

**ELABORACIÓN DE UNA GUÍA TÉCNICA PARA EL MANTENIMIENTO Y
CALIBRACIÓN INSTRUMENTAL EN LA EMPRESA CEIINC LTDA.**

FABIAN ANDRES CORTES SULEZ

**UNIVERSIDAD DELCAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
INGENIERIA FÍSICA
POPAYÁN
2009**

**ELABORACIÓN DE UNA GUIA TÉCNICA PARA EL MANTENIMIENTO Y
CALIBRACIÓN INSTRUMENTAL EN LA EMPRESA CEIINC LTDA.**

FABIAN ANDRES CORTES SULEZ

Mg. LUIS FERNANDO ECHEVERRI
Director

Ing. FERNANDO RODRIGUEZ
Asesor

UNIVERSIDAD DELCAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
INGENIERIA FÍSICA
POPAYÁN
2009

CONTENIDO

	Pág.
Introducción	
1. Objetivos	9
1.1 Objetivo general	9
1.2 Objetivos específicos	9
2. Marco teórico	10
2.1 Normas técnicas y definiciones en mantenimiento	10
2.1.1 NTC-ISO 10012 (2003) Sistemas de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición.	10
2.1.2 NTC-ISO/IEC 17025 (2005) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración	19
2.1.3 GTC 51 (1997) Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones.	20
2.1.4 NTC 4054 (1996) Metrología en la empresa. Constancia de comprobación de los medios de medición	21
2.1.5 NTC 4055 (1996) Modalidades prácticas para la elaboración de procedimientos de calibración y comprobación de los medios de medición	21
2.1.6 NTC 4056 (1996) Metrología en la empresa. Ensayos. Enlace de los resultados de medida a los patrones	22
2.1.7 Definición de términos en mantenimiento	22
2.2 Principio de operación de los instrumentos	26
2.2.1 Métodos ópticos de análisis	26
2.2.1.1 Principios teóricos de métodos ópticos	26
2.2.1.2 Instrumentación para métodos ópticos	28
2.2.2 Métodos electroquímicos de análisis	31
2.2.2.1 Principios teóricos de métodos electroquímicos	32
2.2.2.2 Instrumentación para métodos electroquímicos	41
3. Resultados y discusión	43
3.1 Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA	43
3.1.1 Términos específicos para esta guía	43
3.1.2 Pasos en el proceso de calibración	46
3.1.2.1 Definición del mesurando	46
3.1.2.2 Modelo matemático de la medición	47
3.1.2.3 Identificación de las fuentes de incertidumbre	47

3.1.2.4 Cuantificación fuentes de incertidumbre	48
3.1.2.5 Distribuciones de probabilidad e incertidumbre estándar	49
3.1.2.6 Combinación de incertidumbre	50
3.1.2.7 Coeficiente de sensibilidad	51
3.1.2.8 Cálculo de la incertidumbre expandida	52
3.1.2.9 Expresión de la medida y su incertidumbre expandida	52
3.1.2.10 Límites de tolerancia	53
3.2 Selección de patrones	53
3.2.1 Patrones para colorímetros	54
3.2.2 Patrones para espectrofotómetros	56
3.2.3 Patrones para turbidez	59
3.2.4 Patrones para pH	60
3.2.5 Patrones para conductividad	61
3.3 Procedimientos administrativos para mantenimiento en CEIINC LTDA	63
3.3.1 Procedimiento de mantenimiento	64
3.4 Procedimientos para mantenimiento instrumental de laboratorio CEIINC LTDA	67
3.4.1 Mantenimiento colorímetros serie DR890 / Pocket II Hach	67
3.4.2 Mantenimiento espectrofotómetros	73
3.4.3 Mantenimiento medidor de turbiedad	79
3.4.4 Mantenimiento equipos de pH	84
3.4.5 Mantenimiento equipos de conductividad	88
3.5 Procedimientos para calibración instrumental de laboratorio CEIINC LTDA	94
3.5.1 Calibración colorímetro DR800 Hach	94
3.5.2 Calibración espectrofotómetro	103
3.5.3 Calibración medidores de turbiedad	114
3.5.4 Calibración medidores de pH	122
3.5.5 Calibración medidores de conductividad	129
4. Conclusiones	138
Bibliografía	140

