 \times 10^4$
1 hora (h).....	$0,114 \times 10^{-2}$	$4,167 \times 10^{-3}$	1	60	$3,6 \times 10^3$
1 minuto (min.)..	$1,90 \times 10^{-4}$	$0,694 \times 10^{-3}$	$1,667 \times 10^{-2}$	1	60
1 segundo (s)....	$3,171 \times 10^{-8}$	$1,157 \times 10^{-3}$	$2,778 \times 10^{-4}$	$1,667 \times 10^{-2}$	1

ANEXO H (continuación)

ÁNGULO PLANO

	circunf.	rad	grado sex. (°)	min. sex. (')	seg. sex. (")
1 circunferencia.	1	6,2832	360	$2,16 \times 10^4$	$1,296 \times 10^6$
1 rad.....	0,15915	1	57,296	$3,43775 \times 10^3$	$2,0626 \times 10^5$
1 grado sex. (°)...	$2,778 \times 10^{-3}$	$1,7453 \times 10^{-2}$	1	60	$3,6 \times 10^3$
1 min. sex. (')...	$4,63 \times 10^{-5}$	$2,909 \times 10^{-4}$	$1,667 \times 10^{-2}$	1	60
1 seg. sex. (")...	$7,716 \times 10^{-7}$	$4,848 \times 10^{-6}$	$2,778 \times 10^{-4}$	$1,667 \times 10^{-2}$	1

VELOCIDAD LINEAL

	cm/s	m/s	m/min	km/h
1 cm/s.....	1	10^{-2}	0,6	$3,6 \times 10^{-2}$
1 m/s.....	10^2	1	60	3,6
1 m/min.....	1,667	$1,667 \times 10^{-2}$	1	6×10^{-2}
1 km/h.....	27,78	0,2778	16,67	1

VELOCIDAD ANGULAR

	rad/s	rps	rpm	rev/dia	grado sex/s
1 rad/s.....	1	0,1592	9,549	13 750,56	57,296
1 rps (rev/s).....	6,2832	1	60	$8,64 \times 10^4$	360
1 rpm (rev/min.)...	0,10472	0,01667	1	$1,4402 \times 10^3$	6
1 rev/dia.....	$7,272 \times 10^{-5}$	$1,1574 \times 10^{-5}$	$6,944 \times 10^{-4}$	1	$4,166 \times 10^{-3}$
1 grado sex/s.....	0,017453	$2,777 \times 10^{-3}$	0,1667	240	1

ACELERACION LINEAL

	cm/s ²	m/s ²	$\frac{\text{m/min.}}{\text{s}}$	$\frac{\text{km/h}}{\text{s}}$
1 cm/s ²	1	10^{-2}	0,6	0,036
1 m/s ²	10^2	1	60	3,6
$\frac{\text{m/min.}}{\text{s}}$	1,667	$1,667 \times 10^{-2}$	1	0,06
$\frac{\text{km/h}}{\text{s}}$	27,78	0,2778	16,67	1

ANEXO II (continuación)

DENSIDAD

	g/cm ³	kg/m ³	utm/m ³	g/l	kp/l
1 g/cm ³	1	10 ³	102	10 ³	1
1 kg/m ³	10 ⁻³	1	0,102	1	10 ⁻³
1 utm/m ³	9,81 × 10 ⁻³	9,81	1	9,81	9,81 × 10 ⁻³
1 g/l.....	10 ⁻³	1	0,102	1	10 ⁻³
1 kg/l.....	1	10 ³	102	10 ³	1

CAUDAL O FLUJO DE VOLUMEN

	m ³ /s	m ³ /min.	m ³ /h	l/s	l/min.
1 m ³ /s.....	1	60	3,6 × 10 ³	10 ³	6 × 10 ⁴
1 m ³ /min.	1,667 × 10 ⁻²	1	60	16,67	10 ³
1 m ³ /h.....	2,78 × 10 ⁻⁴	1,667 × 10 ⁻²	1	0,278	16,76
1 l/s.....	10 ⁻³	0,06	3,6	1	60
1 l/min.	1,667 × 10 ⁻³	10 ⁻²	0,06	1,667 × 10 ⁻²	

FUERZA Y PESO

	dina	N	kp
1 dina.....	1	10 ⁻⁵	1,02 × 10 ⁻⁶
1 newton (N)....	10 ⁵	1	0,102
1 kilopondio (kp)...	9,81 × 10 ⁵	9,81	1

