

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ



VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POST GRADO

FACULTAD DE FARMACIA

**CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA
REQUERIDOS EN EL LABORATORIO DE DISOLUCIÓN DEL
INSTITUTO ESPECIALIZADO DE ANÁLISIS SEGÚN LOS CRITERIOS
DE LA NORMA ISO 17025**

POR:

**LICENCIADO ISRAEL DUARTE
CED. 8-733-2419**

**Informe final de práctica profesional
presentado para optar por el título de Maestría
En Ciencias Farmacéuticas Especialización En
Control De Calidad De Medicamentos**

PANAMÁ, REPUBLICA DE PANAMÁ

2006



UNIVERSIDAD DE PANAMA
VICE RECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO
FACULTAD DE FARMACIA

Dirección de Investigación y Postgrado

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS FARMACÉUTICAS

EXAMEN GENERAL DE CONOCIMIENTOS

La Comisión de Evaluación debidamente designada por la Comisión Académica del programa de Maestría en Ciencias Farmacéuticas, para aplicar el Examen General de Conocimientos contemplado en el Reglamento General de Estudios de Postgrado y regido por Reglamento de Examen General de Conocimientos de este Programa de Maestría y conformada por los siguientes profesionales:

Dra. Anselma Calderín
Nombre del Presidente

Fac Farmacia
Institución o empresa

Profesora
Cargo

Mirna de Soto M.S
Nombre del Miembro

Fac Farmacia
Institución o empresa

Profesora
Cargo

Nilke Guerrero de J. M. P. I. E. A.
Nombre del Miembro

I. E. A.
Institución o empresa

Jefe de Sección
Cargo

Hace del conocimiento de la Vice Rectoría de Investigación y Postgrado que:

Israel Duarte, con cedula 8-733-249 candidato (a) al grado de **MAGÍSTER EN CIENCIAS FARMACEUTICAS**, ha sido examinado por nosotros mediante una Prueba Escrita en la cual obtuvo un puntaje total de 96.3/100 una Prueba oral la cual obtuvo un puntaje total de 99/100 y que conforme a los términos señalados en el Reglamento de Examen General de Conocimientos vigente la Comisión Evaluadora consigna su

APROBACIÓN
(Tachar el término incorrecto)

DESAPROBACIÓN

En consecuencia, recomienda que:

SE LE OTORGUE
(Tachar la frase incorrecta)

~~NO SE LE OTORGUE~~

el grado de **MAGÍSTER EN CIENCIAS FARMACEUTICAS** con énfasis en Control de Calidad

Dando fe de lo actuado,

Anselma Calderín
Presidente

Vicki M. de Soto
Miembro

Mirna de Soto
Miembro

Granady López
Representante de Vice Rectoría de Investigación y Postgrado

Dado en la Ciudad Universitaria Octavio Méndez Pereira, a los 13 días del mes de Octubre de 2006



27 FEB 2007

abrogado del centro

16900

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a ti, que calladamente vienes enviada por Dios como un regalo de navidad. Este trabajo ha sido terminado solo pensando en ti y en lo orgullosa que te sentirás de tus padres cuando crezcas. Eres el más preciado tesoro que tendremos, ten la plena seguridad de que te cuidaremos como tal.

AGRADECIMIENTO

Dios, como ser omnipotente es responsable del término exitoso de este proyecto.

Agradezco a aquellas personas que fueron soporte durante mis estudios de esta maestría.

Dra. Ángela Calderón por el seguimiento estrecho para el término exitoso de este proyecto.

Lic. Nilka de Solís por su papel como supervisora en esta práctica.

A los colegas del IEA, quienes de corazón me aceptaron en su laboratorio haciéndome sentir como parte del equipo.

En especial a mi Familia: Irma, Rita, Enrique, Yane, Yorlenys, Michael, Yeimi y Naín esas palabras de aliento me llenaron de energía cada vez que eran necesarias.

Kerly y a Belén que esta por llegar, ambas son suficiente incentivo para seguir adelante.

Les estoy muy agradecido a todos.

ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Hoja de aprobación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	v
Índice General.....	vii
Índice de Cuadros.....	x
Índice de Gráficas.....	xi
Resumen.....	xii
I. JUSTIFICACION Y OBJETIVOS.....	1
II. INTRODUCCION.....	5
1. Calibración.....	6
2. Incertidumbre En Las Mediciones.....	6
2.1 Estimación De Incertidumbre.....	7
3. Requerimientos De Calibración De Acuerdo A La Norma ISO 9001 Y 17025.....	8
III. METODOLOGÍA.....	12
1. Inventario De Cristalería.....	13
2. Equipos.....	13
3. Procedimiento De Calibración.....	13
3.1 Proceso de Limpieza.....	13
3.2 Ajuste del Menisco.....	14

3.3 Acondicionamiento de instrumentación de medición a las condiciones ambientales.....	14
3.4 Proceso de Calibración	15
4. Cálculos.....	17
4.1 Cálculo de V_{20}	17
4.2 Medición de incertidumbre del cálculo del valor de V_{20}	21
4.3 Cálculo de Incertidumbre expandida.....	23
4.4 Errores Máximos Permitidos para la Capacidad de la Instrumentación de Medición Volumétrica	24
IV. RESULTADOS.....	26
1. Detalles de Instrumentación Inventariada.....	27
1.1 Probetas.....	27
1.2. Pipetas volumétricas.....	27
1.3. Matraces volumétricos.....	29
1.4 Pipetas Serológicas.....	29
2. Análisis de errores de la instrumentación calibrada.....	30
2.1 Pipetas Volumétricas.....	31
2.2 Matraces Volumétricos.....	32
2.3 Pipetas serológicas y Probetas.....	33
3. Certificaciones de Calibración.....	33
V. RECOMENDACIONES.....	35
VI. BIBLIOGRAFIA.....	37

VII. ANEXOS.....40

VIII. DEFINICIONES.....60

ÍNDICE DE CUADROS

Nº	Página
1. Tolerancias para la Instrumentación de Medición Volumétrica recomendadas por el NIST.	24
2. Análisis de errores de Instrumentación Calibrada según NIST y UNE.....	30
3. Certificaciones de calibración emitidas por instrumentos.....	33

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Nº	Página
1. Detalles sobre Instrumentación Inventariada y Calibrada.....	27
2. Probetas Calibradas de acuerdo a su capacidad.....	28
3. Pipetas Volumétricas Calibradas de acuerdo a su capacidad.....	28
4. Matraces Volumétricos Calibrados de acuerdo a su capacidad.....	29
5. Pipetas Serológicas Calibradas de acuerdo a su capacidad.....	30
6. Análisis de errores según rango de tolerancia de la instrumentación.....	31
7. Análisis de errores según rango de tolerancia de las pipetas volumétricas.....	32
8. Análisis de errores según rango de tolerancia de las matraces volumétricos.....	33

RESUMEN

Se realizó un programa de calibración de la instrumentación de medición volumétrica perteneciente a la clasificación de medición cuantitativa en el Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado de Análisis, se incluyeron las probetas y pipetas serológicas (pertenecientes al grupo de instrumentación de medición cualitativa) ya que su uso es común en determinaciones cuantitativas en este laboratorio.

El primer paso en la ejecución del programa de calibración fue levantar un inventario de toda la instrumentación de medición volumétrica, seguido de la rotulación de cada instrumento según su familia. El total de unidades inventariadas fue de 54 probetas, 125 pipetas serológicas, 134 pipetas volumétricas y 196 matraces volumétricos.

Luego de concluido el inventario, se iniciaron las mediciones de cada instrumento de acuerdo a los conceptos establecidos por la ASTM Designación E 542-01 llamada "Práctica Estándar para Calibración de Instrumentos Volumétricos de Laboratorios".

Las mediciones se fundamentaron en la determinación gravimétrica de la cantidad de agua contenida o liberada, y la conversión de este valor a un volumen verdadero a la temperatura estándar de 20° C mediante el uso de ecuaciones y tablas estándares.

Una vez terminados los ensayos, se realizaron las mediciones de incertidumbre a cada instrumento para determinar su cumplimiento con los lineamientos de la Norma ISO 17025.

A cada instrumento calibrado se le editó su correspondiente certificado de calibración, en donde se mostraron: las condiciones ambientales en las que fueron realizadas las mediciones, los resultados de cada medición y la incertidumbre calculada. Se editaron un total de 478 certificados de calibración en este proyecto.

CAPITULO I
JUSTIFICACION Y OBJETIVOS

1. JUSTIFICACIÓN

El Instituto Especializado de Análisis (IEA) es el laboratorio oficial para realizar análisis de medicamentos en proceso de obtención de registro sanitario en Panamá. El IEA debe poseer un sistema de calidad que asegure que todos los análisis realizados, sean confiables y que muestren seguridad a los usuarios.

El establecimiento de un sistema de calidad garantizado le permite llegar a ser un organismo acreditado. La acreditación puede ser dada por una entidad de acreditación la ISO (Organización Internacional de Normalización) la cual tiene el cometido de establecer la conformidad de una determinada empresa, producto, proceso o servicio a los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas. Su función es reconocer formalmente que una organización es competente para la realización de una determinada actividad.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) como entidad de certificación y acreditación, en lo concerniente a los “Procedimientos de control del equipo de inspección, medición y prueba” establece que cada laboratorio debe determinar un sistema de mediciones, la exactitud requerida y además, seleccionar el equipo adecuado para la inspección de estas pruebas (1).

Estos aspectos enfatizan el hecho de que la empresa debe calibrar y ajustar todo el equipo de inspección, medición y prueba a intervalos definidos. Esta calibración debe realizarse con equipo certificado y patrones reconocidos. El equipo calibrado debe tener una identificación en donde se indique el estado de la calibración y sus registros de realización (1).

El Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado de Análisis no contaba un programa de calibración de la instrumentación de medición volumétrica por lo que se

hizo una prioridad desarrollarlo para optar por las certificaciones/ acreditaciones de la Organización Internacional de Normalización.

La obtención de la acreditación del IEA brindará una serie de beneficios como: confianza en el consumidor/usuario al garantizar que el producto ha sido evaluado según normas internacionales, desarrollo de la empresa, aumento de su competitividad, mejoramiento continuo de los procesos y un mejoramiento en el valor añadido para el producto (2).

Los objetivos de este proyecto estaban encaminados a que el Laboratorio de Disolución del IEA establezca un programa de calibración de la instrumentación de medición volumétrica utilizada en los análisis de medicamentos de acuerdo a los requisitos de la Norma ISO 17025.

2. OBJETIVOS

a. Objetivo General

1. Calibrar los instrumentos de mediciones volumétricas utilizadas en los análisis cuantitativos de medicamentos, en el Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado de Análisis, de acuerdo a los requisitos establecidos por la Norma ISO 17025.

b. Objetivos Específicos

1. Inventariar todos los instrumentos de medición volumétrica utilizados en los análisis cuantitativos.
2. Identificar la instrumentación de medición volumétrica, previamente inventariada para calibrar, según el procedimiento desarrollado para la realización de este proyecto.

3. Desarrollar el procedimiento estándar de operación para realizar la calibración de instrumentos de medición volumétrica.
4. Desarrollar un plan de calibración de la instrumentación de medición volumétrica a calibrar.
5. Determinar el error absoluto de la instrumentación de medición volumétrica.
6. Determinar la incertidumbre del proceso de calibración de los instrumentos de medición volumétrica.
7. Editar informes o reportes de calibración a cada instrumento de medición volumétrica.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN

1. CALIBRACIÓN

Se entiende por Calibración el conjunto de operaciones bajo condiciones específicas que tiene por finalidad examinar, certificar y determinar cualidades metrológicas de un instrumento con respecto a un patrón (3).

