

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INTERCOMPARACIÓN DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ANNER BAUDILIO MEJÍA SANTOS**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado:

***INTERCOMPARACIÓN DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL,***

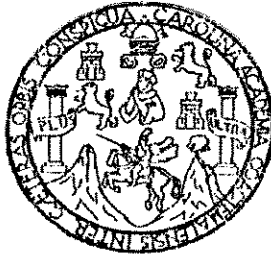
tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 19 de agosto de 1996.

Atentamente,



Anner Baudilio Mejía Santos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS

VOCAL 1º: ING. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ GUERRA

VOCAL 2º: ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLÓRZANO

VOCAL 3º: ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ

VOCAL 4º: BR. VICTOR RAFAEL LOBOS ALDANA

VOCAL 5º: BR. WAGNER LÓPEZ CÁCERES

SECRETARIO: ING. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN**

**GENERAL PRIVADO**

DECANO: ING. JULIO ISMAÉL GONZÁLEZ PODSZUECK

EXAMINADOR: ING. FRANCISCO A. HERNÁNDEZ ARRIAZA

EXAMINADOR: ING. ALEKSANDER D. SEROVIC G.

EXAMINADOR: ING. ANIBAL CHICOJAY COLOMA

SECRETARIO: ING. FRANCISCO GONZÁLEZ LÓPEZ

Guatemala, 12 de septiembre de 1996.

Ingeniero:  
Sergio Torres  
Coordinador de Carrera  
Ingeniería Mecánica Industrial

Señor Coordinador:

Me dirijo a usted para presentarle el trabajo de tesis titulado **INTERCOMPARACIÓN DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL**, realizado por el estudiante **ANNER BAUDILIO MEJÍA SANTOS**, el cual fue revisado por mí, en su totalidad.

Estimo que el presente trabajo cumple con los objetivos planteados.

Tanto el estudiante como yo nos hacemos responsables por el contenido de esta tesis.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted como su seguro servidor.

Atentamente,



Ing. Noel Prado  
Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



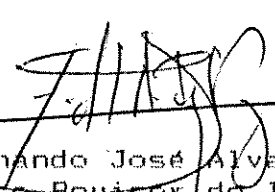
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **INTERCOMPARACION DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Anner Baudilio Mejía Santos**, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Fernando José Álvarez Paz  
Catedrático Revisor de la Tesis  
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, junio de 1997

/emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

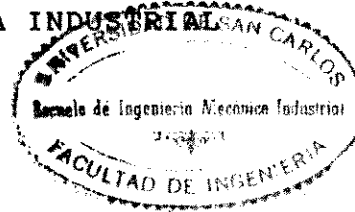
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área, del Coordinador General de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado INTERCOMPARACION DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL, presentado por el estudiante universitario Anner Baudilio Mejía Santos, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, julio de 1,997.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado INTERCOMPARACION DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL, presentado por el estudiante universitario Anner Baudilio Mejía Santos, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, julio de 1,997.

emds

## DEDICATORIA

**A:**

**-JESUCRISTO, MI SEÑOR Y DIOS**

Nombre sobre todo nombre, mi único y suficiente Salvador.  
Todo el honor y toda la gloria sean, ahora y siempre para él.

**-MIS PADRES**

José Baudilio Mejía Morales  
María de los Angeles Santos Reyes  
Gracias por su incondicional apoyo y amor.

**-MIS HERMANOS**

Con especial cariño a Gunther, a Leslie y a la Negrita (Wendy);  
también a Giovani por estar pendiente de que mi carrera fuera terminada;  
a Vlady y a Cindy.

**-MI ESPOSA**

Wendy Yesenia Flores de Mejía  
Te amo.



## **AGRADECIMIENTO**

**A: EL INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN Y  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (ICAITI)**

**A: ING. NOÉL PRADO**

Por todo su apoyo y asistencia para el desarrollo de este trabajo.

**A: LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

## ÍNDICE GENERAL

---

<b>Tema</b>	<b>Página</b>
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	v
INTRODUCCIÓN.....	vii
OBJETIVOS.....	ix
GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS.....	x
<b>1. TRAZABILIDAD Y JERARQUÍA EN PATRONES</b>	
1.1. Trazabilidad.....	1
1.2. Transferencia de unidades de medida.....	3
1.3. Clasificación y especificaciones de masas patrón.....	6
1.3.1. Clasificación de las masas por su exactitud.....	7
1.3.2. Forma general de las masas.....	7
1.3.3. Composición de un juego de masas.....	8
1.4. Balanzas: clases y usos.....	9
1.4.1. Balanza.....	9
1.4.2. Tipos de balanzas.....	10
1.5. Capacidad del proceso y tolerancias.....	13
1.6. Control metrológico del equipo.....	14
1.6.1. Verificación: métodos de pesar.....	15
1.6.2. Certificación del juego de masas.....	18
1.7. Aspectos sobre metrología legal.....	18

---

---

<b>Tema</b>	<b>Página</b>
<b>2. INTERCOMPARACIÓN DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL</b>	
2.1. Diseño del anillo de intercomparación.....	20
2.2. Selección del patrón viajero para la intercomparación.....	22
2.3. Descripción de la intercomparación.....	22
2.3.1. Método de intercomparación.....	22
2.3.2. Diseño de formatos.....	25
2.4. Procedimiento para el manejo de patrones de masa.....	28
2.5. Requisitos de equipos e instalación de las empresas participantes.....	28
2.6. Normas sobre patrones de masa.....	29
<b>3. REALIZACIÓN DE LA INTERCOMPARACIÓN</b>	
3.1. Visitas a las empresas.....	33
3.2. Serie de mediciones en cada empresa.....	34
3.3.1. Condiciones ambientales de la medición.....	35
3.3. Recopilación de la información en los formatos respectivos y descripción de equipos utilizados.....	35
3.4. Revisión y validación de los datos obtenidos.....	41

---

<b>Tema</b>	<b>Página</b>
<b>4. RESULTADOS DE LA INTERCOMPARACIÓN</b>	
4.1. Determinación de la incertidumbre de las mediciones realizadas.....	42
4.2. Presentación de datos de la intercomparación.....	44
4.3. Presentación gráfica de resultados.....	47
4.4. Interpretación de los resultados.....	47
4.5. Conclusiones y comentarios de las empresas participantes.....	50
CONCLUSIONES.....	xvi
RECOMENDACIONES.....	xvii
BIBLIOGRAFÍA.....	xviii
ANEXOS:	
ANEXO 1: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL PATRÓN VIAJERO.....	xix
ANEXO 2: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL TERMÓMETRO UTILIZADO EN LA INTERCOMPARACIÓN.....	xxi
ANEXO 3: NORMA OIML 111, SECCIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LAS MEDICIONES DE MASA.....	xxii

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
I	Clasificación de las masas por su exactitud.....	6
II	Características físicas de las masas.....	7
III	Secuencias de juegos de masas.....	9
IV	Criterios de clasificación de las balanzas.....	9
V	Tipos de balanzas.....	10
VI	Máximos errores permisibles.....	30
VII	Datos recopilados empresa 1.....	36
VIII	Datos recopilados empresa 2.....	36
IX	Datos recopilados empresa 3.....	37
X	Datos recopilados empresa 4.....	37
XI	Datos recopilados empresa 5.....	38
XII	Datos recopilados empresa 6.....	38
XIII	Datos recopilados empresa 7.....	39
XIV	Datos recopilados empresa 8.....	39
XV	Datos recopilados empresa 9.....	40
XVI	Datos recopilados empresa 10.....	40
XVII	Resultados empresa 1.....	44
XVIII	Resultados empresa 2.....	45
XIX	Resultados empresa 3.....	46
XX	Resultados empresa 4.....	47
XXI	Resultados empresa 5.....	48

---

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
XXII	Resultados empresa 6.....	49
XXIII	Resultados empresa 7.....	50
XXIV	Resultados empresa 8.....	51
XXV	Resultados empresa 9.....	52
XXVI	Resultados empresa 10.....	53
XXVII	Cuadro resumen de resultados.....	54

---

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

---

<b>Gráfica</b>	<b>Página</b>
Esquema de jerarquía de patrones de masa.....	5
Gráfica de resultados 1: comparación entre el valor nominal y el valor obtenido en la intercomparación.....	55
Gráfica de resultados 2: desviación promedio del valor nominal e incertidumbre de la medición.....	56
Gráfica de resultados 3: desviación del valor nominal e incertidumbre de la medición para masas F1 y F2.....	57
Gráfica de resultados 4: desviación promedio del valor nominal e incertidumbre de la medición para masas M1, M2 y M3.....	58

---

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los requerimientos de calidad de la comunidad internacional, así como la producción y comercialización de los productos en Guatemala, tanto para importación como para exportación, han demandado confiabilidad en las mediciones. La confiabilidad en las mediciones se consigue por medio de la calibración y certificación del equipo de medición, actividad que compete a la metrología; de aquí la importancia que ha cobrado esta ciencia en los últimos años. La metrología es una actividad de tipo técnico que ocupa uno de los primeros lugares en el campo de la cooperación internacional. La importancia de la cooperación consiste en la naturaleza de algunas mediciones, principalmente para los patrones primarios que no han podido ser definidos con base en una constante física, sino que están referidos a un prototipo, como lo es el caso de los patrones de masa.

En Guatemala no se han desarrollado métodos ni formatos para realizar procedimientos de intercomparación de masas, y debido a los requerimientos internacionales de calidad, existe, actualmente, en la industria la necesidad de tecnificar al personal, así como de establecer procedimientos para cumplir con dichas normas. El problema radica en que cualquier persona o empresa que pretenda instalar un laboratorio de masas independientemente y sin ninguna de las referencias establecidas e internacionalmente aceptadas, tendría que iniciar su propia escala y sistemas de masa para conseguir la aceptación de sus clientes, para luego buscar la aceptación nacional e internacional.



Es de suma importancia para la industria guatemalteca capacitar a su personal y dar a conocer las normas internacionales, según las cuales se efectúan las calibraciones; para tal efecto y para determinar con qué exactitud se mide actualmente la unidad de masa en la industria guatemalteca, se realizará en el presente trabajo un diagnóstico y a la vez un ejercicio de intercomparación de masas aplicando las normas OIML (Organización Internacional de Metrología Legal), también se desarrollarán el diseño de los formatos y métodos para realizar análisis de intercomparación. Esto viene a cubrir la urgente necesidad principalmente de aquellas industrias, que por estar en proceso de certificación de calidad o que por estar implementando sistemas de calidad, requieren de mayor tecnificación en el área de masas.

## OBJETIVOS

### *GENERALES:*

-Dar a conocer las normas sobre metrología industrial en lo que concierne a la calibración de masas.

-Elaborar un documento para dar a conocer los métodos, procedimientos e instrucciones de trabajo necesarios para calibrar patrones de alta y mediana precisión.

### *ESPECÍFICOS:*

-Presentar la base teórica para la evaluación y diagnóstico del área de medición de masas en empresas con sistemas implementados de calidad.

-Realizar un diagnóstico, en el cual se determine la capacidad que tienen las empresas que se hayan seleccionado en cuanto a la exactitud de sus patrones de masa, específicamente clases de precisión F (patrones de referencia de precisión fina) y clases de precisión M (patrones de trabajo).

-Efectuar la intercomparación propuesta y documentar cada uno de los pasos efectuados, para que sirvan como base en las intercomparaciones a más alto nivel, tanto en precisión como en el número de laboratorios participantes.

-Presentar, dentro de las conclusiones del diagnóstico, el curso a seguir por parte de las empresas que participaron en la intercomparación, y que esto sirva de guía a la vez a todas las empresas interesadas en la aplicación de estos conceptos.

## GLOSARIO

**Ajuste:** en metrología, el ajuste consiste en regular un instrumento de medida o una pesa marcada de manera que la indicación se desvíe lo menos posible del valor justo o que la desviación quede dentro de los límites de los errores máximos tolerados:

(1) Para una balanza, regulación fina de sus funciones por personal especializado.

(2) Para una masa marcada, corrección en relación con su valor nominal, por ejemplo, introduciendo material de corrección o sacándolo de la cavidad de ajuste.

**Autoridades de verificación:** autoridades de metrología legal competentes para decidir la aprobación de modelo de los instrumentos de medida.

**Balanza:** instrumento de medida que sirve para determinar la masa de un objeto generalmente a partir de la fuerza ejercida por este objeto sobre su soporte, en el campo de gravitación de la tierra.

**BIML:** siglas del Buró Internacional de Metrología Legal (Bureau International de Métrologie Légale). Institución metrológica con sede en París, Francia; dónde se encuentran resguardados los patrones de referencia internacional.

**BIPM:** siglas del Buró Internacional de Pesas y Medidas. Institución metrológica con sede en París, Francia; que regula las normas internacionales de pesas y medidas.

**Calibración:** conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida

materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones.

*Cavidad de ajuste:* cavidad que puede cerrarse en las masas marcadas y que contiene granalla de plomo, balines, etc. y que sirve para ajustar las masas a su valor nominal. Las masas marcadas de las clases de precisión E1 y E2 no pueden llevar cavidad de ajuste.

*Centro de gravedad:* este término designa el punto de aplicación de la resultante de las fuerzas que ejerce la gravedad sobre las distintas partes de un cuerpo. Es también el punto donde se imagina concentrada la masa de un cuerpo o de un sistema.

*Certificado de verificación:* documento establecido por las autoridades de verificación y que certifica haber efectuado la verificación de un instrumento de medida. En dicho certificado deben registrarse las prescripciones e instrucciones que fijan las condiciones de verificación, además de los resultados obtenidos y la duración de validez del documento.

*Clase de precisión:* clasificación de un grupo de tipos particulares de instrumentos de medida que deben presentar obligatoriamente ciertas características metrológicas definidas dentro de los límites de error dados.

*Clasificación:* operación que consiste en clasificar y separar objetos de la misma naturaleza, por ejemplo, en clases de pesas. No tiene que confundirse con clasificación según la masa.

*Clasificación según la masa:* operación que consiste en determinar la pertenencia de objetos de la misma naturaleza a grupos clasificados en base a su masa, sin separarlos unos de otros.

*Comparación de masas:* determinación de la diferencia entre la masa

conocida de un objeto y la masa conocida de un patrón.

*Desviación:* curso que sigue el índice de equilibrio como respuesta a una excitación de la balanza.

*Desviación típica:* cantidad que sirve para constatar la variabilidad, la reproducibilidad y la fidelidad de una balanza.

*Dinamómetro:* instrumento para medir fuerzas.

*Elongación:* diferencia de longitud de un resorte entre su posición final e inicial.

*Intercomparación:* acción de medir dos o más objetos comunes entre sí, para descubrir sus relaciones o estimar sus diferencias o semejanzas.

*Error de una balanza:* diferencia entre el valor indicado del error tolerado (en más y en menos) por un instrumento de medida, cuando está en servicio. Para las balanzas, los errores máximos tolerados en servicio valen el doble de los errores máximos tolerados en verificación.

*Escala:* serie de trazos de escalón, de puntos o de cifras sobre un dial.

*Escala auxiliar:* escala complementaria.

*Giróstato:* aparato formado por un pesado volante que gira rápidamente y tiende a conservar el plano de rotación reaccionando contra la fuerza que lo aparta de él.

*Incertidumbre de medida:* la incertidumbre de medida de un resultado cubre siempre los errores aleatorios (expresados por la desviación típica o por el intervalo de confianza) de todas las variables individuales que sirven para el cálculo del resultado de medida, así como los errores sistemáticos no determinados porque no son medibles y solamente pueden ser estimados.

**Instrumentos de medida:** herramienta, máquina, equipo, etc., utilizado para realizar mediciones.

**Kilogramo:** es la unidad básica de masa en el sistema internacional de medidas.

**Masa:** la magnitud física “m” es la propiedad de la materia de un cuerpo que se expresa tanto por la inercia respecto a toda alteración de su estado de movimiento, como por la atracción ejercida sobre otros cuerpos. La masa es independiente del lugar. Para determinar la masa de un cuerpo se le compara con cuerpos de masa conocida, por ejemplo por pesaje. La unidad de masa en el sistema internacional es el kilogramo (kg.).