PRESION

	bar (dina/cm ²)	pascal (N/m ²)	kp/m ²	Atm	bar	kp/cm ² (atm)	torr (mm · c · Hg)	m · c · a.
1 dina(dina/cm ²)...	1	0,1	0,0102	0,987 × 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	0,102 × 10 ⁻⁶	7,5 × 10 ⁻⁴	10,2 × 10 ⁻⁶
1 pascal (N/m ²)...	10	1	0,102	9,87 × 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	0,102 × 10 ⁻⁶	7,5 × 10 ⁻³	10,2 × 10 ⁻⁶
1 kp/m ²	98,1	9,81	1	9,68 × 10 ⁻⁵	9,81 × 10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	0,0736	10 ⁻³
1 Atmósfera (Atm).....	1,013 × 10 ⁶	1,013 × 10 ⁶	1,033 × 10 ⁴	1	1,013	1,033	760	10,33
1 bar.....	10 ⁶	10 ⁵	0,102 × 10 ⁴	0,987	1	1,02	750	10,2
1 kp/cm ² (atm)...	9,81 × 10 ⁶	9,81 × 10 ⁵	10 ⁴	0,987	0,981	1	736	10
1 torr (mm · c · Hg)...	1,33 × 10 ³	133	13,6	1,31 × 10 ⁻³	1,33 × 10 ⁻³	1,36 × 10 ⁻³	1	13,6 × 10 ⁻³
1 m · c · a.	9,81 × 10 ⁴	9,81 × 10 ³	10 ³	9,68 × 10 ⁻²	9,81 × 10 ⁻²	0,1	73,6	1

ANEXO H (continuación)

TRABAJO, ENERGIA, CALOR

	erg.	1 J	kpm	cal	l · Atm	kW · h	CV · h	eV
1 erg.	1	10^{-7}	$0,102 \times 10^{-7}$	$0,2389 \times 10^{-7}$	$9,87 \times 10^{-12}$	$2,778 \times 10^{-14}$	$3,77 \times 10^{-14}$	$6,25 \times 10^{11}$
1 J.	10^7	1	0,102	0,2389	$9,87 \times 10^{-3}$	$2,778 \times 10^{-7}$	$3,77 \times 10^{-7}$	$6,25 \times 10^{18}$
1 kpm.	$9,81 \times 10^7$	9,81	1	2,343	0,0968	$2,72 \times 10^{-6}$	$3,70 \times 10^{-6}$	$6,37 \times 10^{19}$
1 cal.	$4,186 \times 10^7$	4,186	0,427	1	0,0413	$1,163 \times 10^{-6}$	$1,58 \times 10^{-6}$	$2,6 \times 10^{19}$
1 l · Atm.	$1,01 \times 10^8$	101,323	10,33	24,2	1	$2,81 \times 10^{-6}$	$3,82 \times 10^{-6}$	$6,33 \times 10^{20}$
1 kW · h.	$3,6 \times 10^{13}$	$3,6 \times 10^6$	$3,67 \times 10^6$	$8,6 \times 10^6$	$3,55 \times 10^4$	1	1,36	$2,24 \times 10^{22}$
1 CV · h.	$2,65 \times 10^{13}$	$2,65 \times 10^6$	$2,7 \times 10^6$	$6,32 \times 10^6$	$2,61 \times 10^4$	0,736	1	$1,65 \times 10^{22}$
1 eV.	$1,60 \times 10^{-12}$	$1,60 \times 10^{-19}$	$1,63 \times 10^{-20}$	$3,82 \times 10^{-20}$	$1,58 \times 10^{-21}$	$4,44 \times 10^{-28}$	$6,04 \times 10^{-28}$	1

POTENCIA

	erg/s	W (J/s)	kpm/s	cal/s	kcal/min	CV
1 erg/s.	1	10^{-7}	$0,102 \times 10^{-7}$	$0,2389 \times 10^{-7}$	$1,433 \times 10^{-9}$	$1,36 \times 10^{-10}$
1 W.	10^7	1	0,102	0,2389	0,0143	$1,36 \times 10^{-3}$
1 kpm/s.	$9,81 \times 10^7$	9,81	1	2,343	0,141	$1,33 \times 10^{-3}$
1 cal/s.	$4,186 \times 10^7$	4,186	0,427	1	0,06	$5,69 \times 10^{-3}$
1 kcal/min.	$6,98 \times 10^8$	69,8	7,11	16,67	1	$9,49 \times 10^{-3}$
1 CV.	736×10^7	736	75	175,72	10,54	1