Los patrones deben presentar trazabilidad, es decir, su incertidumbre debe ser debidamente certificada por una entidad acreditada. Únicamente la trazabilidad permite asegurar la correcta lectura de los equipos empleados en cualquier medición, dentro de sus márgenes de incertidumbre calibrados. (4)

Durante el proceso de calibración, el instrumento a calibrar debe ser verificado para un número suficiente de puntos a lo largo de todo el rango de medida, de manera que pueda estimarse con una resolución adecuada el comportamiento del instrumento en todo este rango. Para cada uno de estos puntos se aplica un procedimiento de comparación, en el que se realizan varias medidas en las mismas condiciones. (4)

De esta forma, a través de la calibración, se puede conocer la estimación con un cierto nivel de confianza de los errores que comete un instrumento de medida en todo su rango. Es necesario conocer esta información para poder evaluar la incertidumbre de una medida realizada con dicho instrumento. (4)

Los procesos de calibración pueden dividirse en dos grandes grupos: directos e indirectos. En este proyecto se utilizó el método de calibración directa.

2. INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES

La imperfección natural de la realización de las mediciones, hace imposible conocer con certeza absoluta el valor verdadero de una magnitud: Toda medición lleva implícita una incertidumbre, que de acuerdo al Vocabulario Internacional de Metrología (VIM),

es un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al mesurando. (7)

La incertidumbre de medida incluye, en general, varias componentes. Algunas pueden estimarse a partir de la distribución estadística de los resultados de series de medición, y pueden caracterizarse por la desviación típica muestral (componente de la incertidumbre de tipo A). Las estimaciones de otras componentes de la incertidumbre (tipo B) solamente pueden basarse en la experiencia o en otras informaciones. (3)

En los certificados de calibración, según es estipulado en la guía EA-4/02 y CEA-ENAC-LC/02 de expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones, esta incertidumbre se ha de expresar como “**incertidumbre expandida**” de medida y se obtiene de multiplicar la incertidumbre típica, que no es necesaria que aparezca en el certificado, por el factor de cobertura k . En los certificados de calibración que editados en este proyecto se mostrara el valor de incertidumbre.

2.1 Estimación de Incertidumbre

En la cuantificación de la incertidumbre hay que tener en consideración un modelo físico, un modelo matemático y la identificación de las fuentes de incertidumbre.

a. **Modelo Físico:** Un modelo físico consiste en el conjunto de suposiciones sobre el propio mesurando y las variables físicas o químicas relevantes para la medición.

Éstas suposiciones incluyen:

Una medición física, por simple que se vea, tiene asociado un modelo que solo aproxima el proceso real. (1,2)

b. **Modelo Matemático:** el modelo físico se representa por un modelo descrito con lenguaje matemático. El modelo matemático supone aproximaciones originadas por

la representación imperfecta o limitada de las relaciones entre las variables involucradas. (1,2)

c. Identificación de las fuentes de incertidumbre:

Una vez determinados el mesurando, el principio, el método y el procedimiento de medición, se identificarán las posibles fuentes de incertidumbre en donde se muestran las siguientes variables: (M_c =medición de la masa del recipiente lleno, M_b = medición de la masa del recipiente vacío, ρ_A =densidad del agua, T_A =temperatura medida del agua ρ_B =densidad de las pesas de la balanza, $\alpha = \rho_a$ =densidad del aire (Figura #1).

(1,2)

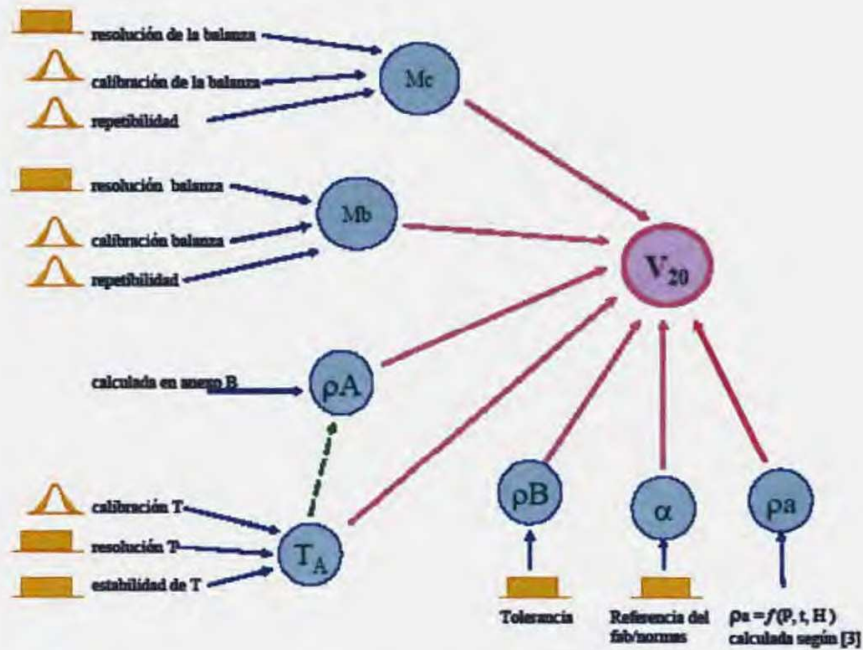


Figura #1 Diagrama de árbol de las fuentes de incertidumbre en calibración de instrumentación volumétrica

3. REQUERIMIENTOS DE CALIBRACION DE ACUERDO A LA NORMA ISO 9001 Y 17025

La serie ISO9000 es un juego de normas de aseguramiento de calidad desarrolladas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en conjunto con la directiva de la Comunidad Europea en 1987, su objetivo es asegurar que los sistemas de calidad de las empresas que adoptan sus normas sean controlados y más eficientes (1).

Estas normas ofrecen una forma normalizada para evaluar y certificar el sistema de aseguramiento de calidad de las compañías (1). Esta normalización consiste en que la propia empresa mantenga sus procesos controlados por medio de la estructuración de una organización manejada por procedimientos. Estos son la guía para la realización de todos los procesos que en dicha organización se ejecutan. Por ejemplo en la Sección de control del equipo de inspección, medición y prueba, se solicita que después de ejecutar un procedimiento de inspección y prueba se debe elaborar un reporte el cual sería la evidencia escrita de la acción ejecutada (1).

El requisito 4.11 de la familia de normas para el aseguramiento de la calidad ISO 9000, relativo al control de los equipos de inspección, medición y ensayo, indica que éstos “deben ser utilizados de manera que se asegure que la incertidumbre de la medida es conocida y compatible con la capacidad de medida requerida”. Esto es, si un sistema de control y aseguramiento de la calidad funciona satisfactoriamente, las medidas deben ser de alta calidad, lo cual quiere decir que sólo se realizarán medidas con sensores debidamente calibrados, y cuya incertidumbre sea conocida. Todos los errores en las medidas realizadas deben estar identificados, cuantificados y, en su caso, compensados. Para asegurar esta condición la compañía debe establecer un plan de calibración y mantenimiento de los equipos de medida.

El desarrollo de programas de calibración es un requisito de la Norma ISO 9001, en lo que respecta a Normalización de control de equipo de inspección, medición y prueba. Estos programas de calibración tienen como objetivo asegurar la calibración de la

instrumentación utilizada en dicha organización. Un programa de calibración es medular en un análisis químico o farmacéutico. El beneficio de la calibración incide en la exactitud de los resultados de los análisis realizados con respecto al valor verdadero (1).

Un programa de calibración de la instrumentación de medición volumétrica utilizada en el laboratorio nos permite estimar el valor convencionalmente verdadero de una medida o de un material de referencia, los errores de indicación de un equipo de medición y las correcciones entre otras propiedades metrológicas (2).

La Norma ISO-17025 estipula que todos los equipos (soporte lógico, utilizados para ensayos, para muestreos o para pruebas) deben ser calibrados. Su calibración debe formar parte de un programa de calibración de equipos en uso y nuevos avalado por un procedimiento específico bien definido (1).

Según las exigencias de las normas ISO (9000, 9001 y 17025) y la importancia de los programas de calibración de instrumentación y equipo, todo laboratorio de análisis de productos farmacéuticos debe definir, documentar y mantener su política de calidad y procedimientos de laboratorios para controlar calibrar y verificar los equipos de medición y prueba utilizados. El seguimiento de estas exigencias garantizará que un producto se ajuste a las especificaciones y criterios de calidad establecidos (1).

Luego de revisar los requisitos de la Organización Internacional de Normalización (ISO) con respecto al desarrollo de programas de calibración, calibración de equipos y prueba de los equipos nuevos, se infiere que cada laboratorio debe mantener un programa de calibración de sus equipos de medición y pruebas para obtener la acreditación que le permita determinar sus competencias para realizar determinados tipos de ensayos, mediciones y calibraciones.

La acreditación es un reconocimiento formal de la competencia del laboratorio que se fundamenta en los servicios de calibración de instrumentación y equipos lo cual garantiza ensayos con resultados confiables (3).

La norma internacional ISO 17025:1999 (IRAM 301:2000) "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", establece los requisitos a cumplir para acreditar la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (2).

Las acreditaciones de los laboratorios en el mundo están en franco crecimiento y como ejemplo, sólo en la Argentina, hay cerca de 40 laboratorios acreditados hasta la fecha (1,4).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

1. INVENTARIO DE CRISTALERÍA

El primer paso en la ejecución del programa de calibración fue levantar un inventario de toda la instrumentación de medición volumétrica. Dicho proceso fue ejecutado en la semana del 17 de febrero de 2005 (Anexo 1).

Se utilizó una codificación especial para cada familia de instrumento, PV (*Pipetas Volumétricas*), PS (*Pipetas Serológicas*), VO (*Matraces Volumétricos*) y PR (*Probetas*). La identificación del instrumento sigue el siguiente patrón: LLNNN (LL = Clasificación de familia de instrumento y NNN= Secuencia Numérica del Instrumento).

2. EQUIPOS

Durante la calibración de la instrumentación volumétrica se utilizaron los siguientes equipos:

- Balanza analítica
- Termómetro
- Barómetro
- Termo higrómetro

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

3.1 Proceso de Limpieza

Antes de iniciar la medición se sometió el instrumento de medición volumétrica a un proceso de limpieza, éste consistió en lavar el instrumento con detergente alcoholado, posteriormente el instrumento fue enjuagado con abundante agua destilada y secado a temperatura ambiente.

3.2 Ajuste del Menisco

Al momento de ajustar el menisco en la práctica, se colocó el instrumento a nivel de los ojos y se llevo el agua al nivel, en el caso de probetas y matraces volumétricos el ajuste del menisco se realizó con un gotero. El ajuste del menisco en todos los casos fue como muestra la Figura #2, una vez ajustado el menisco se limpiaron las paredes internas del recipiente con papel para evitar excesos de agua. (4)

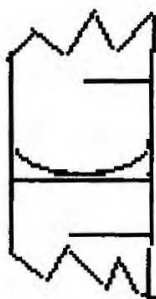


Figura #2 Muestra de ajuste de menisco de referencia.

3.3 Acondicionamiento de instrumentación de medición a las condiciones ambientales

El termo higrómetro y el termómetro fueron colocados 15 minutos antes de iniciar las mediciones para asegurar que éstos estuviesen adecuados al área de medición y así obtener resultados correctos.

3.4 Proceso de Calibración

El procedimiento fue aplicado según el tipo de instrumentación de medición volumétrica. (14)

- **Pipetas Volumétricas:**

- a) Se taró un vaso químico de poca capacidad (recipiente receptor).
 - b) Se llenó un segundo vaso químico con agua destilada.
 - c) Se tomó la temperatura del agua añadida en el segundo vaso químico, y se anotó el valor.
 - d) Se llenó la pipeta con ayuda de una propipeta hasta unos pocos centímetros por encima de la línea de aforo.
 - e) Se aforó el instrumento.
 - f) Se agregó el agua al vaso químico (previamente tarado) desde la pipeta, asegurándose que la punta de la pipeta estuviese en un ángulo de 45° del vaso receptor y que la punta de la pipeta tocara la pared de éste.
 - g) Se esperó 3 segundos después de que se hubiese liberado toda el agua de la pipeta.
 - h) Se tapó inmediatamente el vaso químico y se pesó nuevamente, en esa ocasión con el agua vertida.
 - i) Se anotaron los resultados, T° , gramos de agua y valores de humedad relativa (Anexo 2).
 - j) En el caso de pipetas serológicas, el procedimiento se repitió cinco veces en tres puntos diferentes.
 - k) Para el caso de pipetas volumétricas, el procedimiento fue repetido cinco veces en la línea de aforo. (3,4)
- **Probetas:**
 - a) Se taró un vaso químico de poca capacidad (recipiente receptor).
 - b) Se llenó un segundo vaso químico con agua destilada.
 - c) Se tomó la temperatura del agua añadida en el segundo vaso químico.