**Metrología:** ciencia que trata de los sistemas de pesas y medidas.

**Medición:** acción de estimar o evaluar una magnitud comparándola con otra de su misma especie tomada por unidad.

**OIML:** siglas de la Organización Internacional de Metrología Legal (Organization Internationale de Métrologie Légale). Esta organización se encarga de estudiar, con un fin de unificación los problemas de carácter legislativo y reglamentario de metrología legal cuya solución es de interés internacional. Publica recomendaciones internacionales sobre los instrumentos de medida (Recomendaciones OIML). Tiene su sede en París, Francia.

**Patrón de medición:** medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

**Patrón de masa:** representación material de una unidad de masa, que sirve para determinar la masa de otros cuerpos.

**Patrón de referencia:** patrón, en general, de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

**Patrón de trabajo:** patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

**Precisión:** este término permite apreciar cualitativamente las propiedades metrológicas de un instrumento de medición. Errores máximos tolerados, desviación típica, incertidumbre de medida, etc.

**PTB:** siglas del Instituto Federal de Física y Técnica de Alemania (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), una de las instituciones más importantes en el estudio y desarrollo de la metrología a nivel mundial.

**Recomendaciones OIML:** recomendaciones internacionales publicadas por la OIML respecto a las cualidades metrológicas y técnicas de los instrumentos de medida y su verificación. Previo acuerdo con la OIML, los estados miembros están normalmente obligados a tener en cuenta, en lo posible, estas recomendaciones cuando vayan a establecer disposiciones de alcance nacional. Hasta ahora se han publicado aproximadamente setenta recomendaciones internacionales.

Las recomendaciones editadas acerca de instrumentos de pesaje son las número: 3, 28, 33, 50, 51, 60, 61 y la 74. Referente a masas marcadas las recomendaciones editadas son las número: 1, 2, 20, 25, 47, 52 y 111.

**Sensibilidad:** es la relación entre la variación de la respuesta de un instrumento de medida y la variación de la carga que la origina.

*Tolerancia de pesos:* término que designa las diferencias en más o menos admitidas para un valor ponderal especificado.

*Verificación:* conjunto de operaciones llevadas a cabo por un organismo del servicio nacional de metrología legal (o bien por otro organismo legalmente autorizado), que tiene como finalidad constatar que, el instrumento de medida satisfaga plenamente las exigencias de los reglamentos establecidos.



# **1. TRAZABILIDAD Y JERARQUIA EN PATRONES**

## **1.1. TRAZABILIDAD.**

Según definición de la norma ISO 8402, 1986: "Es la habilidad de poder seguir la historia, aplicación o localización de un ítem o actividad a través de una identificación registrada".

El concepto de trazabilidad se refiere no solo al campo de masas, sino a todas las mediciones en el campo de metrología. Se entiende por trazabilidad en los patrones de medición, la documentación y constancia de las verificaciones realizadas, que permitan determinar contra qué patrón inmediato de más alta exactitud se comparó, y a su vez ese patrón de más alta exactitud contra cual fue comparado, siguiendo así una secuencia hasta llegar a los patrones nacionales e internacionales.

Para respaldar un certificado de trazabilidad se debe establecer un camino adecuado de auditoría. Esta documentación provee evidencia aceptable que se vuelve importante al utilizar servicios de calibración y al evaluar la trazabilidad de patrones de masa utilizados para establecer la exactitud de equipo de pesaje. Los requerimientos de trazabilidad se deben especificar para un período dado de historia o a un punto de origen.

En otras palabras lo que se genera a través de la documentación de la trazabilidad, es un árbol genealógico que garantiza que incluso los parientes lejanos o las calibraciones de más baja exactitud, están emparentadas con patrones confiables de los cuales se conoce su historia.

En el caso de otras magnitudes diferentes a la de masa, como por ejemplo la temperatura o la longitud, los patrones han sido definidos con base en características de elementos reproducibles, bajo condiciones específicas. Así el punto triple del agua como referencia de temperatura puede ser reproducido con relativa facilidad para alcanzar gran exactitud en las mediciones. En el caso de la masa; por el contrario, los intentos de reproducir medidas exactas independientemente de cualquier primer normal no han tenido éxito. Aún no ha sido posible definir la masa a partir de una constante natural, aunque existen propuestas para contar la cantidad de masa en un mol de materia. Los laboratorios europeos como norteamericanos se disputan el liderazgo para establecer la nueva definición que permita reproducibilidad e independencia.

En 1790, en un esfuerzo por terminar con la enorme diversidad de medidas de masa, la academia francesa de ciencias elaboró una unidad de masa: un litro de agua destilada a 4 grados centígrados debía servir como “medida absoluta” y referencia. Sobre esta base, pero para usos más prácticos, en 1799 fue hecho un cilindro de platino de 1 kilogramo (lo que pesa un litro de agua). Debido a la mayor necesidad en cuanto a exactitud, en 1878 fueron utilizados como patrones nacionales en diferentes países. Posteriormente se hizo una segunda fundición, ya que en 1889 la unidad de masa fue definida en la primera Conferencia General de Pesas y Medidas, como la masa del prototipo internacional del kilogramo, que es resguardado en el Buro Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) en Sévres, París.

El prototipo internacional del kilogramo es un cilindro de 39 mm de altura y 39 mm de diámetro, de una aleación (Pt-Ir) de 90% platino y 10% iridio, cuya densidad es de unos  $21.5 \text{ g/cm}^3$ .

Tampoco en 1960, con la creación del sistema internacional de unidades (SI), se logro fundamentar una definición sobre una constante natural, y se recurrió a continuar utilizando el primer normal de 1889.

Una de las unidades independiente definidas del sistema internacional es la unidad de masa atómica, consistente en la doceava parte de la masa en un átomo del carbono 12.

La definición y su representación de la unidad de medida están, pues, unidas a un determinado cuerpo. Eso significa, que la unidad de medida no se podrá reproducir nunca tan exactamente como cuando se hace la comparación contra el prototipo internacional. De aquí se explica la jerarquía construida de los normales de masa, que se da con la mayor exactitud posible a través de la referencia de la unidad de masa.

En 1883 a partir de tres prototipos de platino iridio (designados como KI hasta KIII) se escogió el prototipo internacional del kilogramo, de otros 40 prototipos (designados del 1 al 40) se escogieron seis como normales de trabajo y reserva para el BIPM, el resto se repartió entre los países miembros pertenecientes a la convención del metro en esa época, como prototipos nacionales. Desde 1929 hasta 1974 se fabricaron otros 23 prototipos y se repartieron como prototipos nacionales designados del 41 al 63.

## **1.2. TRANSFERENCIA DE UNIDADES DE MEDIDA.**

La transferencia de unidades de medida se refiere al documento normalizativo que establece los métodos, medios, errores permisibles e incertidumbres que, se deben tener en cuenta en la transmisión de la unidad de medida desde el patrón nacional hasta los medios de medición de trabajo.

El esquema de transmisión de la unidad de medida de masa es encabezado por el patrón nacional del kilogramo (kilogramo Platino-Iridio No.12). Este es un patrón primario.

Se denomina *patrón primario*, al medio de medición patrón que posee el mayor grado de precisión respecto a otros medios de medición patrones de una misma magnitud en un dominio dado. El patrón nacional de masa se compara con el patrón internacional del kilogramo que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.

Como patrón de la unidad de medida de masa sirve el patrón testigo (patrón secundario), destinado a sustituir al Kilogramo platino-iridio No.12 en caso de su deterioro o pérdida y a comprobar la conservación de sus características. Este patrón no interviene en la transmisión de la unidad de medida de masa.

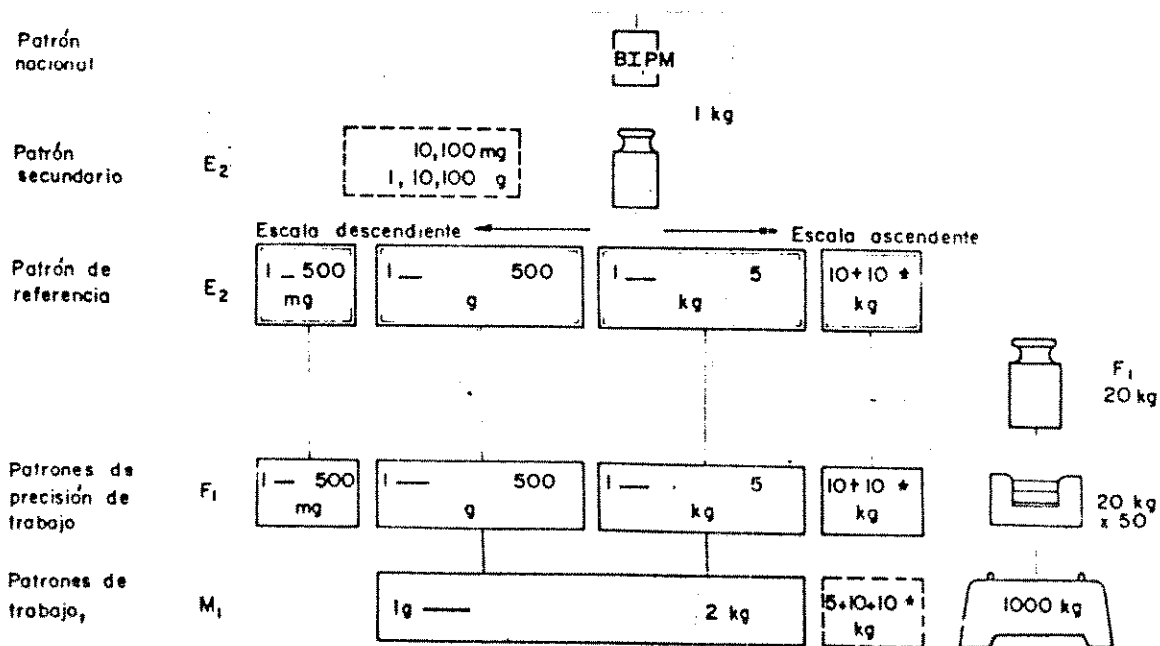
Los *patrones de referencia* de la unidad de masa en Guatemala están contruidos de acero inoxidable, y están destinados a transmitir la unidad de medida de masa a los patrones de trabajo. Estos últimos patrones de verificación están contruidos de platino y acero inoxidable, destinados a transmitir la unidad de medida de masa o valor(es) de ésta, a los patrones de verificación de categoría superior u otro medio de medición de masa, que de acuerdo al esquema de transmisión de esta magnitud, se establezcan.

Se denomina *medio de medición patrón* al medio de medición destinado, mediante certificado o convenio correspondiente, para transmitir la unidad de medida o valor(es) derivada de ésta y para verificar otros medios de medición.

Se denomina *patrón de verificación* al medio de medición patrón, destinado a transmitir valor(es) de la unidad de medida de una magnitud dada y verificar otros medios de medición patrones y/o de trabajo. Con respecto a la medición de la masa sirven como patrones de verificación las medidas de masa y balanzas patrones.

Se denomina *medio de medición de trabajo* al medio de medición destinado para mediciones no relacionadas con la transmisión de la unidad de medida o valor(es) de ésta.

Analizando el esquema de transmisión de la unidad de medida de masa se observará que los patrones de trabajo y las medidas de verificación de 1a, 2a, 3a y 4a categorías se construyen con valor nominal desde 1 mg hasta 2000 kg, y sirven para la verificación de las medidas de masa de uso general de 1a, 2a, 3a, 4a y 5a clases y medidas de masas patrones de inferior categoría. En el esquema de transmisión de la unidad de medida de masa se establecen los métodos, balanzas y sus respectivas categorías, para verificar las medidas de masa de cada clase de precisión; también se establecen las categorías de las medidas de masa con que se verificarán los correspondientes tipos de instrumentos a pesar.



ESQUEMA DE JERARQUÍA DE PATRONES DE MASA

### 1.3. CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE MASAS PATRÓN.

En la cima de la cadena jerárquica para referencia (como punto de partida) de la unidad de masa se encuentra el prototipo internacional del kilogramo en BIPM. Los prototipos nacionales se comparan por medio de una balanza prototipo contra el normal principal BIPM, que a su vez se compara con los prototipos internacionales. El prototipo internacional solo ha sido utilizado para referencia en los años 1889, 1939, 1946 y por último en 1988, de manera que esté protegido de posibles daños. La transmisión de la unidad de masa a través de los institutos nacionales de medición, se logra por medio de patrones primarios de acero (densidad  $8000 \text{ kg/m}^3$ ). La referencia de estos patrones primarios al prototipo nacional constituye un gran problema desde el punto de vista de la técnica de medición, debido a que la necesaria transformación de la densidad  $21500 \text{ kg/m}^3$  (Pt-Ir) a la de  $8000 \text{ kg/m}^3$  (acero o latón, respectivamente) posee una incertidumbre por la corrección del empuje del aire mayor que la incertidumbre de pesada y de las otras variables que influyen.

Los prototipos, patrones primarios y de referencia, son normales de alta precisión, y su manipulación significa un riesgo de cambio de masa (desgaste, suciedad) y posible daño. Por esta razón los intervalos de tiempo escogidos para su comparación deben ser por un lado lo más distanciado posible, y por otro lado suficientemente pequeños para poder conocer a tiempo variaciones en la masa.

#### 1.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS POR SU EXACTITUD.

Las masas se clasifican según su grado de precisión de acuerdo a la tabla I:

TABLA I. CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS POR SU EXACTITUD

Clase	Masas de Precisión	Tolerancias Máximas Aceptadas
E1	muy alta	$5.0 \times 10^{-7}$ del valor nominal de la masa
E2	alta	$1.5 \times 10^{-6}$ del valor nominal de la masa

Clase	Masas de Precisión	Tolerancias Máximas Aceptadas
F1	muy fina	$5.0 \times 10^{-6}$ del valor nominal de la masa
F2	finas	$1.5 \times 10^{-5}$ del valor nominal de la masa
M1	media o de trabajo	$5.0 \times 10^{-5}$ del valor nominal de la masa
M2	media o de trabajo	$1.5 \times 10^{-4}$ del valor nominal de la masa
M3	ordinaria	$5.0 \times 10^{-4}$ del valor nominal de la masa

### 1.3.2. FORMA GENERAL DE LAS MASAS:

Para todas las clases de medidas de masa de trabajo se ha establecido una densidad convencional del material único, igual a  $8,000 \text{ kg/m}^3$ . El ajuste y verificación de las medidas de masa de trabajo se deben efectuar en una atmósfera de densidad  $1.2 \text{ kg/m}^3$  y sobre la base de una densidad convencional del material de  $8,000 \text{ kg/m}^3$ .

**TABLA II. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS MASAS**

Clase de masas	Descripción
E1, E2 & F1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Deberán ser macizas de forma cilíndrica de una sola pieza y podrán o no llevar botón de sujeción.</li> <li>-Las masas de clase E1 y E2 no deberán tener cavidad de ajuste.</li> <li>-La masa clase F1 puede o no tener cavidad de ajuste; en caso que la tuviera, deberá ajustarse con el mismo material del cual está fabricada.</li> </ul>
F2	-Podrán tener forma cilíndrica o forma de paralelepípedo, y cavidad de ajuste localizada en el botón de sujeción o en la base. Las masas de 20 y 50 kg. podrán tener una forma conveniente a su sistema de manipulación.

Clase de masas	Descripción
M1, M2 & M3	<p>-Podrán tener forma de paralelepípedo, y cavidad de ajuste localizada en el botón de sujeción o en la base. Las masas de clases M2 y M3 de 20 Kg. a 50 Kg. podrán tener una forma conveniente a su sistema de manipulación; dependiendo del tipo de facilidades con que se cuente en los centros de calibración, puede adecuarse el tipo de agarraderos, argollas o ganchos para utilizar con grúa viajera, con una carretilla que lleve un sujetador frontal o agarraderas para subir a una carreta o halador.</p> <p>- Las masas clase M2 (precisión media) de 10 Kg. a 100g inclusive, deben tener cavidad de ajuste. Para pesas de 50 a 20g, la cavidad es opcional. Las pesas de 10, 5, 2 y 1g deben ser sólidas sin ninguna cavidad de ajuste.</p>

### ***1.3.3. COMPOSICIÓN DE UN JUEGO DE MASAS.***

Un juego de masas es el conjunto de masas generalmente presentadas en un estuche, compuesto de forma tal que permita efectuar todas las pesadas de las cargas comprendidas entre el valor de masa de menor valor nominal y la suma de las masas de todo el conjunto, con una secuencia en la cual la masa de menor valor nominal constituye el intervalo menor de variación para todas las combinaciones que forman una progresión aritmética.