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso de confirmación metrológica del equipo de medición	18
Figura 2. Atenuación de un haz de radiación por una disolución absorbente.	27
Figura 3. Esquema de un colorímetro	28
Figura 4. Esquema de un espectrofotómetro	30
Figura 5. Esquema de un turbidímetro	31
Figura 6. Electrodo de pH	37
Figura 7. Principio del medidor de conductividad	39
Figura 8. Esquema general de un medidor de pH	41
Figura 9. Esquema general de un medidor de conductividad	42
Figura 10. Fuentes de incertidumbre involucradas en el proceso	51
Figura 11. Certificado DR/Check absorbancia	55
Figura 12. Trazabilidad NIST para DR/Check	55
Figura 13. Certificado de cloro	56
Figura 14. Certificado de filtros para escala fotométrica CVILASER	57
Figura 15. Certificado de filtros para escala longitud de onda CVILASER	58
Figura 16. Certificado set de filtros HACH	59
Figura 17. Certificado patrón de turbiedad valor nominal 20NTU	60
Figura 18. Certificado de solución buffer para 4.01pH y trazabilidad	61
Figura 19. Certificado patrón de conductividad 1000 uS/cm	62
Figura 20. Organigrama administrativo CEIINC LTDA	63
Figura 21. Acta de entrega equipos	67
Figura 22. Informe de mantenimiento colorímetros (página 1)	71
Figura 23. Informe de mantenimiento colorímetros (página 2)	72
Figura 24. Informe de mantenimiento espectrofotómetros (página 1)	77
Figura 25. Informe de mantenimiento espectrofotómetros (página 2)	78
Figura 26. Informe de mantenimiento turbidímetros 2100N (página 1)	82
Figura 27. Informe de mantenimiento turbidímetros 2100N (página 2)	83
Figura 28. Informe de mantenimiento medidores de pH SENSION 1 (página 1)	87
Figura 29. Informe de mantenimiento medidores de pH SENSION 1 (página 2)	88
Figura 30. Informe de mantenimiento para medidor de conductividad	92

SENSION 7 (página 1)	
Figura 31. Informe de mantenimiento para medidor de conductividad SENSION 7 (página 2)	93
Figura 32. Formato de comprobación colorímetro DR800 (página 1)	100
Figura 33. Formato de comprobación colorímetro DR800 (página 2)	101
Figura 34. Formato de comprobación colorímetro DR800 (página 3)	102
Figura 35. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 1)	111
Figura 36. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 2)	112
Figura 37. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 3)	113
Figura 38. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 4)	114
Figura 39. Formato para comprobación turbidímetros (página 1)	120
Figura 40. Formato para comprobación turbidímetros (página 2)	121
Figura 41. Formato para comprobación turbidímetros (página 3)	122
Figura 42. Formato de comprobación medidores de pH (página 1)	127
Figura 43. Formato de comprobación medidores de pH (página 2)	128
Figura 44. Formato de comprobación medidores de pH (página 3)	129
Figura 45. Formato para comprobación medidores de conductividad (página 1)	135
Figura 46. Formato para comprobación medidores de conductividad (página 2)	136
Figura 47. Formato para comprobación medidores de conductividad (página 3)	137