- d) Se agregó agua en la probeta hasta unos centímetros por debajo del punto que desea medir (línea de aforo).
 - e) El recipiente fue dejado (dos) minutos hasta que se drene por gravedad el exceso de agua que esta por encima del punto a aforar.
 - f) Se aforó el instrumento con un gotero.
 - g) El agua fue rápidamente liberada en el vaso químico, éste a su vez fue tapado inmediatamente, la punta de la probeta debió estar en contacto con la pared del recipiente colector.
 - h) Se esperó tres segundos después que la probeta hubiese liberado todo su contenido.
 - i) Se pesó el vaso químico (recipiente colector), previamente tarado, con el agua añadida.
 - j) Los resultados fueron registrados (gramos de agua y valores de humedad relativa) en el formato Anexo (Anexo 3).
 - k) Este procedimiento se repitió cinco veces en tres puntos diferentes. (3,4)
- **Matraz Volumétrico:**
 - a) Se pesó el matraz volumétrico cinco veces.
 - b) Se llenó un vaso químico con agua destilada.
 - c) Se tomó la temperatura del agua añadida en el vaso químico, y se anotó el valor.
 - d) Se agregó agua en el matraz hasta unos centímetros antes del punto del aforo.
 - e) Se dejó el recipiente 2 minutos hasta que se drene por gravedad el exceso de agua que esta por encima del punto a aforar.
 - f) Se aforó con un gotero.

g) Se pesó el matraz, previamente aforado, con el agua añadida. En este punto fue necesario ser muy cuidadoso con los excesos de agua, los resultados fueron registrados en formato anexo (Anexo 2).

h) Este procedimiento se repitió 5 veces en la línea de aforo. (4, 5)

4. CÁLCULOS

4.1 Cálculo de Volumen de agua contenida o liberada (V_{20})

En este proyecto se utilizó el método de calibración recomendado por la ASTM Designación E 542-01 llamada “Práctica Estándar para Calibración de Instrumentos Volumétricos de Laboratorios” (6). Este procedimiento está basado en la determinación gravimétrica de la cantidad de agua contenida o liberada, en donde se permite determinar el volumen del instrumento a una temperatura de referencia a partir de la medición de la masa del agua destilada contenida en el mismo. Para obtener el volumen del frasco a la temperatura de referencia de 20°C, considerando la densidad del agua a la temperatura de calibración, la dilatación cúbica del material y la corrección por la pesada en el aire se utilizó la siguiente expresión:

$$V_{20} = (M_c - M_b) \left(\frac{1}{\rho_A - \rho_a} \right) \left(\frac{1 - \rho_a / \rho_B}{1 - \alpha (T - 20)} \right)$$

En donde V_{20} = volumen de agua contenida o liberada.

Para la determinación de la masa de agua destilada se utilizó el método de pesada directa, en donde se midió la masa del recipiente vacío (M_b) y después del recipiente lleno con agua destilada hasta la marca de aforo (M_c); la diferencia de masa de ambas mediciones sería la masa contenida o liberada en el recipiente (M_a). Las correcciones por flotación y la diferencia de temperatura se consideraron respecto a la temperatura de referencia de 20°C y la temperatura del recipiente durante las mediciones (T_A).

De acuerdo al método propuesto en el documento llamado “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” GUM, se estimó para cada instrumento la incertidumbre en la calibración del mismo a la temperatura de referencia de 20°C, utilizando el método gravimétrico. (1)

Las variables que forman parte de la ecuación de V_{20} se definen de la siguiente forma:

- a) M_b : se llevan a cabo mediciones repetidas de la masa del recipiente vacío y se calcula el promedio que corresponde al valor de M_b . Su incertidumbre puede estimarse a partir de la desviación estándar de la media.
- b) Resolución de la balanza: La resolución de la balanza es 0,01 g; la incertidumbre estándar se calcula considerando una distribución de probabilidad uniforme que corresponde a 0.0029g.
- c) Calibración de la balanza: El certificado de calibración de la balanza indica una incertidumbre de 0,02 g con $k = 2$, que corresponde a 0.01 g.
- d) M_c (medición de la masa del recipiente lleno): Se realizaron cinco mediciones de la masa del recipiente lleno con agua hasta la marca de aforo y se calcula la media para obtener M_c . La incertidumbre debido a la variabilidad en los resultados de la medición de M_c tiene una forma de evaluación tipo A; de acuerdo con la GUM, esta incertidumbre puede estimarse a partir de la desviación estándar de la media.
- e) Cálculo de la densidad del agua: para el cálculo de la densidad del agua y su incertidumbre relativa se utilizó el documento denominado “Recommended table for density and relative density of de-aerated Standard Mean Ocean Water (SMOW) at 101 325 Pa. Expanded uncertainties are given ($k=2$)” (Anexo 4). (5)

f) Cálculo de la densidad del aire: Para el cálculo de la densidad del aire se utilizó la siguiente fórmula:

Densidad del aire:

$$\rho_a = \frac{0.3484p - 0.90(hr) \times \exp(0.061t)}{273.15 + t}$$

En donde la densidad del aire, ρ_a está kgm^{-3} , donde la presión, p es dada en mbar o hPa, la humedad relativa, HR es expresada como porcentaje, y la temperatura, t en $^{\circ}\text{C}$, esta ecuación tiene una incertidumbre relativa de 2×10^{-4} en el rango de $900\text{hPa} < p < 1100\text{hPa}$, $10^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}$ y $hr < 0.8$.

La Incertidumbre de la densidad del aire fue calculada derivando la fórmula de ρ_a con respecto a cada variable para tener así los coeficientes de sensibilidad. Los coeficientes de sensibilidad indican que tanto podría afectar cada variable al resultado final de la fórmula.

- Derivación de la ecuación $\rho_a = \frac{0.3484p - 0.90(hr) \times \exp(0.061t)}{273.15 + t}$ con respecto a p

$$\rho_a = f(p, hr, t) = f$$

$$\frac{\delta f}{\delta p} = C_p = \frac{0.34848}{273.15 + t}$$

- Derivación de la ecuación $\rho_a = \frac{0.3484p - 0.90(hr) \times \exp(0.061t)}{273.15 + t}$ con respecto a hr

$$\frac{\delta f}{\delta hr} = C_{hr} = \frac{-0.90e^{0.061t}}{273.15 + t}$$

- Derivación de la ecuación $\rho_a = \frac{0.3484p - 0.90(hr) \times \exp(0.061t)}{273.15 + t}$ con respecto a t

$$\frac{\delta f}{\delta t} = C_t = \frac{-(273.15+t)(0.0549(\text{hr})e^{0.061t}) - 0.34848p + 0.90(\text{hr})e^{0.061t}}{(273.15+t)^2}$$

Luego de realizar los cálculos de coeficientes de sensibilidad para cada variable, se realizó la operación de $U_{\rho a}$ que corresponde al cálculo final de la incertidumbre de la medición del aire.

$$U_{\rho a} = 2\sqrt{(C_p^2 \times U_p^2) + (C_{hr}^2 \times U_{hr}^2) + (C_t^2 \times U_t^2) + (U_{\rho a}^2)}$$

En donde las variables de U corresponden a la incertidumbre mostrada en los certificados de calibración de cada instrumento.

g) Densidad de las pesas de la balanza: La variación promedio de la densidad de las pesas de acero inoxidable es de $\pm 0,08 \text{ g/cm}^3$. La incertidumbre estándar se calcula suponiendo una distribución de probabilidad rectangular que corresponde a $0,046 \text{ g/cm}^3$

h) Coeficiente de expansión cúbica del vidrio: La norma ISO 4787 [5] y la información técnica que proporciona el fabricante indican el mismo valor de $1,0 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ para el coeficiente de expansión cúbica del vidrio de boro silicato. Asumiendo una variación del valor de $\pm 5 \cdot 10^{-6}$, la incertidumbre estándar relacionada con este coeficiente es: $0,000\ 002\ 9 \text{ K}^{-1}$

i) Temperatura: en la medición de la temperatura se toma en consideración dos aspectos importantes:

- La resolución del termómetro es de $1 \text{ }^\circ\text{C}$, sin embargo, las lecturas registradas tienen una resolución de 0.1 ya que se han estado realizando a escala. La incertidumbre estándar se calcula con base en una distribución rectangular que corresponde a $0.029 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Calibración del termómetro: el certificado de calibración del termómetro indica una incertidumbre de 0,1 °C con k=2, su incertidumbre es de 0.05 °C.
- Variaciones de la temperatura del agua durante la calibración: Las variaciones en la temperatura del agua durante la calibración se observan cuando se mide la temperatura del agua al inicio y al final de la calibración. La incertidumbre estándar se obtiene suponiendo una distribución rectangular en donde su incertidumbre es aproximadamente 0.29 °C.

4.2 Medición de incertidumbre del cálculo del valor de V_{20}

- Coeficientes de sensibilidad (se obtienen por derivación parcial respecto a cada variable de la ecuación de V_{20})

- a) Derivación parcial de la ecuación de V_{20} con respecto a M_b (masa del recipiente vacío):

$$c_{M_b} = \frac{\delta V_{20}}{(\delta M_b)} = -\left(\frac{1}{\rho_A - \rho_a}\right) \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_B}\right) (1 - \alpha(T_A - 20))$$

- b) Derivación parcial de la ecuación de V_{20} con respecto a M_c (masa del recipiente con agua):

$$c_{M_c} = \frac{\delta V_{20}}{(\delta M_c)} = -\left(\frac{1}{\rho_A - \rho_a}\right) \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_B}\right) (1 - \alpha(T_A - 20))$$

- c) Derivación parcial de la ecuación de V_{20} con respecto a ρ_A (densidad del agua):

$$c_{\rho_A} = \frac{\delta V_{20}}{\delta \rho_A} = (M_c - M_b) \frac{(1 - \rho_a)(1 - \alpha(T_A - 20))}{\rho_B} \left(\frac{-1}{(\rho_A - \rho_a)^2}\right)$$

- d) Derivación parcial de la ecuación de V_{20} con respecto a ρ_a (densidad del aire):

$$c_{\rho_a} = \frac{\delta V_{20}}{\delta \rho_a} = ((M_c - M_b)(1 - \alpha(T_A - 20)) \left(\frac{-1}{(\rho_B(\rho_A - \rho_a))} + \left(\frac{\rho_B - \rho_a}{\rho_B}\right) \left(\frac{1}{(\rho_A - \rho_a)^2}\right) \right))$$

e) Coeficiente de expansión Cúbica:

$$c_{\alpha} = \frac{\delta V_{20}}{\delta \alpha} = (M_c - M_b) \left(\frac{1}{(\rho_A - \rho_a)} \right) (1 - (\rho_a / \rho_B)) (20 - T_A)$$

f) Densidad de las pesas de la balanza:

$$c_{\rho_B} = \frac{\delta V_{20}}{\delta \rho_B} = (M_c - M_b) \left(\frac{1}{(\rho_A - \rho_a)} \right) (1 - \alpha (T_A - 20)) (\rho_a / \rho_B^2)$$

g) Temperatura

$$c_{T_A} = \frac{\delta V_{20}}{\delta T_A} = (M_c - M_b) \left(\frac{1}{(\rho_A - \rho_a)} \right) (1 - (\rho_a / \rho_B)) - \alpha$$

La contribución de cada fuente de incertidumbre se obtiene finalmente cuando se multiplica la incertidumbre estándar con su coeficiente de sensibilidad: $(c_x)(u_x)$.