La composición de un juego de masas deberá ser tal que la secuencia que sigan las masas de dicho juego cumpla con una las mostradas en la tabla III:

**TABLA III. SECUENCIAS DE JUEGOS DE MASAS**

Secuencia	Masas en Kg.
A	10;10;20;50
B	10;10;10;20;50
C	10;20;20;50
D	10;10;20;20;50;

#### **1.4. BALANZAS: CLASES Y USOS.**

##### **1.4.1. BALANZA.**

Es un instrumento de medida que sirve para determinar la masa de un objeto generalmente a partir de la fuerza ejercida por este objeto sobre su soporte en el campo de gravitación de la tierra. La balanza puede utilizarse igualmente para medir otras magnitudes.

Las balanzas se clasifican según los diferentes criterios que se listan en la tabla IV:

**TABLA IV. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE BALANZAS**

Criterios de clasificación	Tipos	Ejemplos
Principio de medida física	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparación directa de masas</li> <li>- Comparación de fuerzas</li> <li>- Otros principios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza de ástil</li> <li>- Balanza electromecánica,</li> <li>-Dinamómetro de resorte</li> <li>- Masa por radiometría</li> </ul>
Clase de precisión		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Balanza de precisión especial (I)</li> <li>-Balanza de precisión fina (II)</li> </ul>

Criterios de clasificación	Tipos	Ejemplos
		-Balanza de precisión media (III) -Balanza de precisión ordinaria (IV)
Tipo de funcionamiento	- Balanza automática  - Balanza no automática	- Instrumento de pesaje totalizador continuo  - Microbalanza
Indicación	- Balanza sin dispositivo indicador  -Balanza con dispositivo indicador	- Balanza de ástil  - Balanza comercial de venta
Equilibrio	- Balanza de equilibrio no automático  - Balanza de equilibrio semiautomático  - Balanza de equilibrio automático	- Balanza de ástil  - Balanza de pesas incorporadas con zona de indicación automática  - Balanza electromecánica

#### 1.4.2. TIPOS DE BALANZAS.

Existen diferentes tipos de balanzas; varían de acuerdo a su fabricación y uso.

En la tabla V se describen diferentes tipos y aplicaciones de balanzas.

TABLA V. TIPOS DE BALANZAS

Tipo	Descripción y uso
Analítica	Son balanzas de alta resolución, versión aprobada de las clases de precisión (I) y (II), susceptibles, por su capacidad y precisión de lectura, de ser utilizadas para análisis químicos. Su alcance

Tipo	Descripción y uso
	máximo puede ser de 50 Kg. El escalón generalmente tiene un valor de $1 \times 10^{-5}$ de alcance máximo.
De ástil	En esta balanza, el receptor de carga está apoyado en una cuchilla sobre la que está libremente suspendido. Se llama “Balanza de ástil simple” cuando lleva un solo platillo y “Balanza de varias palancas” en caso contrario. Entre las balanzas de astil simple se distinguen las balanzas de dos cuchillas y las balanzas de tres cuchillas. La balanza de ástil existe en dos versiones: Balanza de brazos iguales (razón 1:1) y balanzas de brazos desiguales (razón diferente).
De calibración	Balanza de elevada precisión utilizada en los departamentos de pesas y medidas, en particular para verificar pesas marcadas.
De clasificación	Balanza que sirve para constatar si la masa de un cuerpo se sitúa en el interior, por encima o por debajo de determinados límites.
De comparación	Balanza más/ menos.
De dos cuchillas	Balanza ástil simple, con una cuchilla principal y una segunda cuchilla que soporta el objeto a pesar y las masas marcadas. La extremidad opuesta del astil lleva un contrapeso. Balanza de sustitución, estructura de una balanza mecánica.
De Farmacia	Balanza que por su alcance máximo, precisión y comodidad de empleo, es particularmente adecuada para las aplicaciones en farmacia. Balanza de precisión.

Tipo	Descripción y uso
De Laboratorio	Otra denominación de la balanza de precisión o analítica.
De Quilates	(Quilátero) Balanza que indica los resultados del pesaje de las piedras preciosas en quilates métricos.
De Resorte	Dinamómetro de resorte.
Electromécanica	<p>- Balanza con transformación electromagnética directa de las magnitudes de medida y evaluación electrónica. Se trata especialmente de balanzas con bandas extensométricas y células de pesaje.</p> <p>- Balanzas con palancas de carga, transformación electromecánica de las magnitudes de medida y evaluación electrónica. Se trata principalmente de balanzas provistas, por ejemplo, de las células de pesaje siguientes: células de carga, células de cuerdas vibrantes, células de giróstato, células de resortes.</p> <p>- Balanzas con dispositivo medidor de carga mecánica, transformación electromecánica de las magnitudes de medida y evaluación electrónica. Se trata especialmente de balanzas de inclinación y de dinamómetros de resorte, dotados en una escala acotada de un potenciómetro o de cualquier otro dispositivo similar.</p>
Electrónica	Compensación electromagnética de fuerzas.
Hidrostática	Balanza que sirve para determinar la masa volúmica de los líquidos a partir de la medida del empuje de un cuerpo. Determinación de la masa volúmica.

Tipo	Descripción y uso
Más/Menos	Balanza de comparación de equilibrio automático o semiautomático cuya escala indica la diferencia en más o menos entre la masa del cuerpo a pesar y una masa predeterminada.
Mecánica	En esta balanza, la compensación de carga tiene lugar por vía mecánica. La magnitud de medida esta representada por dispositivos mecánicos, ópticos u otros dispositivos no eléctricos (por ejemplo balanza de pesa cursora, dinamómetro de resorte).

### 1.5. CAPACIDAD DEL PROCESO Y TOLERANCIAS.

Un proceso que es capaz es aquel que cumple con las especificaciones de las mediciones. Visto de otra manera, una vez que el proceso se encuentre bajo control estadístico y posea una capacidad adecuada, estará en disposición de cumplir con los requerimientos del consumidor.

El análisis de la capacidad del proceso determina cómo se comporta el proceso y que factores internos o externos lo afectan. Su propósito es descubrir y analizar la variación ocasionada por causas comunes (variación natural) y la variación ocasionada por causas especiales (variación no natural), así como determinar si el proceso puede cumplir con los requerimientos del consumidor.

Muchos procesos de manufactura muestran inicialmente ambos tipos de variaciones. Después de eliminar la variación no natural del proceso, debemos estar seguros de continuar así, por lo que la labor de la persona encargada es mantener su proceso bajo control.

Los gráficos de control constituyen una forma sistemática de reunir muestras del proceso e inferir como se encuentra en un momento determinado.

## **1.6. CONTROL METROLÓGICO DEL EQUIPO.**

La norma 1012-1 establece las características y requisitos metrológicos de los equipos de medición. La norma ISO 9001 en su punto 4.11, hace también referencia al control metrológico que debe seguirse en los equipos de medición y ensayo, esta última norma textualmente dice:

### ***4.11 Equipos de inspección, medición y ensayo.***

**4.11.1** El proveedor debe controlar, calibrar y mantener adecuadamente los equipos de inspección, medición y ensayo, ya sea propios o facilitados por el comprador, que utiliza para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados. Los equipos deben utilizarse de forma que se asegure que la incertidumbre en la medición se conoce y es compatible con la precisión requerida de medición.

**4.11.2** El proveedor debe:

- a)** identificar las mediciones que se van a efectuar, la exactitud requerida y seleccionar los equipos apropiados de inspección, medición y ensayo;
- b)** identificar todos los equipos y dispositivos de inspección, medición y ensayo que pueden afectar la calidad del producto; calibrarlos y ajustarlos a intervalos establecidos o antes de su utilización. La calibración debe realizarse contra equipos certificados que tengan una relación válida con patrones nacionales reconocidos. Cuando no existan dichos patrones, debe dejarse por escrito la base de referencia utilizada para efectuar su calibración;
- c)** establecer, documentar y mantener los procedimientos de calibración, que incluyan los detalles del tipo de equipo, su número de identificación, localización, la

frecuencia y el método de verificación, los criterios de aceptación y las acciones que deben tomarse cuando los resultados no son satisfactorios;

*d)* asegurar que los equipos de inspección, medición y ensayo tienen la exactitud y la precisión necesarias;

*e)* identificar los equipos de inspección, medición y ensayo con una marca apropiada o un registro de identificación aprobado que indique su estado de calibración;

*f)* mantener vigentes los registros de calibración de los equipo de inspección, medición y ensayo;

*g)* evaluar y establecer documentalmente la validez de los resultados de las inspecciones y ensayos obtenidos con anterioridad con equipos de inspección, medición y ensayo que se compruebe estén fuera de calibración;

*h)* asegurar que las calibraciones, las inspecciones, las mediciones y los ensayos se realizan en las condiciones ambientales adecuadas;

*i)* asegurar que el manejo, la protección y el almacenamiento de los equipos de inspección, medición y ensayo no alteran su exactitud y su aptitud para el uso;

*j)* proteger los medios de inspección, medición y ensayo, incluyendo el equipo y los programas de computación utilizados en los ensayos, contra desajustes que invaliden las calibraciones realizadas.

#### ***1.6.1. VERIFICACIÓN.***

##### ***MÉTODOS DE PESAR:***

Cuando se persigue la ejecución de una medición de masa de gran precisión debe utilizarse un método que elimine la influencia de la desigualdad de los brazos de palanca, porque una medición de este tipo en una balanza no puede ser considerada nunca justa.

Con este objetivo se utilizan métodos de doble pesada, llamados así porque en cada una de ellas se ejecutan mediciones simples.

Los métodos de doble pesada son tres: método de Gauss, método de Borda y de Mendeleev.

Se plantea la necesidad de hacer especial referencia a los métodos que son empleados en la verificación de las masas, los cuales se establecen en dependencia de las desviaciones permisibles del valor nominal de las medidas de masa, que son:

1. Para la verificación de las medidas de masa de primera categoría y primera clase, las cuales son verificadas en balanzas de primera categoría de elevada precisión con ayuda de un estuche de masas patrones de trabajo con valores desde 1 mg hasta 500 g, el método de "calibración" de la doble pesada.
2. Para la verificación de medidas de masa de inferiores categorías y clases se empleará uno de los siguientes métodos de pesada de precisión:

**Pesado directo:** el método para verificación de masas de pesado directo es muy sencillo de realizarlo, no necesita de mayor conocimiento, debido a que el resultado que se desea obtener se encuentra directamente de la balanza (en su escala indicadora, de aguja o electrónica), pero si se debe de considerar las condiciones del ambiente en el laboratorio. Debido a que es un método sencillo, por lo mismo el resultado no es muy preciso, comparado con los otros métodos.

**Método de doble pesada o método de gauss:** La esencia de este método radica en que, la medida de masa a verificar se equilibra dos veces con la medida de masa patrón; en la primera de las veces la medida de masa a verificar se coloca en uno de los platillos de la balanza y en la segunda en el otro platillo. En vista de que el error por la desigualdad de los brazos en un caso poseerá un signo dado y en otro



un signo contrario al primero, tendremos que en el resultado de la pesada no habrá influencia de este error. La ventaja de este método respecto al de simple pesada se basa en que la construcción de balanzas con astiles de brazos perfectamente iguales, en la práctica resulta una tarea irrealizable.

**Método de pesada por transposiciones o por el método de borda:** La verificación de las medidas de masa por el método de pesada en un brazo se efectúa de la siguiente manera: La masa patrón se coloca en el platillo derecho de la balanza y se equilibra con una tara, luego de lo cual se efectuarán cuatro lecturas sucesivas correspondientes a las posiciones extremas de las elongaciones de la aguja respecto a la escala. Luego se retira la masa patrón del platillo, y en su lugar se coloca la medida de masa a verificar. Si en este caso la aguja indicadora fuera más allá de los límites de la escala, se añadirá en el platillo correspondiente una medida de masa patrón capaz de hacer que las elongaciones de la aguja no vayan más allá de los límites de la escala y que la posición de equilibrio del astil sea, aproximadamente, la que poseía el astil cuando estaba colocada la medida de la masa patrón original. Luego se siguen modelos matemáticos para obtener las posiciones de equilibrio del astil de la balanza.

**Método de pesada de mendeleev:** es un método de doble medición en el que se mantiene la carga constante, y en el que la sensibilidad de la balanza es también constante. A diferencia de los métodos anteriores, el de Mendeleev presenta un mayor perfeccionamiento. La esencia de este método radica en que la carga en la balanza, durante toda la verificación, se mantiene constante, de aquí que la sensibilidad de la balanza se mantenga también constante, lo que posibilita que el valor de división de la escala sea necesario determinarlo sólo una vez, no después de cada comparación como se requiere en los otros métodos de verificación.

### **1.6.2. CERTIFICACIÓN DEL JUEGO DE MASAS.**

La certificación básicamente ampara o respalda la verificación o calibración que se halla dado al juego de masas, ya sea por primera, segunda u otra vez. La certificación es extendida exclusivamente en los laboratorios regionales de metrología legal, de las instituciones como *COGUANOR* (Comisión Guatemalteca de Normas), y el *ICAITI* (Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial), con el fin de mejorar la calidad de los productos fabricados por la industria guatemalteca y cumplir con los reglamentos que ampara la ley en cuanto a cabalidad o exactitud.

Para que una empresa pueda obtener un certificado de esta naturaleza debe presentar su juego de masas de trabajo o verificación a la institución escogida o encargada para realizar el análisis necesario en el laboratorio especial y equipado, para luego dar el resultado, otorgando la certificación respectiva, que tiene validez para un año.

### **1.7. ASPECTOS SOBRE METROLOGÍA LEGAL.**

En Guatemala es el Ministerio de Economía a través de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), el organismo que regula el sistema de masas y medidas. Actualmente no existe una norma COGUANOR específica para masas o balanzas; los laboratorios metrológicos que quieran acreditarse pueden hacerlo voluntariamente siguiendo el reglamento del Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Ensayo y Análisis (SINAL), del Ministerio de Economía. Dicho reglamento dice en el artículo 23: "El laboratorio que desee ser

acreditado, lo solicitará por escrito a COGUANOR, indicando la rama específica a la que pertenece y el tipo de ensayos para los que solicita el acreditamiento. A su solicitud deberá acompañar los siguientes documentos...”; el inciso -e- de este artículo, dice: “Los laboratorios que efectúen mediciones metrológicas o de calibración a terceros deberán además demostrar la trazabilidad de sus equipos, patrones y materiales de referencia a los patrones estándares de referencia de organismos nacionales, regionales o internacionales reconocidos por el Comité Internacional de Pesas y Medidas”.

## **2. INTERCOMPARACIÓN DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL**

### **2.1. DISEÑO DEL ANILLO DE INTERCOMPARACIÓN.**

Con el propósito de realizar una evaluación preliminar de las empresas que podrían participar en la intercomparación, se investigó inicialmente en el departamento de metrología del ICAITI (única institución que extiende certificaciones metrológicas según normas OIML en Guatemala), a las empresas que disponían de masas de peso menor a 500 gramos y con certificado metrológico vigente. Con base en esa lista preliminar de empresas, se investigó cuales de ellas disponían de los equipos e instalaciones adecuados para realizar la intercomparación de masas. Un principio básico tomado en cuenta en la selección fue el siguiente: para realizar las mediciones resulta importante minimizar el efecto de las condiciones variables (temperatura, humedad, corrientes de aire, vibraciones, etc.), manteniendo condiciones apropiadas en el lugar de medición. Posteriormente con base en recomendaciones internacionales OIML se establecieron los requisitos mínimos que las empresas participantes deberían de cumplir para participar en la intercomparación. Los requisitos se listan en la sección 2.5.