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación $[\text{OH}^-]$ y $[\text{H}^+]$ concentración Mol/Litro	34
Tabla 2. Tolerancia para DR/check de absorbancia	95
Tabla 3. Incertidumbre estándar para DR/check de absorbancia	96
Tabla 4. Incertidumbre estándar por repetibilidad para colorímetros	96
Tabla 5. Incertidumbre por resolución colorímetro DR800	97
Tabla 6. Resultados de comprobación colorímetro serie DR800	98
Tabla 7. Límites de tolerancia para colorímetros serie DR800	99
Tabla 8. Tolerancia de filtros CVILaser para escala fotométrica	105
Tabla 9. Cálculo de incertidumbre fotométrica por repetibilidad	106
Tabla 10. Incertidumbre por resolución espectrofotómetro	106
Tabla 11. Resultados de comprobación escala fotométrica para filtro 0,1 O.D	108
Tabla 12. Resultados de comprobación escala longitud de onda	108
Tabla 13. Especificaciones escala longitud de onda	109
Tabla 14. Especificaciones escala fotométrica	109
Tabla 15. Límites de comprobación escala longitud de onda	109
Tabla 16. Límites de comprobación escala fotométrica	110
Tabla 17. Incertidumbre estándar patrón de turbiedad	116
Tabla 18. Incertidumbre por repetibilidad lecturas de turbiedad	116
Tabla 19. Incertidumbre por resolución turbidímetros	117
Tabla 20. Resultados de comprobación turbidímetros	118
Tabla 21. Límites de exactitud en turbidímetros	119
Tabla 22. Incertidumbre patrones de pH	124
Tabla 23. Incertidumbre por repetibilidad medidores de pH	124
Tabla 24. Incertidumbre por resolución medidores de pH	124
Tabla 25. Resultados de comprobación medidores de pH	126
Tabla 26. Límites de exactitud medidores de pH	126
Tabla 27. Incertidumbre patrón de conductividad	131
Tabla 28. Incertidumbre por repetibilidad medidores conductividad	132
Tabla 29. Incertidumbre por resolución medidores de conductividad	132
Tabla 30. Resultados de comprobación medidores de conductividad	134
Tabla 31. Límites de exactitud medidores de conductividad	134

INTRODUCCION

Este trabajo se desarrolló para la empresa CEIINC LTDA de la ciudad de Cali. CEIINC es una empresa dedicada al suministro de equipos para medición de variables físicas y químicas tanto de procesos industriales y servicios como de laboratorio. Entre las marcas que CEIINC suministra están HACH, SOR, SIERRA, y SIEMENS. CEIINC suministra equipos HACH principalmente a laboratorios de control de la calidad de agua potable. Estos laboratorios trabajan bajo el decreto 1575 de mayo de 2007 del Ministerio de Protección Social, resolución 2115 de 2007 expedida por el mismo Ministerio, y la norma técnica NTC-ISO/IEC 17025 del ICONTEC. Esta norma técnica indica que toda empresa que preste servicios de pruebas y calibraciones en laboratorios debe tener documentadas sus actividades bajo procedimientos establecidos.

CEIINC contrataba los servicios técnicos de mantenimiento y calibración para equipos de laboratorio según la norma exigida por el cliente. Con el tiempo CEIINC vio la necesidad de formar su propio departamento de mantenimiento y calibración de equipos de laboratorio, dando inicio a esta idea con el proyecto de elaborar una guía de mantenimiento y calibración instrumental.

Este trabajo tuvo como objetivo principal elaborar la guía técnica de mantenimiento y calibración de equipos de la empresa CEIINC. Esta guía se compone de las siguientes partes: normas metrológicas relacionadas, principios de operación de equipos, proceso de selección de patrones, procedimientos administrativos de mantenimiento, procedimientos de mantenimiento instrumental, formatos para informes de mantenimiento, procedimientos de calibración, y formatos para informes de calibración.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

- Elaborar la guía técnica requerida para la implementación del departamento de mantenimiento y calibración de instrumentos de laboratorio en la empresa CEIINC LTDA.

1.2 Objetivos específicos

- Revisar la normatividad que aplica a empresas de mantenimiento y calibración de instrumentos que operan en laboratorios de análisis.
- Revisar principios de operación de los instrumentos con los que la empresa CEIINC LTDA trabaja en laboratorios de análisis.
- Revisar manuales de operación y servicio de los instrumentos con los que la empresa CEIINC LTDA trabaja en laboratorios de análisis.
- Seleccionar los patrones para ajuste y calibración de instrumentos.
- Elaborar procedimientos y reportes de mantenimiento de los instrumentos.
- Elaborar procedimientos e informes de calibración de los instrumentos.