La incertidumbre combinada se obtiene con la suma cuadrática de las contribuciones individuales:

$$u_c(V_{20}) = \sqrt{\sum_x (c_x \cdot u_x)^2}$$

$$u_c V_{20} = \sqrt{(C_{M_b} \cdot U_{masab})^2 + (C_{M_c} \cdot U_{masac})^2 + (C_{\rho_A} \cdot U_{\rho_A})^2 + (C_{\rho_a} \cdot U_{\rho_a})^2 + (C_{\rho_B} \cdot U_{\rho_B})^2 + (C_{\alpha} \cdot U_{\alpha})^2 + (C_{T_A} \cdot U_{T_A})^2}$$

En donde:

u_{masab} es la incertidumbre estándar de la masa del recipiente vacío,

u_{masac} es la incertidumbre estándar de la masa del recipiente lleno con agua,

u_{ρ_A} es la incertidumbre estándar de la densidad del agua,

u_{ρ_a} es la incertidumbre estándar de la densidad del aire,

u_{ρ_B} es la incertidumbre estándar de la densidad de las pesas de la balanza,

u_{α} es la incertidumbre estándar del coeficiente de expansión cúbica, calculada en III.6,

u_{T_A} es la incertidumbre estándar de la temperatura del agua, calculada en III.3,

4.3 Cálculo de Incertidumbre expandida

La incertidumbre estándar u_c representa un intervalo centrado en el mejor estimado del mesurando que contiene el valor verdadero con una probabilidad p de 68% aproximadamente, bajo la suposición de que los posibles valores del mesurando siguen una distribución normal.

Generalmente se desea una probabilidad mayor, lo que se obtiene expandiendo el intervalo de incertidumbre por un factor k , llamado factor de cobertura. El resultado se llama incertidumbre expandida U .

$$U = k \times u_c$$

Sin embargo para el cálculo de manera rigurosa de la incertidumbre se utiliza la siguiente ecuación:

$$U = u_c \times t_p(v_{ef})$$

Donde $t_p(v_{ef})$ es el factor derivado de la Distribución "t" de Student a un nivel de confianza p y v_{ef} grados de libertad y obtenido en tablas.

La incertidumbre expandida U indica entonces un intervalo que representa una fracción p de los valores que puede probablemente tomar el mesurando. El valor de p es llamado el nivel de confianza, en este proyecto se tomó un nivel de confianza de 95.45 con $k=2$ correspondiente a una distribución normal.

Para cinco mediciones el valor de $t_p(v_{ef})$ es 2.87, por lo que este valor es multiplicado al valor de u_c dando como resultado la incertidumbre expandida.

Esta fórmula de V_{20} fue creada en una hoja Excel, una vez realizada la medición de los instrumentos los datos fueron ingresados en la fórmula para la obtención de este valor y el valor de incertidumbre.

4.4 Errores Máximos Permitidos para la Capacidad de la Instrumentación de Medición Volumétrica

El NIST (National Institute of Standards Technology) ha establecido valores de tolerancias para la instrumentación de medición volumétricas, estos valores de tolerancias son comparados contra los resultados obtenidos en la calibración de la instrumentación (Tabla No. 1) (10).

Tabla No. 1
Tolerancias para la Instrumentación de Medición Volumétrica recomendadas por el NIST.

CAPACIDAD DEL INSTRUMENTO (ML)	MATRAZ VOLUMÉTRICO	PIPETAS (ML)	BURETAS (ML)
1	± 0.02	--	--
2	± 0.02	±0.006	--
5	±0.02	±0.01	±0.01
10	±0.02	±0.02	±0.02
25	±0.03	±0.03	±0.03
50	±0.05	±0.05	±0.05
100	±0.08	±0.08	±0.10
200	±0.10	±0.10	
250	±0.12		
500	±0.20		
1000	±0.30		

No se obtuvo información sobre las instrumentaciones de medición volumétrica con capacidad menores a 1 ml y mayor de 1000 ml.

Para el análisis de los resultados de las mediciones de los matraces volumétricos se utilizaron los valores de tolerancias recomendados por el NIST.

La Norma UNE (Una Norma Española) 400306-1:1997 estableció valores de errores máximos permitidos para la capacidad de las pipetas. Además establece que el error máximo permitido para la capacidad de las pipetas serológicas no debe exceder el valor más pequeño de la escala, nos basaremos en este principio para el análisis del error detectado en cada instrumento graduado calibrado.

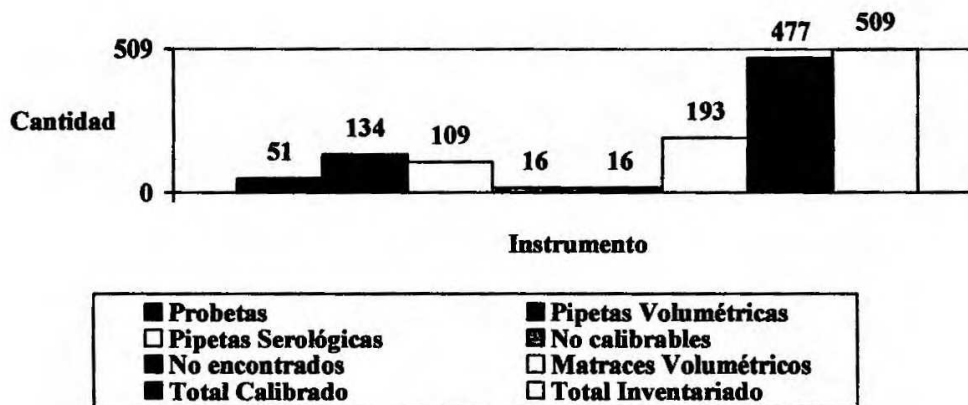
CAPITULO IV

RESULTADOS

IV. DISCUSION DE RESULTADOS

1. Detalles de Instrumentación Inventariada

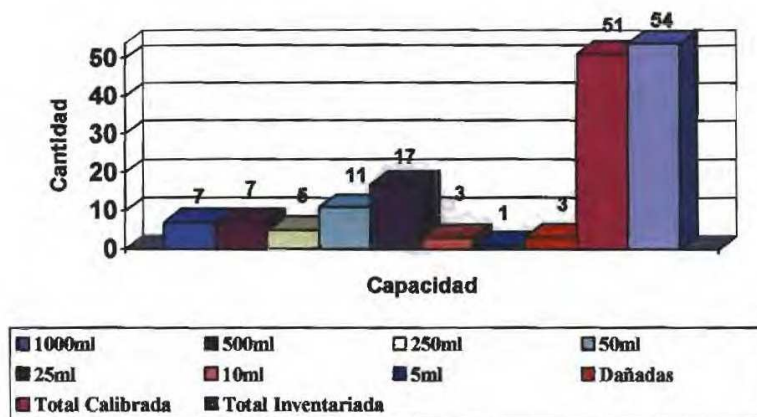
El inventario de la instrumentación mostró 51 probetas, 134 pipetas volumétricas, 109 pipetas serológicas y 190 matraces volumétricos, un total de 510 instrumentos de medición volumétrica para calibrar (Gráfica No. 1). De este total se calibraron 478 instrumentos (93.7%) ya que 16 no se encontraban aptos para ser calibrados y 16 unidades no fueron encontrados al momento que le correspondía ser calibrados.



Gráfica No. 1 Detalles sobre Instrumentación Inventariada y Calibrada

1.1 Probetas

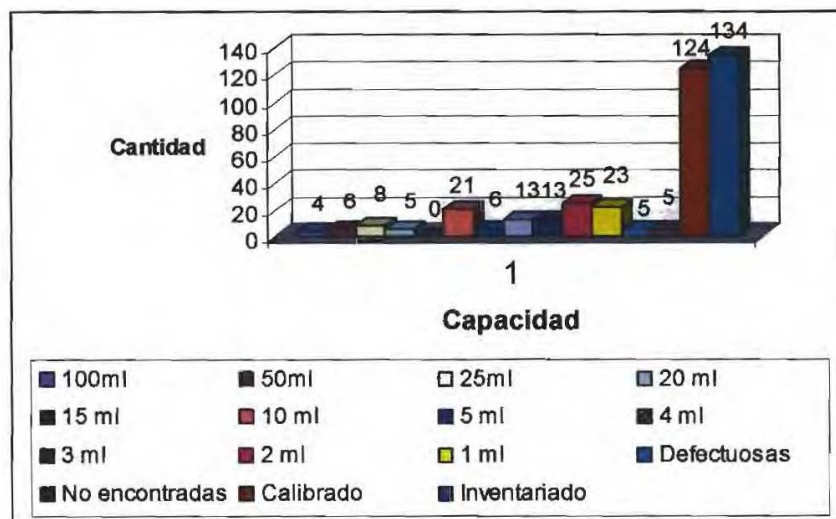
En la Gráfica # 2 se muestran las probetas calibradas, 54 unidades fueron inventariadas sin embargo, sólo 51 (94.4%) fueron calibradas ya que 3 unidades se encontraban defectuosas lo que impidió su calibración.



Gráfica No. 2 Probetas Calibradas de acuerdo a su capacidad

1.2. Pipetas volumétricas

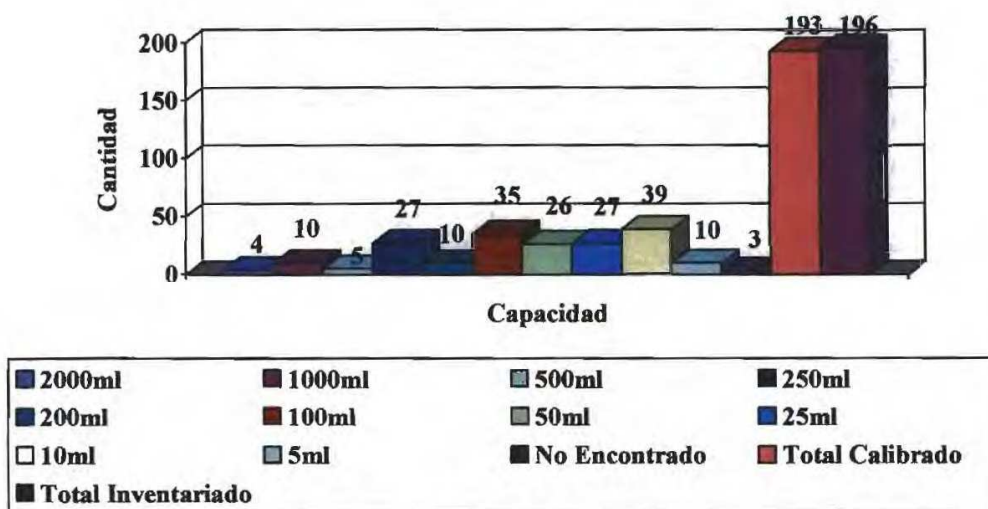
En la Gráfica #3 se observan los detalles de las pipetas volumétricas calibradas. Se inventariaron un total de 134 pipetas, 5 pipetas fueron detectadas defectuosas y 5 no encontradas luego de inventariadas por lo que no fueron calibradas.