Las empresas que por sus laboratorios, masas patrón certificadas y actividades metrológicas que llevan a cabo, fueron propuestas preliminarmente para participar en la intercomparación son las siguientes:

1. Abbott Laboratorios;
2. Shell de Guatemala;
3. Bayer de Guatemala;
4. Esso Central América;

5. Laboratorios Upjhon;
6. Colgate-Palmolive;
7. Química Hoechst;
8. Texas Caribbean Company (TEXACO);
9. Vidriera Guatemalteca (VIGUA);
10. Tabacalera Centroamericana, S.A. (TACASA);
11. Gran Industria de Neumáticos, S.A. (GINSÁ);
12. Laboratorios Lapriñ, S.A.
13. Servicios de Básculas Generales (SERVI-BAGE);
14. SIPESA;
15. RESET;
16. PRECISIÓN;
17. Cindal Nestlé;
18. Básculas y Servicios;
19. Alimentos, S.A.;
20. Industria Nacional de Alimentos (INA)

Se hicieron contactos con los encargados de los laboratorios de masa de las empresas listadas y se les enviaron cartas invitándolos a participar en el ejercicio de intercomparación. Se estableció claramente que toda la información recopilada en las empresas sería procesada y presentada confidencialmente. Con base en las empresas que confirmaron su interés en participar en la intercomparación, se seleccionaron finalmente a diez empresas, considerando principalmente su actividad en la industria.

## **2.2. SELECCIÓN DEL PATRÓN VIAJERO PARA LA INTERCOMPARACIÓN.**

Con base en los resultados de la evaluación preliminar realizada para seleccionar las empresas participantes, se determinó que el patrón viajero necesario para la intercomparación debía de ser de 100 gramos, pues las empresas participantes disponían en su totalidad de esa masa específica debidamente certificada. Luego el ICAITI proporcionó, para realizar la intercomparación, una masa patrón con las siguientes características:

- fabricante: Ainsworth;
- valor nominal: 100 gramos;
- valor real: 100.00065 gramos;
- incertidumbre:  $\pm 0.000025$  gramos;
- clase de precisión: fina (F1);
- certificado No: MCM-057/96
- características: de acero inoxidable con revestimiento de cromo y níquel; verificado con base en un patrón F1, certificado MCM-033/96 (véase anexo 1).

## **2.3. DESCRIPCIÓN DE LA INTERCOMPARACIÓN.**

### **2.3.1. MÉTODO DE INTERCOMPARACIÓN.**

La empresa participante debe de limpiar con alcohol las masas a ser comparadas y dejarlas en un ambiente controlado durante 24 horas como mínimo, a temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y 50% de humedad relativa.

Se prepara la balanza de masas a utilizar, debiendo estar conectada al menos durante dos horas antes de iniciar la comparación.

Se debe observar detenidamente las masas y anotar en el formato respectivo la clase de precisión, estado de la superficie, marcas o rayones y cualquier otra característica que tenga la masa a comparar.

Nunca se deben asir las masas con la mano o dedos desnudos; se utilizarán guantes, pinzas o un paño de tela.

Se anotan todas las especificaciones referente a la masa a comparar: marca, No. de serie, clase, valor nominal, etc., según el formato correspondiente.

Se deben medir y anotar en el formato respectivo las siguientes condiciones que se consideran como variables:

Temperatura, con referencia a un termómetro electrónico marca Technoterm, perteneciente a ICAITI; rango de indicación de 20°C a 230°C; precisión de 0.1°C, certificación: MCM 149/94 (véase anexo 2).

Humedad, con referencia a un higrómetro perteneciente a ICAITI, número de identificación LT 0741 C.

Presión Atmosférica, solo se medirá en las empresas que dispongan de barómetro, o en las empresas que consideren el valor de la presión atmosférica en sus instalaciones diferente a 845 mbar, que es el valor correspondiente a la presión atmosférica en la ciudad capital de Guatemala.

Vibraciones, se evalúan por inspección visual y sensorial.

Corrientes de aire, se evalúan por inspección visual y sensorial.

Se anota cualquier otra característica que se considere pueda afectar el resultado de la medición, como por ejemplo: mesa de medición desajustada o no equilibrada, lugar de la medición no aislada de ruido, personas o movimientos, etc..

Después de medir y anotar las condiciones descritas anteriormente, se procede a realizar la serie de mediciones de masa, en la siguiente secuencia:

- 1.- Se coloca la masa patrón en la balanza y se presiona la tecla “*tara*”, si la balanza no tuviera dicha función se deberá anotar el valor de la medición.
- 2.- Se quita la masa patrón de la balanza.
- 3.- Se coloca la masa de la empresa a intercomparar (masa de trabajo) en la balanza, luego se anota el valor de la medición en la columna que en el formato aparece designada como letra “A”. Si la balanza no tuviera la función “*tara*”, se anotará en la columna “A” el valor de la diferencia entre los datos de los pasos 3 y 1.
- 4.- Se coloca la masa de trabajo en la balanza y se presiona la tecla “*tara*”, si la balanza no tuviera dicha función se deberá anotar el valor de la medición.
- 5.- Se quita la masa de trabajo de la balanza.
- 6.- Se coloca la masa patrón en la balanza, se anota el valor de la medición en la columna que en el formato aparece como la letra “B”. Si la balanza no tuviera la función “*tara*”, se anotará en la columna “A” el valor de la diferencia entre los datos de los pasos 6 y 4.
- 8.- Se repite 10 veces consecutivas el procedimiento descrito del numeral 1 al 7, constituyendo cada procedimiento completo, una medición.



**2.3.2. DISEÑO DE FORMATOS.**

**FORMATO 1**

**INTERCOMPARACIÓN DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**PROTOCOLO DE INTERCOMPARACIÓN DE MASAS  
(CONDICIONES VARIABLES)**

Empresa: \_\_\_\_\_ Representante: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora inicial: \_\_\_\_\_ Hora final: \_\_\_\_\_

**-Masa:** Precisión: \_\_\_\_\_ Fabricante: \_\_\_\_\_

Certificado No: \_\_\_\_\_ Valor real: \_\_\_\_\_

Incertidumbre: \_\_\_\_\_ Estado de superficie: \_\_\_\_\_

Características: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**-Balanza:** Marca: \_\_\_\_\_ Certificado No: \_\_\_\_\_

Capacidad Max: \_\_\_\_\_ División Mín: \_\_\_\_\_

Características: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**-Temperatura (°C):**

Inicial: \_\_\_\_\_ Final: \_\_\_\_\_

**FORMATO 1**

**-Humedad relativa(%):**

Inicial: \_\_\_\_\_ Final: \_\_\_\_\_

**-Presión atmosférica (psi):**

Medido en base a equipo de la empresa, certificado No.: \_\_\_\_\_

Inicial: \_\_\_\_\_ Final: \_\_\_\_\_

**-Vibraciones:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**-Corrientes de aire:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**-Otros:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**FORMATO 2**

**INTERCOMPARACIÓN DE MASAS A NIVEL INDUSTRIAL  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**PROTOCOLO DE INTERCOMPARACIÓN DE MASAS  
(DATOS DE LA MEDICIÓN)**

Empresa: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

<b>Medición</b>	<b>A (en mg)</b>	<b>B (en mg)</b>
<b>1</b>		
<b>2</b>		
<b>3</b>		
<b>4</b>		
<b>5</b>		
<b>6</b>		
<b>7</b>		
<b>8</b>		
<b>9</b>		
<b>10</b>		

**NOTA:**

A= Patrón - Trabajo

B= Trabajo - Patrón

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del representante  
de la empresa

#### **2.4. PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO DE PATRONES DE MASA.**

En la sección 2.3: “Descripción de la Intercomparación”, se mencionó que las masas nunca deberán asirse con los dedos desnudos, esto se debe a que el sudor de la mano deteriora, con el pasar del tiempo, la superficie de las masa y por ende tiende a variar el valor de su peso. Las masas (de trabajo y patrón) deberán tomarse con pinzas las cuales deberán tener puntas recubiertas con algún plástico de neutralidad mecánica y química. La colocación de las masas sobre los platillos debe de realizarse muy cuidadosamente, no golpeando la balanza con la masa.

Se recomienda que las masas que se van a emplear (patrón y de trabajo) no sean introducidos en cada medición en el estuche, sino colocarlos tapados con una campana de vidrio sobre una superficie metálica cubierta de una laminilla de polietileno.

Antes del uso de los patrones habrán de limpiarse con un pincel blando, la limpieza con un paño habrá de hacerse solamente después de ciertos períodos de tiempo, por ejemplo, antes de una nueva determinación de los valores de masa.

#### **2.5. REQUISITOS DE EQUIPOS E INSTALACIÓN DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES.**

A continuación se listan los requisitos que deberán de cumplir las empresas participantes respecto al equipo e instalaciones que proporcionen para la intercomparación:

1. Balanza:
  - electrónica analítica;
  - capacidad máxima de 200 gramos;
  - división mínima de escala de 0.0001 gramos;
  - la empresa deberá facilitar los catálogos de la balanza además de informar de su rutina interna de calibración;
  - la empresa deberá proporcionar el historial de la balanza;
2. Masa a comparar:
  - con certificación vigente;
  - con clase de precisión fina (F1, F2) ó Media (M1);
  - la empresa deberá facilitar el historial de la masa de trabajo a comparar;
3. Instalaciones:
  - completamente aislado;
  - protegido de corrientes de aire y vibraciones;
  - con ambiente controlado, preferiblemente;

Es importante anotar que tanto los equipos e instalaciones sugeridas como los procedimientos y métodos utilizados en la intercomparación de masas, fueron tomados en base a las normas de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), contando el ICAITI con la asesoría del Dr. Otto Loesener, asesor por parte de PTB Alemania (Instituto Federal de Física y Técnica).

## 2.6. NORMAS SOBRE PATRONES DE MASA.

La norma OIML R111 contempla las principales características físicas y requerimientos metrológicos para masas, en un intervalo de 1 miligramo (mg) a 50 kilogramos (Kg), y especifica los siguientes requerimientos:

a) **Requerimientos metrológicos:** los máximos errores permisibles en verificaciones iniciales y subsiguientes según las clasificaciones de masas, son presentadas en la tabla VI:

TABLA VI. MÁXIMOS ERRORES PERMISIBLES ( $\pm\delta m$  mg)

Valor Nominal	Clase E <sub>1</sub>	Clase E <sub>2</sub>	Clase F <sub>1</sub>	Clase F <sub>2</sub>	Clase M <sub>1</sub>	Clase M <sub>2</sub>	Clase M <sub>3</sub>
1 kg	0.5	1.5	5	15	50	150	50
500 g	0.25	0.75	2.5	7.5	25	75	250
200 g	0.10	0.30	1.0	3.0	10	30	100
100 g	0.05	0.15	0.5	1.5	5	15	50
50 g	0.030	0.10	0.30	1.0	3.0	10	30
20 g	0.025	0.080	0.25	0.8	2.5	8	25
10 g	0.020	0.060	0.20	0.6	2	6	20
5 g	0.015	0.050	0.15	0.5	1.5	5	15
2 g	0.012	0.040	0.12	0.4	1.2	4	12
1 g	0.010	0.030	0.1	0.3	1.0	3	10
1 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20		

### b) Características físicas:

*forma:* las masas deben de tener una forma geométrica simple para facilitar su manufactura; no deberán tener puntas en sus bordes para prevenir su deterioro;

y además no deberán tener espacios huecos o vacíos para evitar que se formen depósitos en los que pueda acumularse polvo. Las masas que componen un juego de diferentes o iguales valores de masas, deberán tener la misma forma, excepto las masas menores o iguales a 1 g.

**Construcción:** las masas de clase de precisión especial (E), deben ser una sola pieza de material sólido, sin cavidad abierta a la atmósfera. Las masas clase fina (F) pueden tener una cavidad de ajuste; la cavidad debe estar cerrada; el volumen de esta cavidad no debe exceder 1/5 del volumen total de la masa. Las masas de precisión media (M) desde 100 g hasta 50 kg pueden tener una cavidad de ajuste; las masas menores de 10 g deben ser sólidas, sin ninguna cavidad de ajuste.

**Material:** las masas deben ser resistentes a la corrosión. El material debe ser tal que no permita que la masa cambie su valor en relación con los máximos errores permitidos en su clase de precisión bajo condiciones normales de uso, y para el propósito para el cual están siendo usadas.

**Densidad:** la densidad del material usado para las masas, deberá ser tal que una desviación del 10% de la densidad específica del aire ( $1.2 \text{ kg/m}^3$ ), no produzca un error que exceda a un cuarto del máximo error permisible.

**Superficie:** bajo condiciones normales de uso, las alteraciones en la superficie deberán ser insignificantes en el valor de la masa con respecto al máximo error permisible. La superficie de las masas deberán ser lisas o las puntas deberán ser redondeadas. En las masas de precisión especial (E) y fina (F), no deberán de existir poros en su superficie.

**Ajuste:** las masas de precisión especial (E) y fina (F), deberán ser ajustadas por abrasión u otro método apropiado, dándole un adecuado acabado en la

superficie. Las masas con cavidades de ajuste deben ser ajustadas con el mismo material del cual están fabricadas, teniendo también la opción de materiales como molibdeno, tungsteno o estaño. Las masas de clase M, deberán ser ajustadas dependiendo la dimensión de su peso, desgastando, removiendo, cortando o por abrasión del material.

*Identificación:* todas las masas deberán indicar su valor nominal. Los números de los valores nominales de masa, deberán indicar:

-kilogramos: para masas iguales o mayores a 1 kg;

-gramos: para masas desde 1 g a 500 g.

Si existieran en un mismo juego, varias masas del mismo valor nominal, deberán ser claramente diferenciadas por una o varias marcas que pueden ser asteriscos o puntos, marcados en el centro de la superficie.



### **3. REALIZACIÓN DE LA INTERCOMPARACIÓN**

#### **3.1. VISITAS A LAS EMPRESAS.**

Previo a realizar las visitas a las empresas participantes, se les informó a los jefes o encargados de los laboratorios de metrología y/o control de calidad, acerca del procedimiento de la intercomparación; se establecieron fechas y horas exactas para realizar el ejercicio, también se acordó que toda la información iba a ser procesada y presentada confidencialmente. Las empresas participantes por su parte, delegaron a un representante para estar presente durante todo el ejercicio, quien además de verificar el procedimiento establecido, debía de firmar las hojas y formatos con los datos recopilados, dando el visto bueno de la empresa.

Las diez empresas que según los requisitos de equipo e instalaciones, fueron escogidas para la intercomparación y confirmaron su participación fueron las siguientes:

- Química Hoechst de Guatemala S.A;
- Sistemas de Pesaje, S.A. (SIPESA);
- Servi-Bage, S.A.;
- Esso Central América, S.A.;
- Laboratorios Laprin, S.A.;
- Shell Guatemala, S.A.;
- Bayer de Guatemala, S.A.;
- Gran Industria de Neumáticos, S.A. (GINSA);
- Industria Nacional de Alimentos, S.A. (INA SA);
- Representación y Servicios Electrónicos, S.A. (RESET SA).

El orden como aparecen las empresas listadas es aleatorio, y no tiene relación alguna con el orden de los datos mostrados en este trabajo.

### **3.2. SERIE DE MEDICIONES EN CADA EMPRESA.**

Como paso preliminar del ejercicio de intercomparación en las empresas, se procedió a examinar el lugar donde se efectúan regularmente las mediciones, se anotaron sus características y se midieron las condiciones ambientales (consideradas como condiciones variables en la medición) de: temperatura, humedad relativa y presión; se evaluó también si el lugar de la medición estaba sometido a corrientes de aire o a vibraciones y se establecieron sus posibles causas u orígenes. Todos estos datos fueron anotados en el formato No.1: "Protocolo de intercomparación de masas, condiciones variables"; como siguiente paso en el procedimiento, se anotaron las características de la balanza y de la masa a comparar; se solicitó el certificado vigente de la masa y de la balanza para establecer sus valores exactos y clasificación según normas OIML. Posteriormente con el representante de la empresa, se inició el ejercicio de intercomparación de masas. Cada medición completa en la serie de diez (10) mediciones, consistió en pesar primero la masa patrón, luego pesar la masa de trabajo de la empresa participante, anotando la diferencia entre ambas en el formato No.2: "Protocolo de intercomparación de masas, datos de la medición"; luego se pesaron la masa de trabajo y la masa patrón respectivamente, anotando nuevamente la diferencia en el mismo formato.