CALOR ESPECIFICO (Y CALOR LATENTE prescindiendo de °C)

	erg/g °C	J/kg °C	kpm/kg °C	cal/g °C (kcal/kg °C)	J/g °C	kcal/g °C
1 erg/g °C.	1	10^{-4}	$0,102 \times 10^{-4}$	$0,2389 \times 10^{-4}$	10^{-7}	$0,2389 \times 10^{-10}$
1 J/kg °C.	10^4	1	0,102	$0,2389 \times 10^{-3}$	10^{-3}	$0,2389 \times 10^{-6}$
1 kpm/kg °C.	$9,81 \times 10^4$	9,81	1	$2,343 \times 10^{-3}$	$9,81 \times 10^{-3}$	$2,343 \times 10^{-6}$
$1 \frac{\text{cal}}{\text{g °C}} = 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg °C}}$	$4,186 \times 10^7$	$4,186 \times 10^3$	427	1	4,186	10^{-3}
1 J/g °C.	10^7	10^3	102	0,2389	1	$0,2389 \times 10^{-3}$
1 kcal/g °C.	$4,186 \times 10^{10}$	$4,186 \times 10^6$	$4,27 \times 10^5$	10^3	$4,186 \times 10^3$	1

CONDUCTIVIDAD TERMICA

	erg/s · cm · °C	J/s · m · °C (o W/m · °C)	kpm/s · m · °C	cal/s · cm · °C	kcal/h · m · °C
1 erg/s · cm · °C.	1	10^{-9}	$0,102 \times 10^{-9}$	$0,2389 \times 10^{-7}$	0,86
1 J/s · m · °C.	10^9	1	0,102	$0,2389 \times 10^7$	$0,86 \times 10^9$
1 kpm/s · m · °C.	$9,81 \times 10^8$	9,81	1	$2,343 \times 10^7$	$8,43 \times 10^9$
1 cal/s · cm · °C.	4,186	$4,186 \times 10^{-7}$	$0,427 \times 10^{-7}$	1	36
1 kcal/h · m · °C.	1,15	$1,165 \times 10^{-9}$	$1,883 \times 10^{-11}$	$2,78 \times 10^{-3}$	1

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para lograr calidad de fabricación es necesario ajustarse a especificaciones. Ya que estas especificaciones están expresadas en la mayor parte en términos de características medibles, es necesario que los instrumentos de medida sean confiables para asegurar que decisiones correctas puedan ser alcanzadas a base de sus lecturas. El asegurar confiabilidad en las lecturas de los instrumentos de medición es el propósito de esta tesis.

Para lograr estos objetivos es necesario que los instrumentos sean mantenidos calibrados.

Es necesario primero comprobar la calibración del instrumento antes de que alguna decisión sea tomada. Para esto se han elaborado procedimientos en los cuales se utilizan básicamente tres técnicas estadísticas.

- 1.- Asignar al instrumento un error sistemático máximo permisible (Tolerancia de Exactitud)
- 2.- Pruebas de Hipótesis con la Distribución t .
- 3.- Ajuste de Líneas Rectas y Pruebas de Hipótesis con la Distribución t .

Si bien en la práctica puede hacerse uso de los procedimientos con cualquiera de estas tres técnicas, es necesario hacer algunos comentarios al respecto.

- La Técnica Nº 1 es la de más fácil utilización, pero también puede estar sujeta a errores, debido a que no se puede tomar decisiones solamente en base a una pequeña muestra de datos sin tomar en cuenta las variaciones propias del muestreo. Esta técnica puede ser de utilidad para instrumentos que posean errores de precisión pequeños o nulos.

- En cuanto a la técnica Nº 2 se ha realizado solamente dos procedimientos, para velocímetros y para medidores de temperatura de descarga en bamburries. Esto se debe a que en estos dos tipos de instrumentos se puede tener la mejor aplicación de esta técnica. Además es de fácil y rápida aplicación, y se ve aún más facilitada debido a que se ha realizado un programa para computadora en language Basic para realizar esta prueba.