Gráfica No. 3 Pipetas Volumétricas Calibradas de acuerdo a su capacidad

1.3. Matracas volumétricos

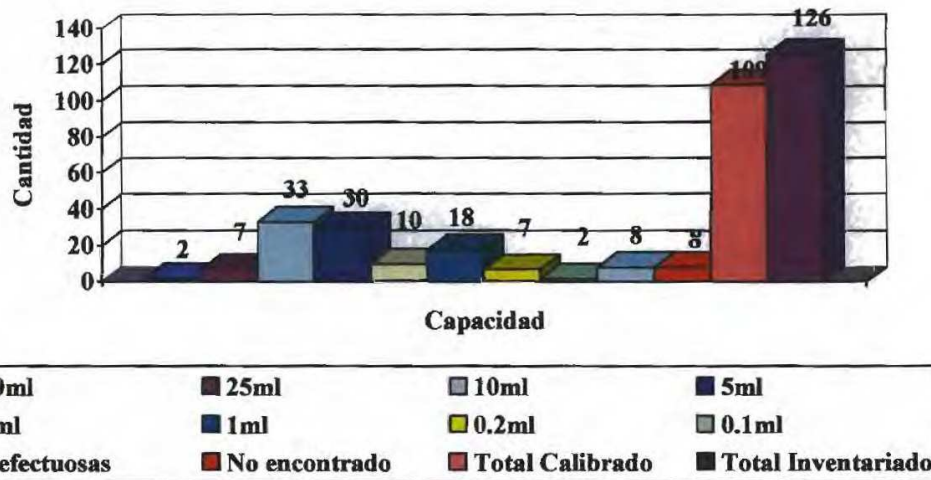
En la Gráfica #4 se observa el detalle de los matraces volumétricos calibrados. Se inventariaron un total de 196 unidades, sin embargo sólo 193 unidades (98.5%) fueron calibradas ya que 6 unidades no fueron encontradas al momento de ser calibradas.



Gráfica No. 4 Matracas Volumétricos calibrados de acuerdo a su capacidad

1.4 Pipetas Serológicas

En la gráfica #5 se observan detalles sobre de las pipetas serológicas calibradas. Se inventarió un total de 126 unidades, sin embargo, se calibraron 109 pipetas serológicas (86.5%) ya que 8 estaban defectuosas y 8 unidades no fueron encontradas en el momento de la calibración.



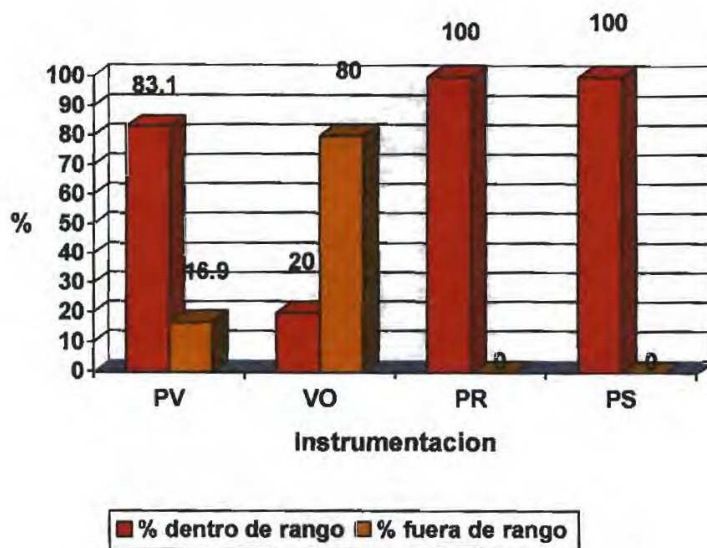
Gráfica No. 5 Pipetas serológicas calibradas de acuerdo a su capacidad

2. Análisis de errores de la instrumentación calibrada:

Se realizó un análisis de los errores obtenidos en cada instrumento, siguiendo el concepto de la NIST (Tabla No. 1), obteniéndose los siguientes resultados (Tabla No. 2).

Tabla No. 2 Análisis de errores de Instrumentación Calibrada según NIST y UNE

	PV	%	VO	%	PR	%	PS	%	Totales	%
Dentro del rango	103	83.1	53	20	51	100	109	100	316	67.4
Fuera de l rango	21	16.9	136	80	0	0	0	0	157	32.6



Gráfica No. 6 Análisis de errores según rango de tolerancia de la instrumentación.

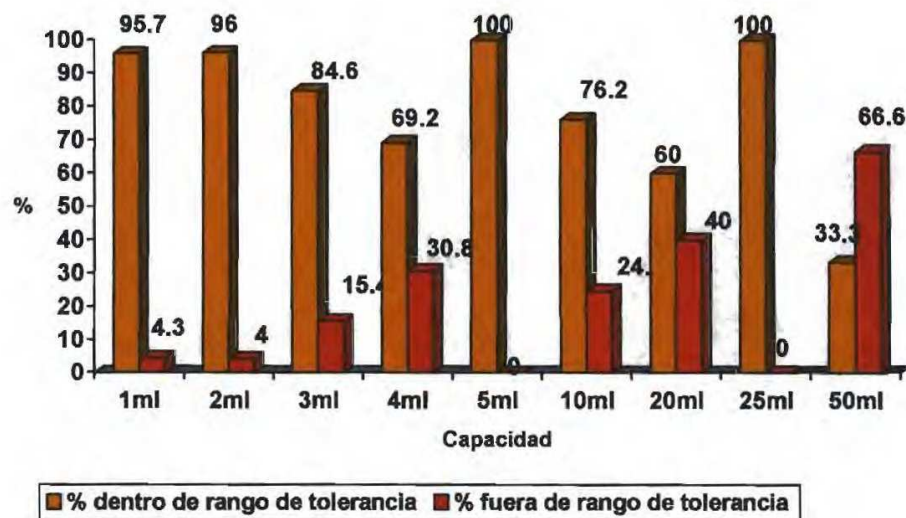
Un 80% de los matraces volumétricos presentan tolerancias fuera de lo establecido por la NIST (no se consideraron 4 unidades de 2000 ml de capacidad ya que la NIST no hace referencia sobre capacidades mayores de 1000 ml). Por otro lado, entre las pipetas volumétricas un 16.9% está fuera del rango de tolerancia.

Los instrumentos graduados como las pipetas serológicas y probetas están 100% dentro de los valores establecidos por la Norma UNE.

2.1 Pipetas Volumétricas

En la Gráfica No. 7 se presenta la proporción de pipetas volumétricas con errores fuera de rango de acuerdo a su capacidad. Se observa que el 66.6% de las pipetas volumétricas de 50 ml tienen proporción de errores fuera de los rangos de tolerancia, un 95.7% de las pipetas volumétricas de 1 ml presentaron errores dentro de rangos de

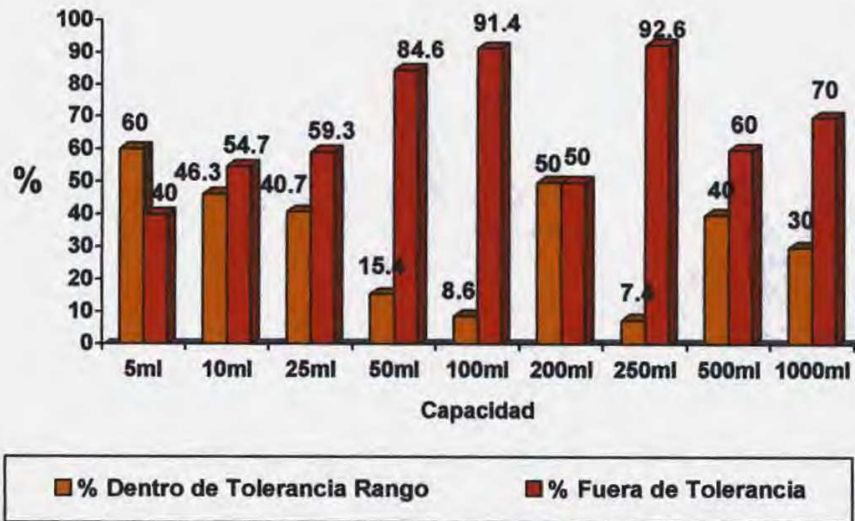
tolerancia, mientras que el 100% de las pipetas volumétricas de 25ml y 5 ml presentaron errores dentro de rangos de tolerancia



Gráfica No. 7 Análisis de errores según rango de tolerancia de las pipetas volumétricas.

2.2 Matraces Volumétricos

La Gráfica No. 8 muestra la proporción de matraces volumétricos con errores fuera de rango de acuerdo a su capacidad. Se observa que un 92.6% de los matraces volumétricos de 250 ml presentan error fuera de rangos de tolerancia, le sigue un 91.4% que corresponde a los matraces volumétricos de 100ml y un 84.6 % que corresponde a los matraces volumétricos de 50 ml. Los matraces volumétricos que menor proporción de errores presentaron corresponden a los de 5 ml de capacidad con un 60% y 200 ml con un 50%.



Gráfica No. 8 Análisis de errores según rango de tolerancia de las matraces volumétricos

2.3 Pipetas serológicas y Probetas

La norma UNE especifica que para cilindros graduados, el error mínimo aceptado corresponde a la mínima división de la escala del instrumento. Por esto se considera que el 100% de las pipetas serológicas y probetas están dentro de los rangos ya que no presentaron errores superiores a la mínima escala.

3. Certificaciones de Calibración

Tabla No. 3 Certificaciones de calibración emitidas por instrumentos

Tipo de Instrumento	Probetas	Pipetas Volumétricas	Pipetas Serológicas	Matraces Volumétricos	Total Emitidos
Cantidad por Instrumento	51	124	109	193	478
%	10.7%	25.9%	23.0%	40.4%	100%

Luego de completar la calibración de la instrumentación de medición volumétrica, se emitió un certificado de calibración para cada instrumento. En la Tabla No. 3 se muestra el total de certificados de calibración emitidos.

CAPITULO V RECOMENDACIONES

- **Establecer un plan permanente de calibración de instrumentación volumétrica cualitativa y cuantitativa.**
- **Adquirir un barómetro para facilitar la lectura de la presión atmosférica.**

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

1. Jáureghi, M.; *Manual de Aseguramiento de Calidad*; McGraw Hill Publication, México, 1998.
2. *Calibración de los instrumentos de medida (no analizadores)*
www.acclc.es/invitroveritas/vol2/art23.html
3. OIML, *International Vocabulary of Terms in Legal Metrology*, Edition 2000.
4. Carbonell Cortés P. J., Adolfo Hilario Caballero, *Empleo De La Incertidumbre Estimada Por Calibración Según Iso 9000 En El Diseño De Lazos Robustos De Regulación*. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad Politécnica de Valencia.
5. Riu J., Boqué R. Maroto A., F. Rius X.. *Trazabilidad En Medidas Físicas Mediante Calibración Directa: Calibración De Una Balanza*. Departamento de Química Analítica y Química Orgánica, Instituto de Estudios Avanzados, Universitat Rovira i Virgili.
6. ASTM International, Designation: E452-01, United States, páginas 87-93.
7. Schmid W. y Lazos R., *Guía para Estimar la Incertidumbre de la Medición, Centro Nacional de Metrología*, < <http://www.cenam.mx> > México Mayo 2000.
8. *Preguntas Más Habituales En Calibración*, Laboratorio de Ensayos y Calibración Metal Test, Barcelona, España. www.metal-test.es
9. Trujillo Juarez S. y Arias Romero R., *Incertidumbre en la Calibración de un Matraz volumétrico*, Centro Nacional de Metrología, Diciembre de 2002, <http://www.cenam.mx> México 2002.
10. *Calibration of volumetric glassware*;
<http://www.chemistry.nmsu.edu/image2/LAB3%20CALIBRATION%20FGLASSWARE.pdf>
11. L&S Consultores C.A; *Nota Técnica, Verificación y calibración: mitos y realidades*; NT 005/03
12. *Accreditación de Laboratorios*; www.estrucplan.com.ar/Articulos/asp?IDArticulo=509
13. *Fundamentos que repasan la calibración de cristalería volumétrica*;
www.cwu.edu/~johansea/Chem251f03/Glasscalibr.htm
14. *Norma Española UNE 400301*, Asociación Española de Normalización y Certificación, 1999.

15. Tanaka M., Girard G., Davis R., Peuto A. and Bignell N.. *Recommended table for the density of water between 0°C and 40°C based on recent experimental reports*, 2001.
16. OIML, *Technical Subcommittee OIML, JC 9/SC3, Draft Revision of International Recommendation R. 111*, 20020515.