Luego de haber completado la serie de mediciones, se midieron nuevamente las condiciones ambientales variables, y se anotaron en el formato respectivo. Posteriormente se revisaron los datos y se resolvieron dudas del representante de la empresa acerca del procedimiento. Por último fueron firmados, por parte del

representante de la empresa, los formatos en los que fueron anotadas las mediciones.

### ***3.2.1. Condiciones ambientales de la medición.***

Inicialmente se le notificó a los representantes de cada empresa participante, que debían encargarse de limpiar con alcohol las masas a ser comparadas y dejarlas en un ambiente controlado de  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  de temperatura, y 50% de humedad relativa, durante 24 horas como mínimo. Las características del ambiente controlado descrito, tenían de ser las mismas del lugar de medición de masa. Sin embargo, no todas las empresas cuentan con ambientes controlados y ambientes aislados para realizar sus mediciones de masa; esto puede observarse en los datos recopilados y mostrados en la sección 3.3, titulada: "Recopilación de la información en los formatos respectivos".

### **3.3. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LOS FORMATOS RESPECTIVOS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS.**

Previo a realizar el ejercicio de intercomparación en las empresas, se acordó con sus representantes manejar la información recopilada con suma confidencialidad, a consecuencia de las implicaciones que los resultados podrían traer. Por esta razón a continuación se presenta un resumen de los datos recopilados, sin precisar el nombre de la empresa a la cual corresponden. Las empresas se identifican con un número; el orden en que se presentan es aleatorio y el número no corresponde a ninguna clasificación o correlativo.

Solamente las empresas participantes a través de sus encargados directos conocen, que número identifica a los datos obtenidos en su empresa únicamente.

**TABLA VII. DATOS RECOPIADOS EMPRESA 1.**

<b>CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)</b>		<b>DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)</b>		
<b>Lugar de Medición</b>		<b>No</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>
Temp. Ini.: 23°C	Temp. Fin: 23.5°C	1	0.2	0.1
Hum.Rel.Ini: 81%	Hum.Rel.Fin:84.5%	2	-0.1	-0.2
Vibraciones: despreciables		3	0.3	0.5
Corrientes de aire: despreciables		4	0	0
Otros: lugar de medición no es aislado		5	0	-0.1
Balanza: Mettler H31, 160 x 0.0001 g		6	0	-0.1
Masa: M2, con rayaduras		7	0.2	-0.4
Certificado: MCM 099/95		8	0	-0.1
Valor real: 100.0006 g		9	0.1	-0.2
Incertidumbre: $\pm 0.22$ mg		10	0.1	0.1

**TABLA VIII. DATOS RECOPIADOS EMPRESA 2.**

<b>CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)</b>		<b>DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)</b>		
<b>Lugar de Medición</b>		<b>No</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>
Temp.Ini.: 19.8°C	Temp. Fin: 20.2°C	1	7.6	-7.6
Hum.Rel.Ini: 64%	Hum.Rel.Fin: 64%	2	7.8	-7.6
Vibraciones: despreciables		3	7.6	-8.0
Corrientes de aire: variaciones de $1 \times 10^{-4}$ g, por el aire acondicionado		4	7.6	-7.7
Otros: lugar de medición no es aislado		5	7.8	-7.6
Balanza: Libror AEG-320, 320x 0.0001 g		6	7.9	-7.9
Masa: OHAUS, M2, con picaduras		7	7.5	-7.8
Certificado: MCM 054/96		8	7.8	-7.6
Valor real: 100.00835 g		9	7.7	-7.5
Incertidumbre: $\pm 0.25$ mg		10	7.8	-7.8

**TABLA IX. DATOS RECOPIRADOS EMPRESA 3.**

<b>CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)</b>		<b>DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)</b>		
<b>Lugar de Medición</b>		<b>No</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>
Temp. Ini.: 25.5°C	Temp. Fin: 25.9°C	1	0	-0.4
Hum. Rel. Ini: 70%	Hum. Rel. Fin: 74%	2	0.2	0
Vibraciones: despreciables		3	0.2	-0.1
Corrientes de aire: despreciables		4	0.2	-0.2
Otros: lugar de medición no es aislado		5	0.2	-0.1
Balanza: Mettler AE, 160 x 0.0001 g		6	0.2	-0.2
Masa: Christian Becker, Clase F2, con picaduras		7	0.3	-0.1
Certificado: MCM 123/95		8	0.3	-0.2
Valor real: 100.0007 g		9	0.2	-0.1
Incertidumbre: ± 0.22 mg		10	0.2	-0.2

**TABLA X. DATOS RECOPIRADOS EMPRESA 4.**

<b>CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)</b>		<b>DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)</b>		
<b>Lugar de Medición</b>		<b>No</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>
Temp. Ini.: 22.9°C	Temp. Fin: 23.4°C	1	0	0.7
Hum. Rel. Ini: 70%	Hum. Rel. Fin: 72%	2	-0.5	0.6
Vibraciones: algunas por tránsito vehi- cular en frente del lugar de medición.		3	0	0
Corrientes de aire: despreciables		4	0	1
Otros: lugar de medición no es aislado		5	-0.4	0.7
Balanza: Allied Fischer Scientific, 100 x 0.0001 g		6	-0.5	0
Masa: Clase 1: NIST (F1: OIML)		7	0	0.7
Certificado: NIST 822/254143-94		8	-0.1	0
Valor real: 100.000043 g		9	-0.2	0.8
Incertidumbre: ± 0.045 mg		10	0	0.7

**TABLA XI. DATOS RECOPIRADOS EMPRESA 5.**

<b>CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)</b>		<b>DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)</b>		
<b>Lugar de Medición</b>		<b>No</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>
Temp. Ini.: 23°C	Temp. Fin: 22.9°C	1	10.1	-10.2
Hum.Rel.Ini: 70%	Hum.Rel.Fin: 66%	2	10	-10.3
Vibraciones: mesa no es firme		3	10.2	-10.2
Corrientes de aire: despreciables		4	10.2	-10.3
Otros: lugar de medición no es aislado		5	9.8	-10.2
Balanza: Sartorius, 160 x 0.0001 g. Certificado: MVB 009/96		6	9.9	-10.2
Masa: OHAUS, M2, con picaduras		7	10	-10.1
Certificado: MCM 004/96		8	10	-10.3
Valor real: 100.01056 g		9	10.1	-10.3
Incertidumbre: ± 0.09 mg		10	10	-10.1

**TABLA XII. DATOS RECOPIRADOS EMPRESA 6.**

<b>CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)</b>		<b>DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)</b>		
<b>Lugar de Medición</b>		<b>No</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>
Temp. Ini.: 23.3°C	Temp. Fin: 23.9°C	1	6.6	-6.6
Hum.Rel.Ini: 54%	Hum.Rel.Fin: 56%	2	6.6	-6.6
Vibraciones: variaciones de 0.1 mg		3	6.6	-6.5
Corrientes de aire: despreciables		4	6.6	-6.6
Otros: lugar de medición no es aislado		5	6.6	-6.5
Balanza: Mettler AE, 300 x 0.0001 g		6	6.5	-6.6
Masa: M2, con rayaduras		7	6.6	-6.6
Certificado: MCM 003/96		8	6.6	-6.6
Valor real: 100.0072 g		9	6.6	-6.6
Incertidumbre: ± 0.22 mg		10	6.5	-6.6

**TABLA XIII. DATOS RECOPIADOS EMPRESA 7.**

CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)		DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)		
Lugar de Medición		No	A (mg)	B (mg)
Temp. Ini.: 22.5°C	Temp. Fin: 22.8°C	1	-1.2	1.3
Hum. Rel. Ini: 72%	Hum. Rel. Fin: 74%	2	-1.5	1.5
Vibraciones: despreciables		3	-1.8	1.7
Corrientes de aire: despreciables		4	-1.5	1.8
Otros: lugar de medición no es aislado		5	-1.8	1.8
Balanza: Sartorius, 120 x 0.0001 g		6	-1.8	1.8
Masa: Sartorius, M1, con rayaduras		7	-1.8	1.9
Certificado: MCM 102/95		8	-2	1.9
Valor real: 99.9980 g		9	-2	2
Incertidumbre: ± 0.22 mg		10	-2	2

**TABLA XIV. DATOS RECOPIADOS EMPRESA 8.**

CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)		DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)		
Lugar de Medición		No	A (mg)	B (mg)
Temp. Ini.: 24.4°C	Temp. Fin: 23.5°C	1	-1.6	1.2
Hum. Rel. Ini: 56%	Hum. Rel. Fin: 62.5%	2	-1.4	1.6
Vibraciones: variaciones de $1 \times 10^{-4}$ g		3	-1.5	1.6
Corrientes de aire: despreciables		4	-1.3	1.6
Otros: lugar de medición es aislado		5	-1.6	1.4
Balanza: Mettler H35, 160 x 0.0001 g		6	-1.3	1.4
Masa: M2, con picaduras		7	-1.4	1.5
Certificado: MCM 040/96		8	-1.6	1.6
Valor real: 100.00226 g		9	-1.6	1.7
Incertidumbre: ± 0.22 mg		10	-1.6	1.3

**TABLA XV. DATOS RECOPIRADOS EMPRESA 9.**

CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)		DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)		
Lugar de Medición		No	A (mg)	B (mg)
Temp. Ini.:22.7°C	Temp. Fin: 22.8°C	1	22.4	-22.1
Hum.Rel.Ini: 78%	Hum.Rel.Fin:80%	2	22.3	-22
Vibraciones: despreciables		3	21.8	-22.2
Corrientes de aire: despreciables		4	22	-22.1
Otros: lugar de medición no es aislado		5	21.9	-22.2
Balanza: Sartorius AS, 200 x 0.0001 g		6	21.9	-22.2
Masa: OHAUS, M2, con picaduras		7	22.1	-22
Certificado: MCM 061/96		8	21.8	-21.9
Valor real: 100.02187 g		9	22	-22.2
Incertidumbre: $\pm 0.025$ mg		10	21.9	-22

**TABLA XVI. DATOS RECOPIRADOS EMPRESA 10.**

CONDICIONES VARIABLES (FORMATO 1)		DATOS DE MEDICIÓN (FORMATO 2)		
Lugar de Medición		No	A (mg)	B (mg)
Temp. Ini.:23.2°C	Temp. Fin: 22.9°C	1	6	-5
Hum.Rel.Ini: 88%	Hum.Rel.Fin:90%	2	5	-5
Vibraciones: mesa no es firme		3	5	-5
Corrientes de aire: despreciables		4	6	-4
Otros: variaciones de 1 mg al apoyarse		5	5	-5
Balanza: Sartorius BP 110 x 0.001 g		6	6	-4
Masa: M2, excelente estado		7	5	-5
Certificado: MCM 006/96		8	5	-5
Valor real: 100.00432 g		9	5	-5
Incertidumbre: $\pm 0.089$ mg		10	5	-4



### **3.4. REVISION Y VALIDACION DE LOS DATOS OBTENIDOS.**

Luego de haber terminado la serie de diez (10) mediciones de masa y de haber anotado los valores en los formatos correspondientes, se revisaron los datos recopilados con el representante de la empresa participante, quien luego de verificarlos firmó respaldando la validez de la medición en la empresa.

Dos (2) representantes de las empresas participantes no estuvieron de acuerdo con los datos recopilados debido a que estos, variaban mucho con respecto a lo que ellos tenían estimado. En dichos casos se realizó el mismo procedimiento dos (2) veces o sea diez (10) mediciones completas más, para verificar los datos recopilados en la primera medición. Luego de verificar que existía relación entre los datos de la primera y segunda medición, los representantes firmaron los formatos respectivos.

En las instalaciones de la empresa No. 2, se detectó que la dirección de la rejilla del aire acondicionado hacía variar el resultado de la balanza en 0.0001 gramos, este valor se consideró en el cálculo de la incertidumbre de la medición.

En la serie de mediciones en las instalaciones de la empresa No. 4, se comprobó que existían variaciones de hasta 0.0003 gramos, cuando tránsito vehicular pasaba cerca del lugar de medición, dicho valor también fue considerado en el análisis de incertidumbre de la medición.

En los restantes ocho casos no existió desacuerdo en los datos recopilados y fueron firmados los formatos después de resolver las dudas respecto al procedimiento del ejercicio de medición.

## 4. RESULTADOS DE LA INTERCOMPARACIÓN

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES REALIZADAS.

Con base en la norma OIML 111, anexo B (véase anexo 3), se calcula la incertidumbre de las mediciones de la manera siguiente:

1. Se calcula la desviación del valor nominal de los valores "A" (diferencia entre valores de masa patrón y de trabajo) y "B" (diferencia entre valores de masa de trabajo y patrón), como el valor medio de la diferencia entre ambos:

$$X = \frac{A - B}{2}$$

2. Se calcula la media aritmética de los valores de la desviación del valor nominal (X):

$$\bar{X} = \frac{A_1 - B_1}{2} + \frac{A_2 - B_2}{2} + \dots + \frac{A_n - B_n}{2}$$

3. Partiendo de la hipótesis de que los argumentos representan la muestra de una población, se calcula la desviación estándar ( $S_{n-1}$ ) como la medida de la dispersión de los valores respecto a la media:

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

4. Se calcula el valor de la incertidumbre combinada estándar, en base a la siguiente fórmula:  $I_c = \sqrt{(I_{patron})^2 + (I_{balanza})^2 + (S_{n-1})^2}$ , donde  $I_{patron}$  es el valor certificado de la incertidumbre de la masa patrón, e  $I_{balanza}$  es el valor de la incertidumbre de la balanza.

En la fórmula descrita anteriormente, no se consideran la incertidumbre de la corrección del empuje del aire ni correcciones por temperatura, estas correcciones son mínimas (del orden de  $1 \times 10^{-5}$  g) y no afectan en los resultados de la medición. Las correcciones por empuje de aire y temperatura, son analizadas y consideradas en mediciones de masas de precisión especial (E).

5. Se calcula el valor de la incertidumbre expandida, la cual se obtiene multiplicando la incertidumbre combinada estándar ( $I_c$ ) por un factor  $k$ , de nivel de confianza. Para una distribución normal, el factor  $k=2$  significa que el valor de la incertidumbre expandida aplica cuando el nivel de confianza es de aproximadamente 95%, por lo tanto se considera que  $k=2$  es aceptable.

$$I_e = 2 (I_c)$$

6. Los resultados serán expresados de la siguiente forma:

$$\text{Valor de masa} = \text{Valor de la masa patrón según certificado} + \bar{X}_x$$

$$\text{Valor de masa} = 100.00065 \text{ g} + \bar{X}_x$$

$$\text{Incertidumbre} = \pm I_e$$

#### **4.2. PRESENTACIÓN DE DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN.**

A continuación se presentan los datos recopilados y los resultados obtenidos en el ejercicio de intercomparación. Para determinar los resultados presentados se siguieron las fórmulas y procedimientos indicados en la sección 4.1: Determinación de la incertidumbre de las mediciones realizadas.