2. MARCO TEORICO

El marco teórico de este trabajo se divide en dos partes fundamentales. La primera es la normatividad legal que aplica a la instrumentación de CEIINC LTDA y a la definición de términos usados en mantenimiento. La segunda parte son los principios físicos de operación de los instrumentos.

2.1 Normas técnicas y definiciones en mantenimiento

A continuación se presentan las normas técnicas metrológicas nacionales (ICONTEC), que sirven como guía para elaborar trabajos relacionado con la gestión de calidad en mediciones, cálculo y expresión de incertidumbres, elaboración de constancias de comprobación, procedimientos de calibración y enlace de patrones a las mediciones.

2.1.1 NTC-ISO 10012 (2003) Sistemas de gestión de la medición.

Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. [1]

Esta sección presenta la norma NTC-10012 con cada uno de sus numerales. La norma se cita porque tiene aplicación en cualquier empresa con equipos de medición. En este trabajo se enfatiza sobre la sección 7 que está directamente aplicada en el desarrollo del mismo.

- **Objeto y Campo de aplicación**

La norma NTC-ISO 10012 internacional especifica requisitos y proporciona orientación para la gestión de los procesos de medición y para la confirmación metrológica del equipo de medición utilizado para apoyar y demostrar el cumplimiento de requisitos metrológicos, especifica los requisitos de gestión de la calidad de un sistema de gestión de las mediciones que debe ser utilizado por una organización que lleva a cabo mediciones como parte de su sistema de gestión global. Las partes interesadas deben acordar la utilización de esta norma internacional como entrada para cumplir los requisitos del sistema de gestión de las mediciones en actividades de certificación.

- Sistema de gestión de las Mediciones

Conjunto de elementos interrelacionados, necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de los procesos de medición.

- Proceso de Medición

Conjunto de operaciones para determinar el valor de una magnitud.

- Equipo de Medición

Instrumento de medición, software, patrón de medida, material de referencia o aparato auxiliar, o una combinación de estos, necesarios para llevar a cabo un proceso de medición.

- Característica Metrológica

Característica identificable que puede influir en los resultados de la medición.

Nota 1. Los equipos de medición generalmente tienen varias características Metrológicas.

Nota 2. Las características metrológicas pueden ser el objeto de la calibración.

- Confirmación Metrológica

Conjunto de operaciones requeridas para asegurar que el equipo de medición es conforme con los requisitos correspondientes al uso previsto.

Nota 1. La confirmación metrológica generalmente incluye la calibración y verificación, cualquier ajuste o reparación necesario, y la subsiguiente recalibración, la comparación con los requisitos metrológicos del uso previsto del equipo, así como cualquier sellado y etiquetado requerido.

- Función Metrológica.

La función metrológica debe ser definida por la organización. La alta dirección de la organización debe asegurarse que se dispone de los recursos necesarios para establecer y mantener la función metrológica.

La dirección de la función metrológica debe establecer, documentar y mantener el sistema de gestión de las mediciones y mejorar continuamente su eficiencia.

- Enfoque al cliente

La dirección metrológica debe asegurarse que:

- Los requisitos de medición del cliente se determinan y se convierten en requisitos metrológicos.

- El sistema de gestión de las mediciones cumple los requisitos metrológicos de los clientes.
- Puede demostrarse el cumplimiento de los requisitos especificados por el cliente.

- **Objetivos de la Calidad**

La dirección de la función metrológica debe definir y establecer objetivos de la calidad medibles para el sistema de gestión de las mediciones. Deben definirse criterios de desempeño, objetivos y los procedimientos para los procesos de medición, así como para su control.