CAPITULO VII
ANEXOS

Anexo 1

**Detalle del Inventario de Instrumentación de medición volumétrica
realizado en el Laboratorio de Disolución del IEA el día 17 de febrero
de 2005.**

Numeración	Capacidad	Marca	Ubicación	Observaciones
PV01	1 ml	Pyrex	45	
PV02	1 ml	Pyrex	45	
PV03	1 ml	Pyrex	45	
PV04	1 ml	Pyrex	45	
PV05	1 ml	Pyrex	45	
PV06	1 ml	Pyrex	45	
PV07	1 ml	Pyrex	45	
PV08	1 ml	Pyrex	45	
PV09	1 ml	Pyrex	45	
PV10	1 ml	Pyrex	45	
PV11	1 ml	E-MIL	45	
PV12	1 ml	E-MIL	45	
PV13	1 ml	E-MIL	45	
PV14	2ml	Kimax	45	
PV15	2ml	Kimax	45	
PV16	2ml	Kimax	45	
PV17	2ml	Kimax	45	
PV18	2ml	Kimax	45	
PV19	2ml	Kimax	45	
PV20	2ml	Kimax	45	
PV21	2ml	Kimax	45	
PV22	2ml	Kimax	45	
PV23	2ml	Pyrex	45	
PV24	2ml	Pyrex	45	
PV25	2ml	Pyrex	45	
PV26	2ml	Pyrex	45	
PV27	2ml	Kimax	45	
PV28	2ml	Pyrex	45	
PV29	2ml	Pyrex	45	
PV30	2ml	Pyrex	45	
PV31	2ml	Pyrex	45	
PV32	2ml	Pyrex	45	
PV33	2ml	Pyrex	45	
PV34	2ml	Pyrex	45	
PV35	2ml	Pyrex	45	
PV36	2ml	Pyrex	45	Rotas No Calibrable
PV37	2ml	Pyrex	45	
PV38	2ml	Pyrex	45	
PV39	2ml	Pyrex	45	
PV40	4ml	Kimax	45	
PV41	4ml	Kimax	45	
PV42	4ml	Kimax	45	
PV43	4ml	Kimax	45	Rotas No Calibrable
PV44	4ml	Kimax	45	
PV45	4ml	Kimax	45	
PV46	4ml	Kimax	45	
PV47	4ml	Kimax	45	
PV48	4ml	Pyrex	45	Punta rota
PV49	2ml	Pyrex	45	
PV50	4ml	Pyrex	45	
PV51	4ml	Pyrex	45	

PV52	4ml	Pyrex	45	
PV53	4ml	SGA	45	
PV54	4ml	SGA	45	
PV55	3ml	SGA	43	
PV56	3ml	Kimax	43	
PV57	3ml	Kimax	43	
PV58	10ml	Kimax	21	
PV59	10ml	Kimax	21	
PV60	10ml	Kimax	21	
PV61	10ml	Kimax	21	
PV62	10ml	Pyrex	21	
PV63	10ml	Pyrex	21	
PV64	10ml	Pyrex	21	
PV65	10ml	Pyrex	21	
PV66	10ml	Pyrex	21	
PV67	10ml	Pyrex	21	
PV68	10ml	SGA	21	
PV69	10ml	SGA	21	
PV70	10ml	SGA	21	
PV71	10ml	Pyrex	21	
PV72	10ml	TEKK	21	
PV73	20ml	Kimax	21	
PV74	20ml	Kimax	21	
PV75	20ml	Kimax	21	
PV76	20ml	Kimax	21	Rotas No Calibrable
PV77	20ml	Kimax	21	Rotas No Calibrable
PV78	20ml	Kimax	21	
PV79	20ml	Kimax	21	
PV80	15ml	SGA	21	Boca Rota
PV81	25ml	Kimax	21	
PV82	25ml	Kimax	21	
PV83	25ml	Corning	21	Boca Rota
PV84	25ml	Corning	21	
PV85	25ml	Corning	21	
PV86	25ml	Pyrex	21	
PV87	25ml	Pyrex	21	
PV88	25ml	Pyrex	21	
PV89	25ml	Pyrex	21	
PV90	25ml	Pyrex	21	
PV91	50ml	Kimax	21	
PV92	50ml	Kimax	21	
PV93	50ml	Kimax	21	
PV94	50ml	Kimax	21	
PV95	50ml	Kimax	21	
PV96	50ml	Kimax	21	
PV97	100ml	Kimax	21	
PV98	100ml	Kimax	21	
PV99	100ml	Kimax	21	
PV100	100ml	Kimax	21	
PV101	5ml	Kimax	43	
PV102	5ml	Kimax	43	
PV103	5ml	Kimax	43	

PV104	5ml	Pyrex	43	
PV105	3ml	Kimax	43	
PV106	3ml	Kimax	43	
PV107	3ml	Kimax	43	
PV108	3ml	Kimax	43	
PV109	3ml	Kimax	43	
PV110	3ml	Kimax	43	
PV111	5ml	Kimax	43	
PV112	3ml	Kimax	43	
PV113	5ml	Kimax	43	
PV114	1 ml	Pyrex	44	
PV115	20ml	Kimax	21	Rotas No Calibrable
PV116	10ml	Pyrex	21	
PV117	10ml	Pyrex	21	
PV118	10ml	Kimax	21	
PV119	3ml	Kimax	43	
PV120	3ml	Kimax	43	
PV121	10ml	Kimax	21	
PV122	10ml	Kimax	21	
PV123	10ml	Kimax	21	
PV124	1 ml	LMS	45	
PV125	1 ml	LMS	45	
PV126	3ml	Kimax	43	
PV127	1 ml	LMS	43	
PV128	1 ml	Pyrex	45	
PV129	1 ml	Pyrex	45	
PV130	1 ml	Pyrex	45	
PV131	1 ml	Pyrex	45	
PV132	1 ml	Pyrex	45	
PV133	1 ml	Pyrex	45	
PV134	1 ml	Pyrex	45	

FEBRERO DE 2005

Numeración	Capacidad	Marca	Ubicación	Observaciones
Vo 01	10ml	Pyrex	46	
Vo 02	10ml	Pyrex	46	
Vo 03	10ml	Pyrex	46	
Vo 04	10ml	Pyrex	46	
Vo 05	10ml	Pyrex	46	
Vo 06	10ml	Pyrex	46	
Vo 07	10ml	Pyrex	46	
Vo 08	10ml	Pyrex	46	
Vo 09	10ml	Pyrex	46	
Vo 10	10ml	Pyrex	46	
Vo 11	10ml	Pyrex	46	
Vo 12	10ml	Pyrex	46	
Vo 13	10ml	Pyrex	46	
Vo 14	10ml	Pyrex	46	
Vo 15	10ml	Pyrex	46	
Vo 16	10ml	Pyrex	46	
Vo 17	10ml	Pyrex	46	
Vo 18	10ml	Pyrex	46	
Vo 19	10ml	Pyrex	46	
Vo 20	10ml	Pyrex	46	
Vo 21	10ml	Pyrex	46	
Vo 22	10ml	KYMAX	46	
Vo 23	10ml	Pyrex	46	
Vo 24	10ml	KYMAX	46	
Vo 25	10ml	KYMAX	46	
Vo 26	10ml	KYMAX	46	
Vo 27	10ml	No visible	46	Con rosca
Vo 28	10ml	LMS	46	
Vo 29	10ml	LMS	46	
Vo 30	10ml	LMS	46	
Vo 31	10ml	LMS	46	
Vo 32	10ml	LMS	46	
Vo 33	10ml	LMS	46	
Vo 34	10ml	LMS	46	
Vo 35	10ml	EMIL	46	
Vo 36	5ml	KYMAX	46	
Vo 37	25ml	Pyrex	46	
Vo 38	25ml	Pyrex	46	
Vo 39	25ml	Pyrex	46	
Vo 40	25ml	Pyrex	46	
Vo 41	25ml	Pyrex	46	
Vo 42	25ml	Pyrex	46	
Vo 43	25ml	Pyrex	46	
Vo 44	25ml	Pyrex	46	
Vo 45	25ml	LMS	46	
Vo 46	25ml	BLAU BRAND	46	Boca quebrada
Vo 47	25ml	LMS	46	
Vo 48	25ml	LMS	46	
Vo 49	25ml	LMS	46	

Vo 50	25ml	LMS	46	
Vo 51	25ml	BLAU BRAND	46	
Vo 52	25ml	BLAU BRAND	46	
Vo 53	25ml	BLAU BRAND	46	
Vo 54	25ml	BLAU BRAND	46	
Vo 55	25ml	KYMAX	46	Coloracion opaca en el cuello
Vo 56	25ml	TEKK	46	
Vo 57	50ml	KYMAX	46	
Vo 58	100ml	Pyrex	44	
Vo 59	100ml	Pyrex	44	
Vo 60	100ml	Pyrex	44	
Vo 61	100ml	Pyrex	44	
Vo 62	100ml	BLAU BRAND	44	
Vo 63	100ml	KYMAX	44	
Vo 64	100ml	KYMAX	44	
Vo 65	100ml	KYMAX	44	
Vo 66	100ml	Pyrex	44	
Vo 67	100ml	Scharlau	44	
Vo 68	100ml	Scharlau	44	
Vo 69	200ml	Pyrex	44	Con rosca
Vo 70	200ml	KYMAX	44	
Vo 71	200ml	Pyrex	44	
Vo 72	200ml	Pyrex	44	Con rosca
Vo 73	250ml	Pyrex	44	
Vo 74	200ml	KYMAX	44	
Vo 75	200ml	KYMAX	44	
Vo 76	200ml	KYMAX	44	
Vo 77	250ml	Pyrex	44	
Vo 78	250ml	Pyrex	44	
Vo 79	250ml	Pyrex	44	
Vo 80	250ml	Pyrex	44	
Vo 81	250ml	Pyrex	44	
Vo 82	250ml	Pyrex	44	
Vo 83	250ml	Pyrex	44	
Vo 84	250ml	Pyrex	44	
Vo 85	250 ml	Pyrex	44	
Vo 86	250ml	Pyrex	44	
Vo 87	250ml	Pyrex	44	
Vo 88	250ml	Pyrex	44	
Vo 89	250ml	Pyrex	44	
Vo 90	250ml	Pyrex	44	
Vo 91	250ml	Pyrex	44	
Vo 92	250ml	Pyrex	44	
Vo 93	250ml	KYMAX	44	
Vo 94	250ml	KYMAX	44	
Vo 95	250ml	KYMAX	44	
Vo 96	250ml	KYMAX	44	
Vo 97	250ml	KYMAX	44	
Vo 98	250ml	KYMAX	44	
Vo 99	250ml	KYMAX	44	

Vo 100	250ml	KYMAX	44	
Vo 101	250ml	KYMAX	44	
Vo 102	100ml	SHARLAU	41	
Vo 103	100ml	BLAU BRAND	41	
Vo 104	500ml	Pyrex	41	
Vo 105	500ml	Pyrex	41	
Vo 106	500ml	Pyrex	41	
Vo 107	500ml	Pyrex	41	
Vo 108	500ml	Pyrex	41	
Vo 109	500ml	Pyrex	41	
Vo 110	1000ml	KYMAX	41	
Vo 111	1000ml	KYMAX	41	Boca quebrada
Vo 112	1000ml	KYMAX	41	
Vo 113	1000ml	BLAU BRAND	41	
Vo 114	1000ml	Pyrex	41	
Vo 115	1000ml	Pyrex	41	
Vo 116	1000ml	Pyrex	41	
Vo 117	1000ml	IVA	41	
Vo 118	1000ml	IVA	41	
Vo 119	2000ml	KYMAX	41	
Vo 120	2000ml	Pyrex	41	
Vo 121	2000ml	LMS	41	Boca quebrada
Vo 122	2000ml	Pyrex	41	
Vo 123	50ml	Pyrex	44	
Vo 124	50ml	Pyrex	44	
Vo 125	50ml	Pyrex	44	
Vo 126	50ml	KYMAX	44	
Vo 127	50ml	KYMAX	44	
Vo 128	50ml	KYMAX	44	
Vo 129	100ml	LMS	44	
Vo 130	100ml	LMS	44	
Vo 131	100ml	Pyrex	44	
Vo 132	100ml	Pyrex	44	
Vo 133	100ml	KYMAX	44	
Vo 134	50ml	Pyrex	44	
Vo 135	50ml	Pyrex	44	
Vo 136	50ml	Pyrex	44	
Vo 137	50ml	KYMAX	44	
Vo 138	50ml	KYMAX	44	
Vo 139	50ml	KYMAX	44	
Vo 140	50ml	KYMAX	44	
Vo 141	50ml	KYMAX	44	
Vo 142	50ml	KYMAX	44	
Vo 143	50ml	KYMAX	44	
Vo 144	50ml	KYMAX	44	
Vo 145	50ml	KYMAX	44	
Vo 146	50ml	KYMAX	44	
Vo 147	100ml	KYMAX	44	
Vo 148	50ml	Pyrex	44	
Vo 149	25ml	LMS	44	