**TABLA XVII. RESULTADOS EMPRESA 1.**

<b>Masa: sin marca (con picaduras)</b>	<b>Clase de Precisión: M3</b>
<b>Error máximo permisible: ± 50 mg</b>	<b>Certificado: MCM 099/95</b>
<b>Balanza: Sartorius A200S</b>	<b>Precisión: 0.1 mg</b>

<b>Número de medición</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>	<b>Desviación del valor nominal (mg)</b>
1	0.2	0.1	0.05
2	-0.1	-0.2	0.05
3	0.3	0.5	-0.1
4	0	0	0
5	0	-0.1	0.05
6	0	-0.1	0.05
7	0.2	-0.4	0.3
8	0	-0.1	0.05
9	0.1	-0.2	0.05
10	0.1	0.1	0
		<b>Media (mg)</b>	<b>0.06</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.104880885</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.00071</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.294108824</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.0006 g ± 0.25 mg	Masa: 100.00071 g ± 0.29411 mg

**TABLA XVIII. RESULTADOS EMPRESA 2.**

<b>Masa: Ohaus (con picaduras)</b>	<b>Clase de precisión: M2</b>
<b>Error máximo permisible: ± 15 mg</b>	<b>Certificado: MCM 054/96</b>
<b>Balanza: Libror AEG-320</b>	<b>Precisión: 0.1 mg</b>

<b>Número de medición</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>	<b>Desviación del valor nominal (mg)</b>
1	7.6	-7.6	7.6
2	7.8	-7.6	7.7
3	7.6	-8	7.8
4	7.6	-7.7	7.65
5	7.8	-7.6	7.7
6	7.9	-7.9	7.9
7	7.5	-7.8	7.65
8	7.8	-7.6	7.7
9	7.7	-7.5	7.6
10	7.8	-7.8	7.8
		<b>Media (mg)</b>	<b>7.71</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.096609178</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.00826</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.282547932</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.00835 g ± 0.25 mg	Masa: 100.00826 g ± 0.28255 mg

**TABLA XIX. RESULTADOS EMPRESA 3.**

**Masa: Christian Becker (con picaduras) Clase de precisión: F2**  
**Error máximo permisible:  $\pm 1.5$  mg Certificado: MCM 123/95**  
**Balanza: Mettler AE Precisión: 0.1 mg**

Número de medición	A (mg)	B (mg)	Desviación del valor nominal (mg)
1	0	-0.4	0.2
2	0.2	0	0.1
3	0.2	-0.1	0.15
4	0.2	-0.2	0.2
5	0.2	-0.1	0.15
6	0.2	-0.2	0.2
7	0.3	-0.1	0.2
8	0.3	-0.2	0.25
9	0.2	-0.1	0.15
10	0.2	-0.2	0.2
		<b>Media (mg)</b>	<b>0.18</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.042163702</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.00063</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.222735518</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.0007 g $\pm$ 0.22 mg	Masa: 100.00063 g $\pm$ 0.2227 mg

**TABLA XX. RESULTADOS EMPRESA 4.**

**Masa: Rice Lake (en excelente estado) Clase de precisión: I-NIST (F1)**  
**Error máximo permisible:  $\pm 0.50$  mg Certificado: NIST 822/254143-94**  
**Balanza: Allied Fischer Scientific Precisión: 0.1 mg**

Número de medición	A (mg)	B (mg)	Desviación del valor nominal (mg)
1	0	0.7	-0.35
2	-0.5	0.6	-0.55
3	0	0	0
4	0	1	-0.5
5	-0.4	0.7	-0.55
6	-0.5	0	-0.25
7	0	0.7	-0.35
8	-0.1	0	-0.5
9	-0.2	0.8	-0.5
10	0	0.7	-0.35
		<b>Media (mg)</b>	<b>-0.345</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.196426407</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.00031</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.443659028</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.000043 g $\pm 0.045$ mg	Masa: 100.00031 g $\pm 0.4437$ mg

**TABLA XXI. RESULTADOS EMPRESA 5.**

<b>Masa: Ohaus (con rayaduras)</b>	<b>Clase de precisión: M2</b>
<b>Error máximo permisible: ± 15 mg</b>	<b>Certificado: MCM 004/96</b>
<b>Balanza: Sartorius AS160</b>	<b>Precisión: 0.1 mg</b>

<b>Número de medición</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>	<b>Desviación del valor nominal (mg)</b>
1	10.1	-10.2	10.15
2	10.0	-10.3	10.15
3	10.2	-10.2	10.2
4	10.2	-10.3	10.25
5	9.8	-10.2	10.0
6	9.9	-10.2	10.05
7	10.0	-10.1	10.05
8	10.0	-10.3	10.15
9	10.1	-10.3	10.2
10	10.0	-10.1	10.05
		<b>Media (mg)</b>	<b>10.125</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.082495791</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.01077</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.264049658</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la Intercomparación</b>
Masa: 100.01056 g ± 0.09 mg	Masa: 100.01077 g ± 0.26405 mg



**TABLA XXII. RESULTADOS EMPRESA 6.**

**Masa: sin marca (con rayaduras) Clase de precisión: M2**  
**Error máximo permisible: ± 15 mg Certificado: MCM 003/96**  
**Balanza: Mettler AE-200 Precisión: 0.1 mg**

Número de medición	A (mg)	B (mg)	Desviación del valor nominal (mg)
1	6.6	-6.6	6.6
2	6.6	-6.6	6.6
3	6.6	-6.5	6.55
4	6.6	-6.6	6.6
5	6.6	-6.5	6.55
6	6.5	-6.6	6.55
7	6.6	-6.6	6.6
8	6.6	-6.6	6.6
9	6.6	-6.6	6.6
10	6.5	-6.6	6.55
		<b>Media (mg)</b>	<b>6.58</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.025819889</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.00713</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.212524508</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.0072 g ± 0.22 mg	Masa: 100.00713 g ± 0.2125 mg

**TABLA XXIII. RESULTADOS EMPRESA 7.**

<b>Masa: Sartorius (con muchas rayaduras)</b>	<b>Clase de precisión: M1</b>
<b>Error máximo permisible: <math>\pm 5</math> mg</b>	<b>Certificado: MCM 102/95</b>
<b>Balanza: Sartorius A200</b>	<b>Precisión: 0.1 mg</b>

<b>Número de medición</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>	<b>Desviación del valor nominal (mg)</b>
1	-1.2	1.3	-1.25
2	-1.5	1.5	-1.5
3	-1.8	1.7	-1.75
4	-1.5	1.8	-1.65
5	-1.8	1.8	-1.8
6	-1.8	1.8	-1.8
7	-1.8	1.9	-1.85
8	-2	1.9	-1.95
9	-2	2	-2
10	-2	2	-2
		<b>Media (mg)</b>	<b>-1.755</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.236231995</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>99.9979</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.515482514</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 99.9980 g $\pm$ 0.22 mg	Masa: 99.9979 g $\pm$ 0.5155 mg

**TABLA XXIV. RESULTADOS EMPRESA 8.**

<b>Masa: sin marca (con picaduras)</b>	<b>Clase de precisión: M2</b>
<b>Error máximo permisible: ± 15 mg</b>	<b>Certificado: MCM 040/96</b>
<b>Balanza: Mettler H35 AR</b>	<b>Precisión: 0.1 mg</b>

<b>Número de medición</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>	<b>Desviación del valor nominal (mg)</b>
1	-1.6	1.2	-1.4
2	-1.4	1.6	-1.5
3	-1.5	1.6	-1.55
4	-1.3	1.6	-1.45
5	-1.6	1.4	-1.5
6	-1.3	1.4	-1.35
7	-1.4	1.5	-1.45
8	-1.6	1.6	-1.45
9	-1.6	1.7	-1.65
10	-1.6	1.3	-1.45
		<b>Media (mg)</b>	<b>-1.49</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.09067647</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>99.99916</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.274570372</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.00226 g ± 0.22 mg	Masa: 99.99916 g ± 0.2746 mg

**TABLA XXV. RESULTADOS EMPRESA 9.**

<b>Masa: Ohaus (con picaduras)</b>	<b>Clase de precisión: M3</b>
<b>Error máximo permisible: ± 50 mg</b>	<b>Certificado: MCM 061/96</b>
<b>Balanza: Sartorius A200S</b>	<b>Precisión: 0.1 mg</b>

<b>Número de medición</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>	<b>Desviación del valor nominal (mg)</b>
1	22.4	-22.1	22.25
2	22.3	-22.0	22.15
3	21.8	-22.2	22.0
4	22.0	-22.1	22.05
5	21.9	-22.2	22.05
6	21.9	-22.2	22.05
7	22.1	-22.0	22.05
8	21.8	-21.9	21.85
9	22.0	-22.2	22.1
10	21.9	-22.0	21.95
		<b>Media (mg)</b>	<b>22.05</b>
		<b>Desv.std. (mg)</b>	<b>0.108012345</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.0217</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>0.298607882</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.02187 g ± 0.025 mg	Masa: 100.0217 g ± 0.2986 mg

**TABLA XXVI. RESULTADOS EMPRESA 10.**

<b>Masa: Rice Lake (excelente estado)</b>	<b>Clase de precisión: M2</b>
<b>Error máximo permisible: ± 15 mg</b>	<b>Certificado: MCM 006/96</b>
<b>Balanza: SARTORIUS BP100</b>	<b>Precisión: 1 mg</b>

<b>Número de medición</b>	<b>A (mg)</b>	<b>B (mg)</b>	<b>Desviación del valor nominal (mg)</b>
1	6	-5	5.5
2	5	-5	5.0
3	5	-5	5.0
4	6	-4	5.0
5	5	-5	5.0
6	6	-4	5.0
7	5	-5	5.0
8	5	-5	5.0
9	5	-5	5.0
10	5	-4	4.5
		<b>Media (mg)</b>	<b>5.0</b>
		<b>Desv.Std. (mg)</b>	<b>0.2571</b>
		<b>Valor real (g)</b>	<b>100.00565</b>
		<b>Incertidumbre (mg)</b>	<b>2.055412908</b>

<b>Valor certificado</b>	<b>Valor obtenido en la intercomparación</b>
Masa: 100.00432 g ± 0.089mg	Masa: 100.00565 g ± 2.0554 mg

**TABLA XXVII. CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS**

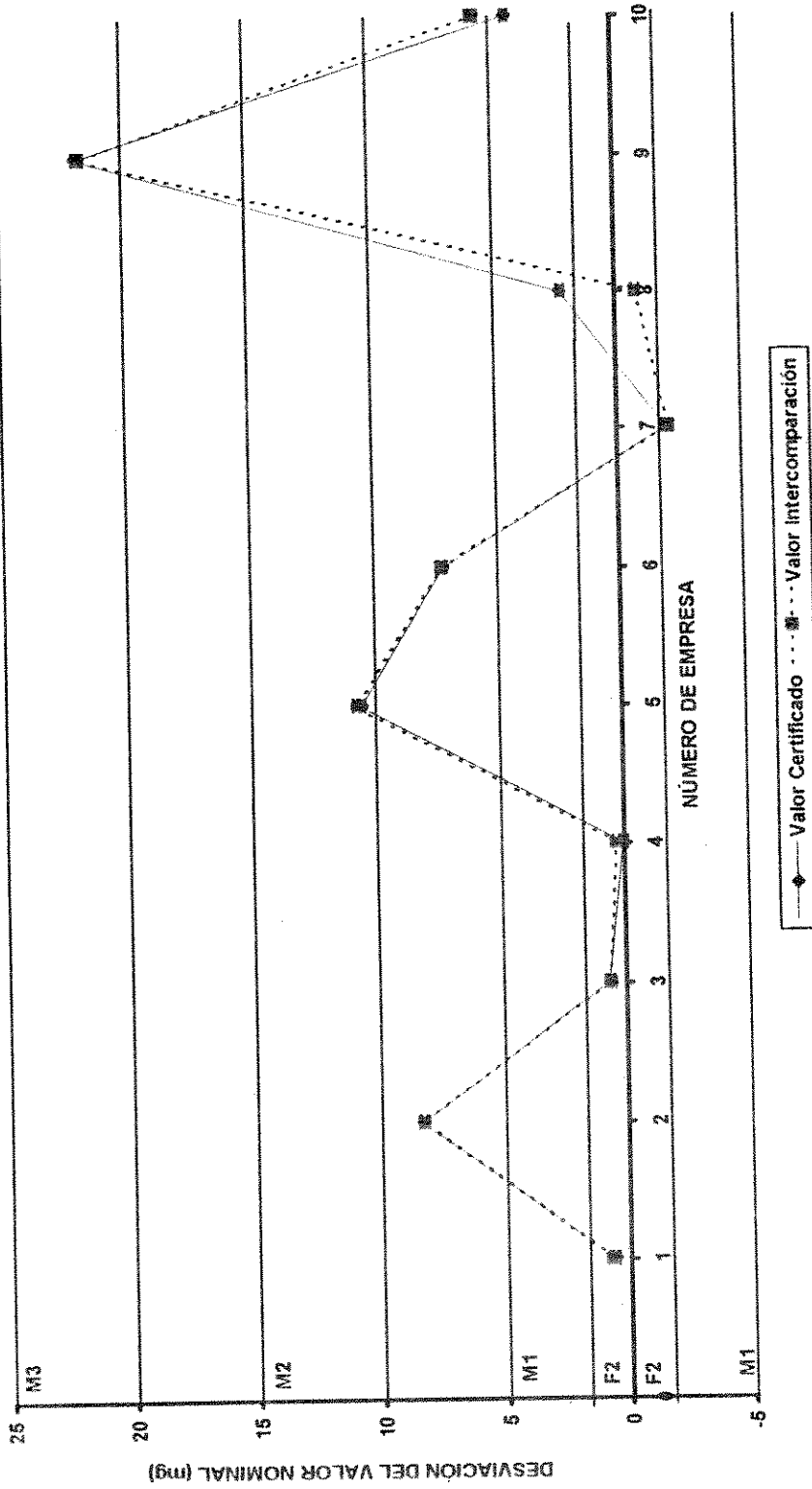
Empresa	Clase de precisión de la masa	Valor certificado	Valor obtenido en la intercomparación
1	M3	100.0006 g ± 0.25 mg	100.00071 g ± 0.2941mg
2	M2	100.00835g ± 0.25mg	100.00826g ± 0.2825mg
3	M3	100.0007g ± 0.22 mg	100.00063g ± 0.2227mg
4	E2	100.000043g±0.045mg	100.00031g ± 0.4437mg
5	M2	100.01056 g ± 0.09 mg	100.01077g ± 0.2640mg
6	M2	100.0072 g ± 0.22 mg	100.00723g ± 0.2125mg
7	M1	99.9980 g ± 0.22 mg	99.9979g ± 0.5154mg
8	M2	100.00226 g ± 0.22 mg	99.99916g ± 0.2746mg
9	M3	100.02187g ± 0.025mg	100.0217g ± 0.29861mg
10	M3	100.00432g ± 0.089mg	100.00565 g± 2.0554 mg