- **Recursos Humanos**
 - **Responsabilidades del personal**

La dirección de la función metrológica debe definir y documentar las responsabilidades de todo el personal asignado al sistema de gestión de las mediciones.

- **Competencia y Formación**

La dirección de la función metrológica debe asegurarse de que se provea la formación para responder a las necesidades identificadas.

- **Recursos de Información**
 - **Procedimientos**

Los procedimientos del sistema de gestión de las mediciones deben documentarse hasta donde sea necesario y validarse para asegurar su apropiada implementación. Los procedimientos nuevos o cambios a procedimientos documentados deben ser autorizados y controlados. Los procedimientos deben estar vigentes y disponibles y proporcionarse cuando se requiera.

Los procedimientos técnicos pueden basarse en prácticas de medición normalizadas publicadas, o en instrucciones escritas del cliente o del fabricante del equipo.

- **Software**

El software utilizado en los procesos de medición y en los cálculos de resultados se debe documentar, identificar y controlar para asegurarse de su

adecuación para su uso continuo. El software y cualquier revisión del mismo debe ser probado o validado antes de su uso inicial.

- Registros

Deben mantenerse los registros con la información requerida para el funcionamiento del sistema de gestión de las mediciones. Los procedimientos documentados deben asegurar la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, y el tiempo de retención.

Ejemplos de Registros son: resultados de confirmación, resultados de medición, compras, datos de operación, datos sobre no conformidades, quejas de clientes, formación, calificación o cualquier otro dato histórico que sustente los procesos de medición.

- Identificación

Los procedimientos técnicos y el equipo de medición utilizados en el sistema de gestión de las mediciones deben estar claramente identificados. Debe haber una identificación del estado de la confirmación metrológica de los equipos.

- Recursos Materiales

- Equipo de Medición

Todo el equipo de medición necesario para satisfacer los requisitos metrológicos especificados debe tener un estado de calibración válido disponible e identificado en el sistema de gestión.

- Medio ambiente

Deben documentarse las condiciones ambientales requeridas para el funcionamiento eficaz de los procesos de medición cubiertos por el sistema de gestión de las mediciones.

Se debe realizar el seguimiento y registrar las condiciones ambientales que afecten a las mediciones. Las correcciones debidas a las condiciones ambientales deben registrarse y aplicarse a los resultados de la medición.

- Proveedores Externos

La dirección de la función Metrológica debe definir y documentar los requisitos para productos y servicios que sean provistos por proveedores externos para el sistema de gestión de las mediciones.

- Confirmación Metrológica y realización de los procesos de medición.

Los procesos de confirmación metrológica deberían incluir métodos para verificar que las incertidumbres de medición y/o los errores del equipo de medición están dentro de los límites permisibles especificados en los requisitos metrológicos.

- Intervalos de Confirmación Metrológica

Los datos obtenidos del historial de calibración y confirmaciones metrológicas, así como los avances del conocimiento y la tecnología, pueden utilizarse para determinar los intervalos de confirmación metrológica. Los registros obtenidos de la aplicación de técnicas de control estadístico de procesos para mediciones pueden ser útiles para determinar si se modifican o no los intervalos de confirmación metrológica.

- Control de Ajuste del Equipo

Los medios y dispositivos de ajuste del equipo de medición confirmado, cuyo ajuste afecte al desempeño, deben sellarse o salvaguardarse para prevenir cambios no autorizados. Los sellos o medidas de salvaguarda deben diseñarse e implementarse de modo que se detecte su alteración.

- Registro del Proceso de Confirmación Metrológica

Los registros del proceso de confirmación metrológica deben estar fechados y aprobados por una persona autorizada para atestiguar la veracidad de los resultados. Estos registros deben demostrar si cada equipo de medición cumple los requisitos metrológicos especificados.

Los requisitos deben incluir, en la medida de lo necesario, lo siguiente:

- La descripción e identificación única del fabricante del equipo, tipo, número de serie, y modelo.
- La fecha en la cual se completo la confirmación metrológica.
- El resultado de la confirmación metrológica.
- El intervalo de confirmación metrológica asignado.
- La identificación del procedimiento de confirmación metrológica.
- El error máximo permitido designado.
- Las condiciones ambientales pertinentes y una declaración sobre cualquier corrección necesaria.