Vo 150	1000ml	Pyrex	41
Vo 151	100ml	KYMAX	44
Vo 152	200ml	Pyrex	44
Vo 153	50ml	Pyrex	44
Vo 154	100ml	Pyrex	44
Vo 155	100ml	Pyrex	44
Vo 156	100ml	Pyrex	44
Vo 157	100ml	Pyrex	44
Vo 158	100ml	Pyrex	44
Vo 159	100ml	Pyrex	44
Vo 160	100ml	Scharlau	44
Vo 161	100ml	Pyrex	44
Vo 162	100ml	Pyrex	44
Vo 163	100ml	Pyrex	44
Vo 164	100ml	Pyrex	44
Vo 165	100ml	BLAU BRAND	44
Vo 166	100ml	Pyrex	44
Vo 167	100ml	BLAU BRAND	44
Vo 168	100ml	Pyrex	44
Vo 169	50ml	Pyrex	44
Vo 170	10ml	Pyrex	44
Vo 171	250ml	Pyrex	44
Vo 172	250ml	Pyrex	44
Vo 173	10ml	Pyrex	44
Vo 174	5ml	KYMAX	44
Vo 175	5ml	KYMAX	44
Vo 176	25ml	Pyrex	22
Vo 177	25ml	Pyrex	22
Vo 178	10ml	Pyrex	22
Vo 179	25ml	Pyrex	22
Vo 180	25ml	Pyrex	22
Vo 181	25ml	Pyrex	22
Vo 182	50ml	Pyrex	22
Vo 183	50ml	Pyrex	22
Vo 184	50ml	Pyrex	22
Vo 185	10ml	Pyrex	22
Vo 186	5ml	LMS	46
Vo 187	5ml	LMS	46
Vo 188	5ml	LMS	46
Vo 189	5ml	LMS	46
Vo 190	5ml	LMS	46
Vo 191	10ml	EMIL	46
Vo 192	25ml	Pyrex	46
Vo 193	25ml	Pyrex	46
Vo 194	5ml	Pyrex	46
Vo 195	200ml	KYMAX	46
Vo 196	200ml	KYMAX	44

Numeracion	Capacidad	Marca	Ubicación	Observación
PS01	1ml	Yankee	45	
PS02	1ml	Fisher Brand	45	
PS03	1ml	Fisher Brand	45	
PS04	0.1ml	Fisher Brand	45	
PS05	1ml	Kimax	45	
PS06	0.2ml	Fisher Brand	45	
PS07	1ml	SIBATA	45	Tiene la punta rota, no se recomienda su uso
PS08	5ml	Fisher Brand	45	
PS09	0.2ml	Fisher Brand	45	
PS10	0.2ml	Fisher Brand	45	
PS11	0.2ml	Fisher Brand	45	
PS12	50ml	Kimax	17	
PS13	0.2ml	Kimax	45	
PS14	1ml	Pyrex	45	
PS15	1ml	Pyrex	45	
PS16	1ml	Pyrex	45	
PS17	0.2ml	Pyrex	45	
PS18	1ml	Pyrex	45	
PS19	1ml	Pyrex	45	
PS20	1ml	Pyrex	45	
PS21	1ml	Pyrex	45	
PS22	1ml	SIBATA	45	Punta rota
PS23	1ml	SIBATA	45	Punta rota NO CALIBRABLE
PS24	1ml	SIBATA	45	
PS25	1ml	SIBATA	45	Punta rota
PS26	1ml	Kimax	45	
PS27	1ml	Kimax	45	
PS28	1ml	IVA	45	
PS29	1ml	IVA	45	
PS30	2ml	Kimax	45	
PS31	2ml	Kimax	45	
PS32	2ml	Kimax	45	
PS33	2ml	Kimax	45	
PS34	2ml	Kimax	45	
PS35	2ml	Kimax	45	
PS36	2ml	Kimax	45	
PS37	2ml	Kimax	45	
PS38	2ml	Kimax	45	
PS39	2ml	Kimax	45	NO ENCONTRADA
PS40	2ml	Kimax	45	
PS41	10ml	Kimax	43	
PS42	10ml	SIBATA	43	
PS43	10ml	SIBATA	43	
PS44	10ml	SIBATA	43	Punta rota
PS45	10ml	Pyrex	43	
PS46	10ml	Pyrex	43	
PS47	5ml	Pyrex	43	
PS48	10ml	Pyrex	43	
PS49	10ml	Pyrex	43	
PS50	10ml	Pyrex	43	
PS51	10ml	M	43	
PS52	10ml	TEKK	43	
PS53	10ml	CORNING	43	
PS54	5ml	Pyrex	43	
PS55	5ml	Pyrex	43	No tiene la marca ni la graduacion visible, no calibrada
PS56	5ml	Pyrex	43	
PS57	5ml	Pyrex	43	Instrumento roto, no calibrable
PS58	5ml	Pyrex	43	
PS59	5ml	Pyrex	43	
PS60	5ml	Pyrex	43	
PS61	5ml	Pyrex	43	
PS62	5ml	Pyrex	43	

PS63	5ml	Pyrex	43	
PS64	5ml	Pyrex	43	
PS65	5ml	Pyrex	43	
PS66	5ml	Pyrex	43	
PS67	5ml	Pyrex	43	No tiene la marca ni la graduacion vsible
PS68	5ml	Pyrex	43	
PS69	5ml	Pyrex	43	
PS70	5ml	Pyrex	43	
PS71	5ml	Pyrex	43	
PS72	5ml	Pyrex	43	
PS73	5ml	TEKK	43	
PS74	5ml	TEKK	43	
PS75	5ml	TEKK	43	
PS76	5ml	Kimax	43	
PS77	5ml	M	43	
PS78	5ml	M	43	
PS79	5ml	M	43	
PS80	5ml	CORNING	43	
PS81	10ml	Pyrex	43	
PS82	10ml	Pyrex	43	
PS83	10ml	Pyrex	43	
PS84	10ml	Pyrex	43	
PS85	10ml	Pyrex	43	
PS86	10ml	Pyrex	43	
PS87	10ml	Pyrex	43	
PS88	10ml	Pyrex	43	
PS89	10ml	Pyrex	43	
PS90	10ml	Pyrex	43	
PS91	10ml	Pyrex	43	
PS92	10ml	Pyrex	43	
PS93	10ml	Pyrex	43	
PS94	10ml	Kimax	43	Punta rota NO CALIBRABLE
PS95	10ml	Kimax	43	
PS96	10ml	Kimax	43	
PS97	10ml	Kimax	43	
PS98	10ml	Kimax	43	Punta rota NO CALIBRABLE
PS99	10ml	Kimax	43	
PS100	10ml	Kimax	43	
PS101	10ml	Kimax	43	
PS102	10ml	Kimax	43	
PS103	10ml	Kimax	43	Punta rota
PS104	10ml	Kimax	43	
PS105	5ml	Pyrex	43	
PS106	5ml	CORNING	43	
PS107	5ml	CORNING	43	
PS108	5ml	CORNING	43	
PS109	5ml	CORNING	43	
PS110	5ml	CORNING	43	
PS111	1ml	TEKK	43	Punta rota
PS112	25ml	Kimax	17	
PS113	25ml	Kimax	17	
PS114	25ml	Kimax	17	
PS115	25ml	Kimax	17	
PS116	25ml	Kimax	17	
PS117	25ml	Kimax	17	
PS118	25ml	Kimax	17	
PS119	50ml	Kimax	17	
PS120	25ml	Thomas	17	
PS121	10ml	TEKK	43	
PS122	0.2ml	Fisher Brand	45	
PS123	0.2ml	Fisher Brand	45	
PS124	1ml	Fisher Brand	43	
PS125	0.1ml	Fisher Brand	43	

Numeración	Capacidad	Marca	Ubicación	Observaciones
PR01	25ml	KIMAX	10	
PR02	25ml	KIMAX	10	
PR03	25ml	KIMAX	10	
PR04	25ml	KIMAX	10	
PR05	25ml	TEKK	10	
PR06	25ml	TEKK	10	
PR07	25ml	TEKK	10	
PR08	25ml	PYREX	10	
PR09	25ml	KIMAX	10	
PR10	25ml	EXAX	10	
PR11	25ml	PYREX	10	
PR12	25ml	PYREX	10	
PR13	25ml	FISHER BRAND	10	Con marca de código de fábrica 3205
PR14	25ml	FISHER BRAND	10	Con marca de código de fábrica 148
PR15	25ml	FISHER BRAND	10	Con marca de código de fábrica 267
PR16	25ml	FISHER BRAND	10	Con marca de código de fábrica 125
PR17	50ml	PYREX	10	
PR18	50ml	KIMAX	10	
PR19	50ml	PYREX	10	
PR20	50ml	PYREX	10	
PR21	50ml	TEKK	10	
PR22	50ml	TEKK	10	
PR23	50ml	TEKK	10	
PR24	50ml	TEKK	10	
PR25	50ml	TEKK	10	
PR26	50ml	TEKK	10	
PR27	5ml	PYREX	10	
PR28	10ml	TEKK	10	
PR29	10ml	FISHER BRAND	10	
PR30	10ml	FISHER BRAND	10	
PR31	250ml	TEKK	10	
PR32	250ml	PYREX	10	
PR33	250ml	PYREX	10	Boca rota, no calibrable
PR34	250ml	PYREX	10	
PR35	500ml	PYREX	10	
PR36	500ml	PYREX	10	
PR37	500ml	KIMAX	10	
PR38	500ml	EXAX	10	
PR39	500ml	EXAX	10	
PR40	500ml	EXAX	10	Boca rota
PR41	1000ml	PYREX	10	Boca rota
PR42	1000ml	PYREX	10	
PR43	1000ml	PYREX	10	
PR44	1000ml	KIMAX	10	
PR45	250ml	PYREX	10	
PR46	1000ml	LMS	10	
PR47	250ml	PYREX	10	Cuello rajado
PR48	1000ml	LMS	10	Base rajada
PR49	50ml	FISHER BRAND	10	
PR50	25ml	PYREX	10	
PR51	500ml	KIMAX	10	
PR52	1000ml	LMS	10	
PR53	1000ml	PYREX	10	
PR54	500ml	EXAX	10	

Anexo 2

HOJA DE TRABAJO DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA CON LINEA DE AFORO

Fecha: _____

Número de identificación de instrumento de medición _____

Tipo (Matraz volumétrico, Pipetas volumétricas, etc.): _____

Número de medición	Fecha de Medición	Peso de instrumento vacío (g)	Peso de instrumento con agua (g)	T °C	RH (%)
1					
2					
3					
4					
5					

Presión Barométrica: _____

Firma: _____ Fecha _____ Hora: _____

Ver cálculo de V20 corregido y de incertidumbre adjunto.