**4.3. PRESENTACIÓN GRÁFICA DE RESULTADOS.**

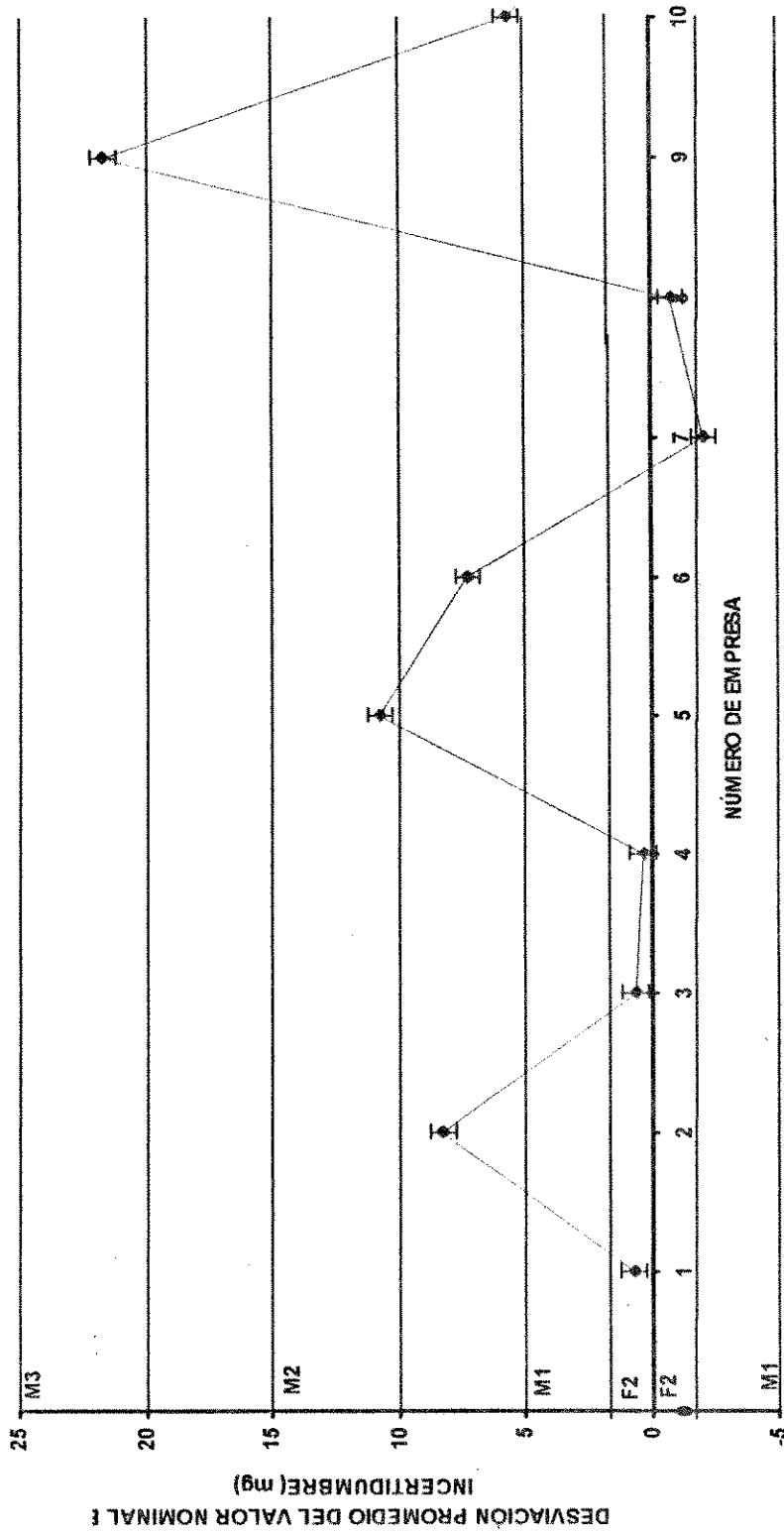
A continuación se presentan análisis gráficos de los resultados de la intercomparación; dichos análisis gráficos consisten en lo siguiente:

- comparación entre el valor de masa certificado y el valor obtenido en la intercomparación;
- desviación promedio del valor nominal con la incertidumbre de la medición;
- variación del valor de masa del patrón viajero, al iniciar y finalizar el ejercicio;

GRÁFICA 1  
 COMPARACIÓN ENTRE EL VALOR DE MASA CERTIFICADO Y EL VALOR OBTENIDO EN LA  
 INTERCOMPARACIÓN

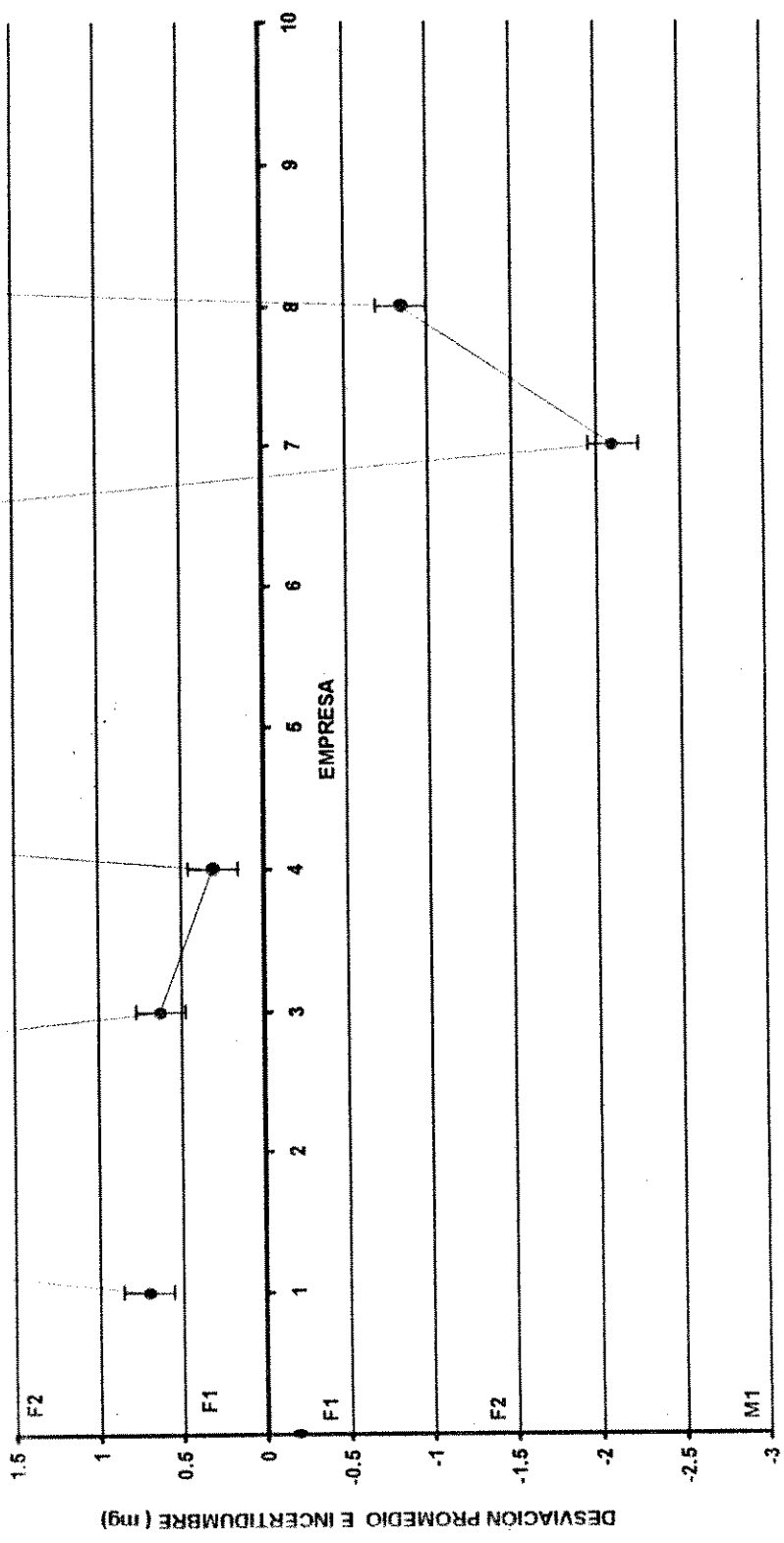


GRÁFICA 2  
 DESVIACIÓN PROMEDIO DEL VALOR NOMINAL E INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

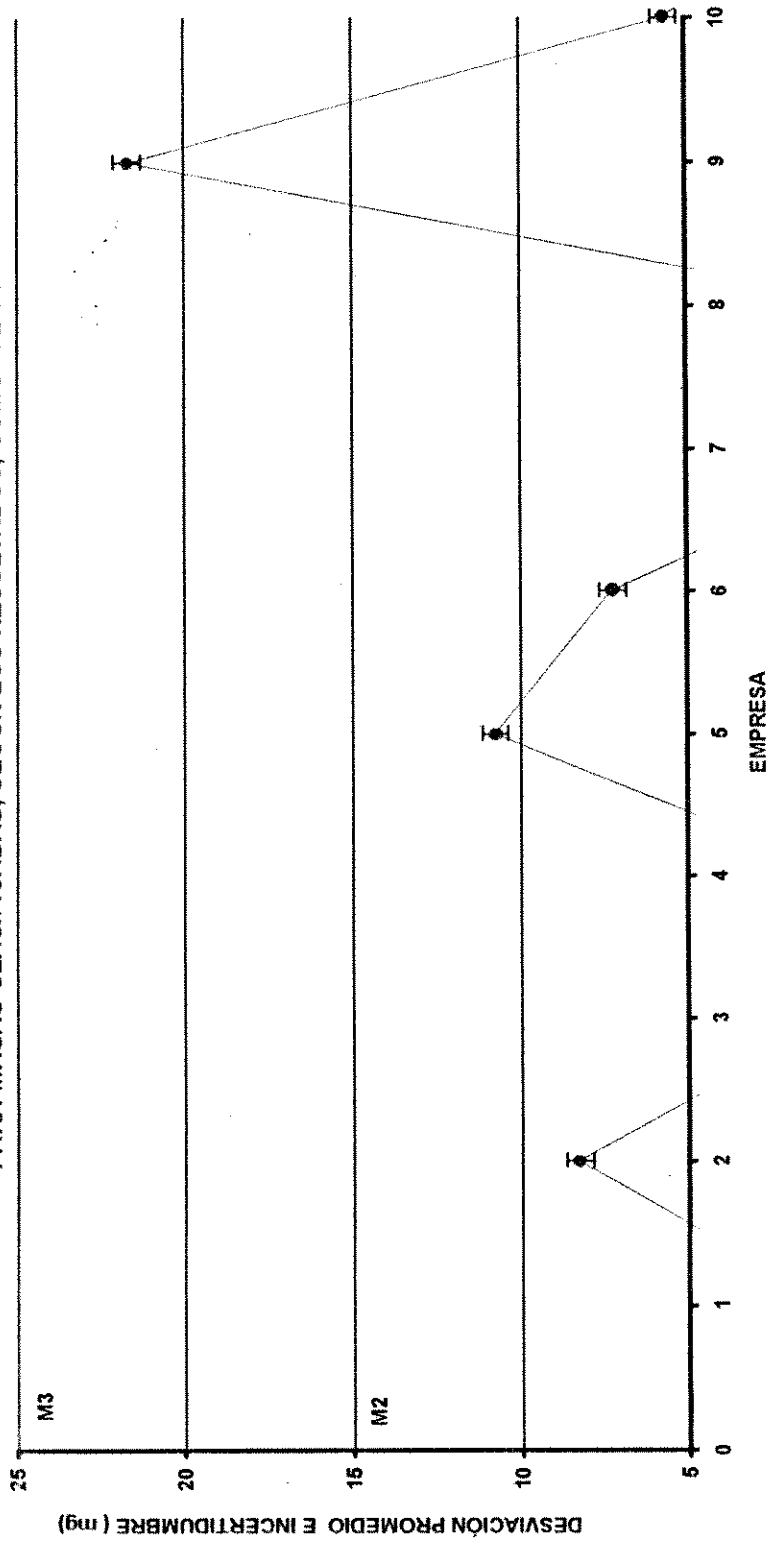




GRÁFICA 3  
 DESVIACIÓN PROMEDIO DEL VALOR NOMINAL E INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN  
 PARA MASAS CLASIFICADAS, SEGÚN RESULTADOS, COMO M1, F1 Y F2



GRÁFICA 4  
DESVIACIÓN PROMEDIO DEL VALOR NOMINAL E INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN  
PARA MASAS CLASIFICADAS, SEGÚN LOS RESULTADOS, COMO M2 Y M3



#### 4.4. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

En la gráfica No. 1 se puede observar que existe, en algunas empresas, diferencias notables en el valor certificado de la masa de trabajo y el valor obtenido en los cálculos del ejercicio de intercomparación. Las empresas números 8 y 10, tienen las diferencias más grandes. Analizando en conjunto los datos de la recopilación inicial de información (sección 3.3), con la presentación general de los resultados (sección 4.2), así como las gráficas números: 1,2,3 y 4 (sección 4.3); los resultados se interpretan individualmente para cada empresa, de la siguiente forma:

*EMPRESA 1:* los datos obtenidos de la balanza de precisión de esta empresa difieren mucho entre sí, son hasta cierto punto incongruentes, debido a que las lecturas "A" y "B" de la balanza dieron ambas, en algunos casos valores positivos, y en otros casos valores negativos; lo normal es que las lecturas tiendan a la misma magnitud pero con diferente signo. La balanza necesita reparación. El certificado que respalda el valor y clasificación de la masa de trabajo, no está vigente. El certificado se encuentra un (1) año atrasado. La pérdida de masa es mínima con respecto al valor nominal. Dado a las tolerancias con que la masa se comporta, podría incluso clasificarse con clase de precisión -F2-, sin embargo el material con que está fabricada, el tipo de superficie, ralladuras y otros factores, impiden que la masa pueda clasificarse como -F2- o -M1-.

*EMPRESA 2:* el valor obtenido en el análisis de intercomparación concuerda con el valor certificado. El personal de la empresa evidencia cuidado en el manejo de las masas y de los equipos de medición. La dirección de la rejilla del aire acondicionado afecta las mediciones de precisión en el lugar de medición, donde se encuentra ubicada la balanza.

*EMPRESA 3:* el valor obtenido en el análisis de intercomparación concuerda con el valor certificado. La masa de trabajo tiene un valor confiable para mediciones finas de precisión.

*EMPRESA 4:* la masa se encuentra en excelentes condiciones generales. Se encuentra certificada conforme a normas de la NIST; sin embargo presenta diferencias relativamente grandes, dada la clase de precisión, conforme al valor certificado. El lugar de la medición se encuentra muy cercano a una calle con tránsito vehicular. Existen variaciones del orden de 0.1 mg, cuando vehículos pasan cerca.

*EMPRESA 5:* el valor obtenido en el análisis de intercomparación concuerda con el valor certificado. El lugar donde se encuentra la balanza es inadecuado para realizar mediciones de precisión confiables, debido al constante paso de personas en el área, ruido, etc..

*EMPRESA 6:* el valor obtenido en el análisis de intercomparación concuerda con el valor certificado. El lugar donde se encuentra la balanza, por no estar aislado, es inadecuado para realizar mediciones de precisión confiables, debido al constante paso de personas en el área, ruido, etc..

*EMPRESA 7:* el valor obtenido en el análisis de intercomparación concuerda con el valor certificado. La masa de trabajo no ha sido muy utilizada.

*EMPRESA 8:* valor de masa demasiado desviado conforme al valor certificado. La diferencia entre el valor certificado y el obtenido en la intercomparación probablemente se deba al desgaste que evidencian tener las masas debido a inadecuados procedimientos de utilización. Las masas de trabajo deberían ser re-certificadas. El personal necesita información y capacitación para el correcto manejo de masas de referencia.

*EMPRESA 9:* el valor obtenido en el análisis de intercomparación concuerda con el valor certificado. El lugar de medición de masa, no es apto para realizar mediciones de elevada exactitud (0.1 mg en adelante), debido a que la mesa donde está colocado el equipo no es firme y el área no es aislada.

*EMPRESA 10:* el valor obtenido en el análisis de intercomparación es ligeramente más alto al valor certificado; sin embargo la incertidumbre de la intercomparación difiere en un valor más alto al del certificado. El valor de incertidumbre calculado para la intercomparación, cubre la diferencia de masa existente, con el valor inicial de masa. La balanza utilizada fue de 0.001 g de precisión. Para verificar la posible variación que ha sufrido la masa, se deberá utilizar una balanza con más alta precisión.

#### **4.5. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES.**

En base a la interpretación de resultados antes descrita, a continuación se listan una serie de conclusiones para cada empresa, así como los comentarios emitidos por sus representantes:

*EMPRESA 1:* es necesario reparar la balanza de precisión utilizada en la intercomparación (Mettler H31). No debería ser utilizada mientras no sea reparada; actualmente no es confiable para realizar mediciones con precisión de 1 mg. Deberá certificarse el juego de masas al que pertenece la masa comparada en el ejercicio de intercomparación. El certificado que actualmente respalda dicho juego de masas, ya no tiene validez, pues está vencido. El personal está interesado en recibir información respecto a la aplicación y descripción de las normas OIML, para masas y balanzas.

*EMPRESA 2:* es necesario cambiar la ubicación de la balanza de precisión Libror AEG-320, debido a que afecta el flujo de aire proveniente de una rejilla del aire acondicionado. Esta empresa cumple con normas de calidad en el manejo de equipos, patrones y mediciones.

*EMPRESA 3:* personal de esta empresa mostró interés en que se realizan otras intercomparaciones para otras valores de masas.

*EMPRESA 4:* se recomienda, a la empresa, utilizar un espacio físico aislado para realizar mediciones de precisión de masa. Se recomienda también certificar su juego de masas bajo normas OIML, para verificar su clase de precisión.