- La técnica con la cual podemos lograr un alto grado de confiabilidad de que una decisión correcta ha sido tomada, es sin duda la Nº 3, ya que ésta toma en cuenta todas las variaciones posibles que puede tener un proceso de medición, como son la variación misma del equipo (Repetibilidad) así como la variación propia de la muestra de datos tomados para este propósito de verificación de calibración. Si bien el realizar los cálculos resulta un tanto largo, esto se ve facilitado debido a que se ha realizado un programa para computadora en language Basic. Por lo tanto los resultados pueden obtenerse casi en forma inmediata.

A parte de las técnicas anteriormente mencionadas que nos permite

evaluar el error de exactitud de un instrumento de medición, también se ha realizado un procedimiento para la evaluación de los errores de precisión (procedimiento IC- 8.24).

También es necesario anotar la importancia del Capítulo III (Programas para reducir el error), en la cual mediante un diseño de experimentos y analizando los resultados mediante el "Análisis de Varianza" se estudian dos variaciones comunes que pueden presentarse en el proceso de medición como es el caso de la variación del equipo y la variación de operadores. Cuantificando estas variaciones podremos entonces tomar las acciones correctivas necesarias y tratar de mejorar el proceso de medición. Además en este capítulo se ha realizado un procedimiento adicional para determinar la repetibilidad de equipos de medición utilizando el "Análisis de Varianza" de un factor, el cual nos puede servir para tomar decisiones de la población de equipos, partiendo solamente de una muestra de estos.

En lo referente a la organización misma de un Programa de Metrología, ésta se encuentra detallada en el Capítulo II, en donde se dan todos los pasos necesarios a seguirse para un control eficiente de los equipos de medición.

Es recomendable que toda industria posea sus patrones , instrumentos y equipos de ensayo en el Sistema Internacional de Unidades (S.I.), debido a que éste se trata de un sistema más coherente y que actualmente se está imponiendo en todo el mundo.

Para concluir se puede decir que si bien las Pruebas t, el Ajuste de Líneas Rectas y el Análisis de Varianza, aquí se ha utilizado para propósitos específicos de Comprobación de Calibración y de determinación

de Repetibilidad y Reproducibilidad de instrumentos de medición, éstas pueden tener muchas otras aplicaciones de importancia.

Espero con esta tesis contribuir para la implementación de un Programa de Metrología en la Compañía Ecuatoriana del Caucho S.A. y en otras industrias, así como también el inicio de un programa de "Diseño de Experimentos" en la cual pueden aplicarse muchos de los conceptos aquí estudiados.

BIBLIOGRAFIA

1.- "PLANIFICACION Y ANALISIS DE LA CALIDAD"

J.M. JURAN & FRANK M. GRYNAL, JR.

Editorial reverté, s.a., 1977

2.- "METODOS DE EXPERIMENTACION CIENTIFICA"

Dr. Luis A. Romo S., Ph.D.

Editorial universitaria, 1973

3.- "ESTADISTICA PARA INGENIEROS"

ALBERT H. BOWKER & GERALD J. LIEBERMAN

Editorial Dossat, S.A., 1981

4.- "LA INSPECCION Y EL CONTROL DE LA CALIDAD"

Antonio Sánchez Sánchez

Editorial LIMUSA, S.A., 1983

5.- "ESTADISTICA"

MURRAY R. SPIEGEL, Ph.D.

Editorial Mc. GRAW-HILL., 1984

6.- "MANUAL DE ESTADISTICA"

BASILIO GIARDINA

Compañía Editorial Continental, S.A., 1968

- 7.- "TEMPERATURE MEASUREMENT THERMOCOUPLES"
AMERICAN NATIONAL STANDARD
ISA, 1982
- 8.- "INSTRUMENT MAINTENANCE MANAGES' SOURCEBOOK"
Editor: Joseph D. Patton, Jr.
Sponsored by: The Maintenance Division of ISA
Instrument Society of American, 1980
- 9.- "ESTADISTICA PARA CIENCIAS E INGENIERIA"
John B. Kennedy/Adam M. Neville
Editorial HARLA, S.A. de C.V.
- 10.- "VARIOS MANUALES E INSTRUCTIVOS" de
Compañía Ecuatoriana del Caucho S.A.
Cuenca - Ecuador, 1986 - 1987