Anexo 3

HOJA DE TRABAJO DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA SIN LÍNEA DE AFORO

Fecha: _____

Número de identificación de cristalería de medición _____

Tipo (probeta, pipeta serológica. Etc.): _____

Punto de Medición #1

Número de medición	de	Fecha de Medición	de	Peso de instrumento vacío (g)	Peso de instrumento con agua (g)	T° C	RH (%)
1							
2							
3							
4							
5							

Presión Barométrica: _____

Punto de lectura #2 ____

Número de medición	de	Fecha de Medición	de	Peso de instrumento vacío (g)	Peso de instrumento con agua (g)	T° C	RH (%)
1							
2							
3							
4							
5							

Presión Barométrica: _____

Punto de lectura #3 ____

Número de medición	de	Fecha de Medición	de	Peso de instrumento vacío (g)	Peso de instrumento con agua (g)	T° C	RH (%)
1							
2							
3							
4							
5							

Presión Barométrica: _____

Realizado por: _____ Fecha: _____ Hora: _____

Ver cálculo de V20 corregido y de incertidumbre adjunto.

Anexo 4

Table 1. Recommended table for density and relative density of de-aerated Standard Mean Ocean Water (SMOW) at 101 325 Pa. Expanded uncertainties are given ($k = 2$).

Temp/ °C	Density/ (kg m ⁻³)	Uncer- tainty/ (10 ⁻³ kg m ⁻³)	Relative density	Uncer- tainty/10 ⁻⁹
0	999.8428	0.84	0.999 867 872	92
1	999.9017	0.84	0.999 926 700	56
2	999.9429	0.84	0.999 967 956	30
3	999.9672	0.84	0.999 992 209	12
4	999.9749	0.84	0.999 999 998	0
5	999.9668	0.84	0.999 991 833	9
6	999.9431	0.84	0.999 968 197	17
7	999.9045	0.84	0.999 929 547	24
8	999.8513	0.83	0.999 876 317	31
9	999.7839	0.83	0.999 808 920	37
10	999.7027	0.83	0.999 727 745	44
11	999.6081	0.83	0.999 633 164	51
12	999.5005	0.83	0.999 525 532	57
13	999.3801	0.83	0.999 405 183	62
14	999.2474	0.83	0.999 272 437	66
15	999.1026	0.83	0.999 127 600	70
16	998.9459	0.83	0.998 970 962	72
17	998.7778	0.83	0.998 802 799	74
18	998.5984	0.83	0.998 623 377	75
19	998.4079	0.83	0.998 432 947	75
20	998.2067	0.83	0.998 231 751	75
21	997.9950	0.83	0.998 020 019	76
22	997.7730	0.83	0.997 797 972	76
23	997.5408	0.83	0.997 565 819	77
24	997.2988	0.83	0.997 323 764	78
25	997.0470	0.83	0.997 071 998	80
26	996.7857	0.83	0.996 810 708	82
27	996.5151	0.83	0.996 540 070	83
28	996.2353	0.83	0.996 260 255	85
29	995.9465	0.83	0.995 971 426	86
30	995.6488	0.83	0.995 673 739	88
31	995.3424	0.83	0.995 367 345	89
32	995.0275	0.83	0.995 052 388	90
33	994.7041	0.84	0.994 729 007	93
34	994.3724	0.84	0.994 397 336	99
35	994.0326	0.84	0.994 057 503	108
36	993.6847	0.84	0.993 709 630	124
37	993.3290	0.85	0.993 353 838	147
38	992.9654	0.86	0.992 990 241	177
39	992.5941	0.87	0.992 618 947	214
40	992.2152	0.88	0.992 240 065	260

Anexo 5

Ejemplo de Certificados de Calibración Emitidos por Tipo de Instrumento

Certificado de Calibración

Numero: 291
Objeto: Probeta 25 ml de Capacidad
Clase: A
Marca: KIMAX
Modelo: No aplica
Número de Identificación: PR01
Usuario Final del Certificado: Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado De Análisis
Dirección: Universidad de Panamá, Campus Universitario
Lugar de Calibración: Instituto Especializado De Análisis, Laboratorio de Disolución
 Práctica Profesional, Maestría en Ciencias Farmacéuticas
 Calibración de instrumentos de medición volumétrica requeridos en el Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado de Análisis Según los Criterios de la Norma ISO 17025
Título de Proyecto:
Fecha de Calibración: Octubre 25 de 2005
Fecha de Expiración: No aplica, Dependerá de las Políticas del Usuario Final

RESULTADOS

Volumen Nominal (ml):	Volumen Calculado (V ₂₀)	Error
5,0000	5,161	0,161
	5,164	0,164
	5,159	0,159
	5,163	0,163
	5,162	0,162

Volumen Nominal (ml):	Volumen Calculado (V ₂₀)	Error
10,0000	10,293	0,293
	10,298	0,298
	10,290	0,290
	10,293	0,293
	10,289	0,289

Volumen Nominal (ml):	Volumen Calculado (V ₂₀)	Error
15,0000	15,288	0,288
	15,289	0,289
	15,284	0,284
	15,288	0,288
	15,288	0,288

Incertidumbre Expandida de la Calibración, U (k=2) (ml): 0,010

CONDICIONES AMBIENTALES

Parámetro	Medida	Incertidumbre
Temperatura (°C)	24,1	0,058
Humedad Relativa (%)	47%	0,577
Presión (mbar)	1012	1,732

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Se realizó la determinación gravimétrica de la cantidad de agua vertida por el instrumento en un recipiente tapado. Luego se procedió a calcular la incertidumbre real del instrumento de acuerdo al modelo matemático indicado en la Norma ASTM E-542.

Octubre 25 de 2005 Israel L. Duarte M
 Fecha Persona que Calibró

Firma

Certificado de Calibración

Numero: 328
Objeto: Pipeta Serológica 1 ml de Capacidad
Clase: A
Marca: YANKEE
Modelo: No aplica
Número de identificación: PS01
Usuario Final del Certificado: Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado De Análisis
Dirección: Universidad de Panamá, Campus Universitario
Lugar de Calibración: Instituto Especializado De Análisis, Laboratorio de Disolución
 Práctica Profesional, Maestría en Ciencias Farmacéuticas
 Calibración de instrumentos de medición volumétrica requeridos en el Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado de Análisis Según los Criterios de la Norma ISO 17025
Título de Proyecto:
Fecha de Calibración: Julio 30 de 2005
Fecha de Expiración: No aplica, Dependerá de las Políticas del Usuario Final

EJEMPLO DE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

RESULTADOS		
Volumen Nominal (ml):	Volumen Calculado (V ₂₀)	Error
0,200	0,205	0,005
	0,210	0,010
	0,205	0,005
	0,207	0,007
	0,209	0,009

Volumen Nominal (ml):	Volumen Calculado (V ₂₀)	Error
0,500	0,515	0,015
	0,518	0,018
	0,518	0,018
	0,517	0,017
	0,518	0,018

Volumen Nominal (ml):	Volumen Calculado (V ₂₀)	Error
0,900	0,910	0,010
	0,908	0,008
	0,907	0,007
	0,906	0,006
	0,910	0,010

Incertidumbre Expandida de la Calibración, U (k=2) (ml): 0,004

CONDICIONES AMBIENTALES		
Parámetro	Medida	Incertidumbre
Temperatura (°C)	21,000	0,058
Humedad Relativa (%)	0,420	0,577
Presión (mbar)	1011,000	1,732

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Se realizó la determinación gravimétrica de la cantidad de agua vertida por el instrumento en un recipiente tapado. Luego se procedió a calcular la incertidumbre real del instrumento de acuerdo al modelo matemático indicado en la Norma ASTM E-542.

Julio 30 de 2005
Fecha

Israel L. Duarte M.
Persona que Calibró

Firma

Certificado de Calibración

Numero: 134

Objeto: Matraz Volumétrico 10 ml de Capacidad

Clase: A

Marca: PYREX

Modelo: No aplica

Número de identificación: VO01

Usuario Final del Certificado: Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado De Análisis

Dirección: Universidad de Panamá, Campus Universitario

Lugar de Calibración: Instituto Especializado De Análisis, Laboratorio de Disolución

Práctica Profesional, Maestría en Ciencias Farmacéuticas

Calibración de instrumentos de medición volumétrica requeridos en el Laboratorio de Disolución del Instituto Especializado de Análisis Según los Criterios de la Norma ISO 17025

Título de Proyecto:

Fecha de Calibración: Octubre 7 de 2005

Fecha de Expiración: No aplica, Dependerá de las Políticas del Usuario Final

RESULTADOS

Volumen Nominal (ml):	Volumen Calculado (V _{calc})	Error	Incertidumbre Expandida de la Calibración, U (k=2) (ml)
10,0000	9,987	-0,013	0,018
	9,980	-0,020	
	9,981	-0,019	
	9,981	-0,019	
	9,983	-0,017	

CONDICIONES AMBIENTALES

Parámetro	Medida	Incertidumbre
Temperatura (°C)	24,2	0,058
Humedad Relativa (%)	69%	0,577
Presión (mbar)	1012	1,732

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Se realizó la determinación gravimétrica de la cantidad de agua vertida por el instrumento en un recipiente tapado. Luego se procedió a calcular la incertidumbre real del instrumento de acuerdo al modelo matemático indicado en la Norma ASTM E-542.

Octubre 7 de 2005

Fecha

Israel L. Duarte M

Persona que Calibró

Firma

VIII

DEFINICIONES

1. **Calibración:** conjunto de operaciones bajo condiciones específicas que tiene por finalidad examinar, certificar y determinar cualidades metrológicas de un instrumento con respecto a un patrón.
2. **Certificado de calibración:** Documento por el cual se certifica la evaluación metrológica de un instrumento de medición, indicando los resultados obtenidos.
3. **División de escala:** intervalo entre dos marcas sucesivas cualesquiera de la escala.
4. **Error absoluto:** Diferencia algebraica entre el resultado de la medición y el valor de comparación (Resultado de la Medición-Valor Teórico).
5. **Error de medición:** Discordancia entre el resultado de la medición y el valor de la magnitud medida.
6. **Error relativo:** cociente del error absoluto por el valor de comparación utilizado para el cálculo de este error absoluto.
7. **Instrumento de medición:** medios técnicos con los cuales se efectúan las mediciones y que comprenden: a) las medidas materializadas. b) los aparatos medidores.
8. **Medición:** conjunto de operaciones experimentales que tienen por fin determinar el valor de una magnitud.

9. **Método de medición:** naturaleza del procedimiento de comparación utilizado en la medición.
10. **Metrología:** es el campo del conocimiento relativo a las mediciones del tamaño, la forma, la cantidad o la extensión de un objeto, de modo que éste pueda ser descrito mediante números. La metrología se encarga de problemas teóricos como prácticos relacionados con las unidades de medida, los métodos de medición y los instrumentos de medición, la calibración, comprobación y verificación de los instrumentos de medida y control empleados en procesos industriales, laboratorios de análisis de pruebas y ensayos, así como en la investigación científica y aplicada.
11. **Organización Internacional de Metrología Legal (OIML):** organización instituida en 1955 en París y que tiene como objetivos principales.
- a) determinar los principios generales de la metrología legal
 - b) estudiar con fines de unificación los problemas de carácter legislativo y reglamentario de la metrología legal cuya solución sea de interés internacional
 - c) establecer reglamentos para los instrumentos de medición y su utilización
 - d) establecer la organización material de un servicio de verificación y de control de los instrumentos de medición.
 - e) fijar las características y las cualidades necesarias y suficientes que deben presentar los instrumentos de medición para que sean aprobados por los estados miembros y para que su empleo pueda ser recomendado en el plano internacional.
12. **Repetibilidad:** proximidad del acuerdo entre los resultados de las mediciones sucesivas de una misma magnitud efectuado con el mismo método, por el mismo observador (no

es indispensable), con los mismos instrumentos de medición, en el mismo laboratorio, y a intervalos de tiempos cortos.

13. Trazabilidad: es la propiedad del resultado de una medición que consiste en poder relacionarlo con los patrones internacionales o nacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones documentadas y bajo condiciones específicas.

14. Unidad de medida: valor de una magnitud para la cual se admite por convención que su valor numérico es igual a 1.