*EMPRESA 5:* se recomienda a la empresa utilizar un espacio físico aislado para realizar mediciones de precisión de masa, el lugar debería ser aislado de ruidos, personas, vibraciones, etc. La masa de trabajo no ha perdido valor.

*EMPRESA 6:* el representante de esta empresa mostró su interés en aplicar normas metrológicas de calidad en el sistema de pesaje del sistema de producción de la planta.

*EMPRESA 7:* La masa no ha perdido valor, sin embargo la balanza evidenció que necesita mantenimiento preventivo y limpieza de manera más constante. Se recomienda colocar amortiguadores a las patas de la balanza, para evitar posibles vibraciones.

*EMPRESA 8:* el estado de las masas evidencia un inadecuado manejo y operación. Se recomienda instruir al personal a cargo de su utilización acerca del manejo de patrones de masa para referencias, así como de las normas y recomendaciones OIML. Se recomienda re-certificar las masas de trabajo luego de instruir al personal.

*EMPRESA 9:* la masa intercomparada no ha perdido valor. Se recomienda a la empresa utilizar otro espacio físico más adecuado para realizar mediciones de precisión de masa.

*EMPRESA 10:* la masa intercomparada no ha perdido valor. La empresa está implementando normas para el aseguramiento metrológico de la calidad, lo que demuestra su interés en ofrecer productos en pesos y medidas exactas.

## CONCLUSIONES

1. La intercomparación de masas patrón en la industria, permitió la detección de posibles errores sistemáticos y de cambios potenciales en los propios patrones.

2. La intercomparación de masas a nivel industrial reveló a cada participante su competencia y la eficiencia de sus propios dispositivos para la calibración de masas; en algunos casos, reveló también la necesidad de mejorar en el futuro, el método de calibración, el equipo y/o los patrones de referencia.

3. Existe actualmente en la industria guatemalteca el deseo y la necesidad de capacitación e información, acerca de normas y procedimientos de masa para las mediciones de alta precisión.

4. Del total de diez (10) empresas participantes, dos (2) de ellas presentaron resultados con una diferencia significativa (hasta de 3 miligramos), en las cuales se determinó balanzas defectuosas o masas mal cuidadas.

5. Como diagnóstico general de la intercomparación en la industria se establece que, la mayor parte de las empresas participantes están en capacidad de ejecutar calibraciones de conformidad con los errores máximos permitidos para su clase de precisión, con la condicionante de aplicar los procedimientos adecuados.

6. La empresas participantes en general, desconocen o no utilizan procedimientos adecuados para el manejo de masas patrón de referencia.



## RECOMENDACIONES

1. Que las empresas participantes en el área de masas, lean y utilicen el presente trabajo como guía para planificar y corregir sus mediciones de masa.
2. Que al planificar mediciones en la industria, se tomen en cuenta las normas y patrones en el área metrológica.
3. Que las empresas interesadas en cumplir con normas internacionales de calidad, certifiquen sus masas para garantizar la trazabilidad de sus mediciones así como la calidad de sus productos.
4. Que la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), se involucre más en la vigilancia de la calidad de los productos nacionales y en el apoyo metrológico a la industria, y que además amplíe la cobertura de sus programas actuales.
5. Que se tome como ejemplo el presente ejercicio de intercomparación para que se involucre a más industrias y, se haga de manera rutinaria anualmente o según la conveniencia de los interesados.
6. Que a través del presente estudio se fomente y se aplique la metrología en el impacto de la calidad nacional de la producción y comercialización.

## BIBLIOGRAFÍA

ICAITI. **Manual de fabricación y calibración de masas.** Nicaragua, 1995.

JAEGER, DAVIS. **A primer for mass metrology.** NBS Special Publication 700-1 Industrial Measurement Series. U.S. department of commerce. 1984.

OIML. **International Recommendation R111.** París, Francia. 1994.

PESET SANDOVAL, MENDOZA ILLESCAS. **Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de Metrología.** Publicación técnica del CENAM No. CNM-MMM-PT-001, 1994.

PROWSE. **The calibration of balances.** Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO). Australia, 1985.

RODRÍGUEZ BLANCO, TERASIÉVICH, KIRNOSOV. **Medición de Masa.** La Habana, Cuba. Editorial Pueblo y Educación. 1990.

THULIN. **Weighing, basic principles.** BIML. París, Francia. 1994.

## ANEXOS

### ANEXO 1: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL PATRÓN VIAJERO.

#### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**Objeto de calibración:** Un juego de patrones de masa.  
**Rango de Medición:** 2mg a 100 g  
**Marca o fabricante:** AINSWORTH  
**Número de serie:** -----  
**Identificación interna:** 31.007  
**Solicitante:** Laboratorio de metrología de Masa, ICAITI, Avenida Reforma  
4-47 Zona 10, Guatemala, Guatemala.  
**Fecha de recepción:** -----  
**Patrón utilizado:** Patrones de masa ICAITI de 1 mg a 1 kg F1, certificado ICAITI  
MCM-033/96.  
**Número de registro ICAITI:** MCM- 057/96

El presente certificado cumple con la guía ISO 25 y consta de un total de 2 páginas, incluyendo el anexo de 1 página donde se puede apreciar el resultado de las mediciones. Este resultado es válido únicamente para el momento en que se realiza la calibración.

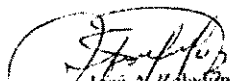
El juego de patrones de masa fue calibrado en base a la Recomendación Internacional Número 111 de la Organización Internacional de Metrología Legal, OIML.

En base al resultado de la medición se le puede atribuir la siguiente categoría:

#### CLASE DE PRECISION F1

La incertidumbre de la calibración está dada en el anexo y fue calculada según la guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones de ISO (1993); considerándose la incertidumbre del patrón, la incertidumbre de la medición propiamente dicha, y la incertidumbre de la balanza.

Guatemala 20 de Junio de 1996

  
José Meléndez  
Técnico de Laboratorio



  
Ing. Rogelio Salguero  
Encargado de Laboratorio de masa

Certificados sin firma y sello original no tienen validez  
Los certificados solamente pueden ser reproducidos y utilizados en forma completa. Alteraciones y cambios requieren la autorización previa del ICAITI

Página 1

ANEXO al certificado de calibración No. MCM-057/96

**1. Método de calibración y trazabilidad:**

El método utilizado fue el de sustitución, que consiste en comparaciones directas, patrón-patrón de trabajo, patrón de trabajo-patrón.

El equipo utilizado fue: una balanza Mettler modelo AT-201.

La trazabilidad a patrones internacionales se garantiza con el uso de patrones regionales calibrados en la PTB o en DKD de Alemania.

**2. Condiciones ambientales:**

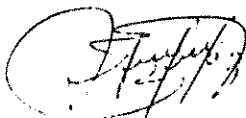
Temperatura: 20.5 °C

Humedad Relativa: 69 %

**3. Resultados de la calibración:**

Valor nominal (g)	Valor real (g)	Incertidumbre (mg)
0.002	0.002 00	± 0.010
0.005	0.005 00	± 0.010
0.01	0.010 00	± 0.010
0.02	0.020 00	± 0.010
0.03	0.030 00	± 0.016
0.05	0.050 00	± 0.010
0.1	0.100 00	± 0.010
0.2	0.200 00	± 0.010
0.3	0.300 00	± 0.016
0.5	0.499 93	± 0.010
1	1.000 00	± 0.010
2	1.999 83	± 0.010
3	3.000 01	± 0.016
5	5.000 03	± 0.010
10	9.999 87	± 0.011
20	20.000 15	± 0.013
30	30.000 16	± 0.021
50	49.999 69	± 0.018
100	100.000 65	± 0.025

--ULTIMA LINEA--



## ANEXO 2: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL TERMÓMETRO ELECTRÓNICO UTILIZADO EN LA INTERCOMPARACIÓN.



INSTITUTO CENTROAMERICANO DE  
INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
(ICAITI)

Avenida La Reforma 4-47 Zona 10-01010  
APARTADO POSTAL 1552 01801  
GUATEMALA C. A.

TELÉFONOS 310431/5 P. B. X  
Fax (502-2) 317470  
CORREO ELECTRONICO  
icaitigt@uvg.edu.gt

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Objeto calibrado:	termómetro electrónico
Valor de la escala:	0.1°C
Alcance de indicación:	de 20°C hasta 230°C
Marca o fabricante:	Technoterm
Número de serie:	1200
Solicitante:	ICAITI.
Patrón utilizado:	PT-100 DKD-241
Número de registro ICAITI:	MCT 149/94

El instrumento fue calibrado en base a la publicación OIML P 16 y cumple con las especificaciones del fabricante.

La incertidumbre de la medición es de 2°C y fue calculada en base a la guía para la expresión de la incertidumbre ISO (1993), considerándose la incertidumbre del termómetro patrón, del multimetro y de las mediciones propiamente dichas.

De acuerdo a los resultados se recomienda que el instrumento se calibre al término de 2 años con relación a la fecha de este certificado.



Guatemala, 29 de noviembre de 1,994

Noel Prado  
Laboratorio regional de metrología

Certificados sin firma y sello original no tienen validez.  
Los certificados solamente pueden ser reproducidos y utilizados en forma completa.  
Alteraciones y cambios requieren la autorización previa del ICAITI.

# ANEXO 3: NORMA OIML 111, SECCIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LAS MEDICIONES DE MASA.

## ANNEX B UNCERTAINTIES FOR WEIGHTS

### Preliminary note

The provisions and calculations of this Annex B are not mandatory, and shall be considered as a guide. Only the four general statements hereafter are mandatory:

- 1 The value of the expanded uncertainty  $U$  shall include all uncertainty components arising from standards used, from weighing processes, and from air buoyancy.
- 2 A statement of the uncertainty shall be supported in the records by a complete list of the components considered, specifying for each component the method used to obtain its numerical value.
- 3 For uncertainty components which are evaluated by statistical methods, the relation between the quoted uncertainty and the standard deviation ( $\sigma$  value of the mean) shall be stated (the Student factor  $t$  may be used).
- 4 The method of combining the various uncertainty components mentioned in point 1 shall be specified and shall be based on an appropriate International Recommendation or recognized International Standard.

### B.1 Terminology

Note: The terminology used in this Recommendation conforms to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" published by ISO on behalf of BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (First edition 1993).

#### B.1.1 Uncertainty of measurement

Parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

Note: The uncertainty of measurement comprises, in general, several components which may be grouped into two categories according to the method used to estimate their numerical value:

- A - components evaluated by statistical methods to a series of repeated determinations.
- B - components evaluated by other means.

#### B.1.2 Standard uncertainty

Uncertainty of the result of a measurement expressed as an estimated standard deviation.

#### B.1.3 Combined standard uncertainty ( $u_c$ )

Standard uncertainty of a measurement result when that result is obtained from the values of a number of quantities: it is equal to the positive square root of the ap-

appropriate sum of the variances and covariances of these quantities. The variance of a quantity is the square of its standard deviation.

#### B.1.4 Expanded uncertainty

The expanded uncertainty  $U$  is obtained by multiplying the combined standard uncertainty by the coverage factor  $k$ .

$$U = k \cdot u_c$$

#### B.1.5 Coverage factor $k$ – Level of confidence

In most cases, it is appropriate to use the factor  $k = 2$ .

For the Normal distribution, the factor  $k = 2$  signifies that the limits of the expanded uncertainty apply when the confidence level is approximately 95 %.

### B.2 Uncertainties for weights

$$u_c^2 = u_A^2 + u_B^2$$

with  $u_A, u_B$ : standard uncertainties of category A and B, respectively.

#### B.2.1 Uncertainties in the weighing process (category A)

##### B.2.1.1 $F_2$ and lower classes of weights

The standard uncertainty,  $u_w$ , which is based on the assumption of a rectangular statistical distribution of measurement values, is given by:

$$u_w = \frac{a_w}{\sqrt{3}}$$

where  $a_w$  is an estimate of a maximum variation, equal to either:

- half the observed variation width, or
- the scale interval  $d$  of the balance used, whichever is greater.

##### B.2.1.2 Class $E_1, E_2$ and $F_1$ weights

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad (1)$$

with  $\bar{x}$ : average of the results of  $n$  mass determinations  $x_k$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2 \quad (2)$$

with  $s$ : standard deviation of  $\bar{x}$

$$u_A = \left| \frac{s}{\sqrt{n}} \right| \quad (3)$$

If the number  $n$  of data is smaller than 10,  $u_A$  shall be multiplied by the factor  $t_r$ , given in the table below:

$n$	$t_r$
2	7.0
3	2.3
4	1.7
5	1.4
6	1.3
7	1.3
8	1.2
9	1.2

The factors  $t_r$  apply for  $k = 2$  and are derived from Student and Normal distributions (WECC Document 19 - 1990, Annex B, Table 1).

If identical series of measurements are taken at different days or under different circumstances, and if these series differ by significantly more than the uncertainties of single series, a standard uncertainty  $u'_A$  should be calculated by replacing in equation (1) and (2)  $x_k$  by the means of the series and  $n$  by the number of series. If  $u''_A$  is the standard uncertainty of a single series,  $u_A$  is obtained by:

$$u_A^2 = u'^2_A + u''^2_A \quad (4)$$

#### B.2.2 Other uncertainties (category B)

The category B uncertainty  $u_B$ , usually is composed of the uncertainties  $u_N$  (reference weight),  $u_b$  (air buoyancy), and  $u_s$  (sensitivity of the balance):

$$u_B^2 = u_N^2 + u_b^2 + u_s^2 \quad (5)$$

##### B.2.2.1 Uncertainty in the standard (category B)

The standard uncertainty  $u_N$  associated with the mass of the reference weight should be calculated from its calibration certificate by dividing the quoted expanded uncertainty,  $U$ , by the quoted coverage factor  $k$ :

$$u_N = \frac{U}{k}$$

In cases where the quoted expanded uncertainty associated with the reference weight is lacking, an uncertainty should be assumed according to the accuracy class of the reference weight, as specified in 3.2.



### B.2.2.2 Combinations of reference weights

If combinations of reference weights are used, covariances have to be taken into account. However, in most cases, the covariances are unknown, because, usually, they are not given in certificates. In this case, because weights of the same set usually have large covariances, the combined standard uncertainty  $u_N$  should be calculated as the sum:

$$u_N = \sum u_{N_i}$$

of the standard uncertainties  $u_{N_i}$  of the individual reference weights. Then,  $u_N$  is an upper estimate for the combined standard uncertainty (assumed correlation coefficient: 1).

### B.2.2.3 Air buoyancy

A buoyancy correction is not necessary and  $u_b$  can be considered as negligibly small under the following condition:

$$|C| \leq \frac{1}{3} \frac{u}{m_n} \quad (6)$$

with:

$$C = \frac{(\rho_r - \rho_a)(\rho_a - \rho_o)}{\rho_r \rho_t} \quad (7)$$

- $\rho_a$ : air density
- $\rho_o$ : 1.2 kg·m<sup>-3</sup>
- $\rho_r$ : density of the reference weight
- $\rho_t$ : density of test weight
- $m_o$ : nominal value of the weight

In all other cases, a buoyancy correction shall be applied by multiplying  $m_c$  (reference weight) with the factor  $(1+C)$ . When the air density  $\rho_a$  during the weighing of the test weight is equal to the air density during the weighing of the reference weight ( $m_r$ ),  $u_b$  is then calculated from standard uncertainties (taking account of the coverage factor  $k$  (B.1.4, B.1.5)) of air density  $u_{\rho_a}$ , material density of the reference weight  $u_{\rho_r}$  and of the test weight  $u_{\rho_t}$  as follows:

$$u_b^2 = \left[ m_r \frac{\rho_r - \rho_t}{\rho_r \rho_t} u_{\rho_a} \right]^2 + (m_r (\rho_a - \rho_o))^2 \left[ \frac{u_{\rho_r}^2}{\rho_r^4} + \frac{u_{\rho_t}^2}{\rho_t^4} \right] \quad (8)$$

### B.2.2.4 Sensitivity of the balance

The standard uncertainty associated with the sensitivity of the balance  $u_s$  shall be estimated from a calibration procedure taking into account the indication difference or deflection difference observed between the reference weight and the test weight.