- Las incertidumbres implicadas en la calibración del equipo.
- Los detalles del mantenimiento, tales como ajuste, reparaciones y modificaciones realizadas.
- Cualquier limitación de uso.
- La identificación de la persona o personas que realizaron la confirmación metrológica.
- La identificación de la persona o personas responsables de la veracidad de la información registrada.
- La identificación única (tal como número de serie) de cualquiera de los certificados e informes de calibración y de otros documentos pertinentes.
- La evidencia de la trazabilidad de los resultados de calibración.
- Los requisitos metrológicos para el uso previsto.
- Los resultados de calibración obtenidos después y, cuando se requiera, antes de cualquier ajuste, modificación o reparación.

- Proceso de medición

Los procesos de medición que son parte del sistema de gestión de las mediciones deben ser planificados, validados, implementados, documentados, y controlados. Las magnitudes de influencia que afecten a los procesos de medición deben ser identificadas y consideradas.

- Diseño del Proceso de Medición

Al especificar los procesos de medición puede ser necesario determinar:

- Qué mediciones son necesarias para asegurarse de la calidad del producto.
- Los métodos de medición.
- El equipo/patrón requerido para realizar la medición y definirlo.
- Las habilidades y calificaciones requeridas por el personal que realiza las mediciones.

Los procesos de medición pueden ser validados por comparaciones con los resultados obtenidos por otros procesos validados, por comparación con los

resultados obtenidos por otros métodos de medición, o por un análisis continuo de las características del proceso de medición.

Deben identificarse y cuantificarse las características de desempeño requeridas para el uso previsto del proceso de medición.

- Realización del Proceso de Medición

El proceso de medición debe llevarse a cabo bajo condiciones controladas diseñadas para cumplir los requisitos metrológicos. Las condiciones a controlar deben incluir:

- El uso de equipo confirmado.
- La aplicación de procedimientos de medición validados.
- La disponibilidad de recursos de información requeridos.
- El mantenimiento de las condiciones ambientales requeridas.
- El uso de personal competente.
- La transmisión correcta de los resultados.
- La implementación de seguimiento según se especifique.

- Incertidumbre de la medición y trazabilidad

- Incertidumbre de la Medición

La incertidumbre de la medición debe ser estimada para cada proceso de medición cubierto por el sistema de gestión de las mediciones.

La estimación de la incertidumbre debe ser registrada. El análisis de la incertidumbre de la medición debe completarse antes de la confirmación metrológica del equipo de medición y de la validación del proceso de medición. Deben documentarse todas las fuentes conocidas de variabilidad de la medición.

Los conceptos involucrados y los métodos que pueden ser utilizados para combinar componentes de incertidumbre y presentar los resultados están contenidos en la Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones (GTC 51).

- Trazabilidad

La dirección de la función metrológica debe asegurarse de que todos los resultados de medición sean trazables a las unidades de medida del Sistema Internacional (SI).

La trazabilidad normalmente se logra por medio de laboratorios de calibración fiables que tengan su propia trazabilidad a patrones de medida nacionales. Por ejemplo puede considerarse fiable un laboratorio que cumpla los requisitos de la norma ISO/IEC 17025.

Los institutos nacionales de metrología son responsables de los patrones de medida nacionales y de su trazabilidad, incluyendo aquellas situaciones en las que el patrón nacional de medición se mantiene en instalaciones distintas a las del propio Instituto Nacional de Metrología. Los resultados de medición pueden ser trazables por medio de un instituto nacional de metrología externo al país donde se haga la medición.

Los materiales de referencia certificados pueden considerarse patrones de referencia.

En la figura 1 se muestra un diagrama que ilustra las 4 etapas en el proceso de confirmación metrológica muy útil para aplicación en las empresas.

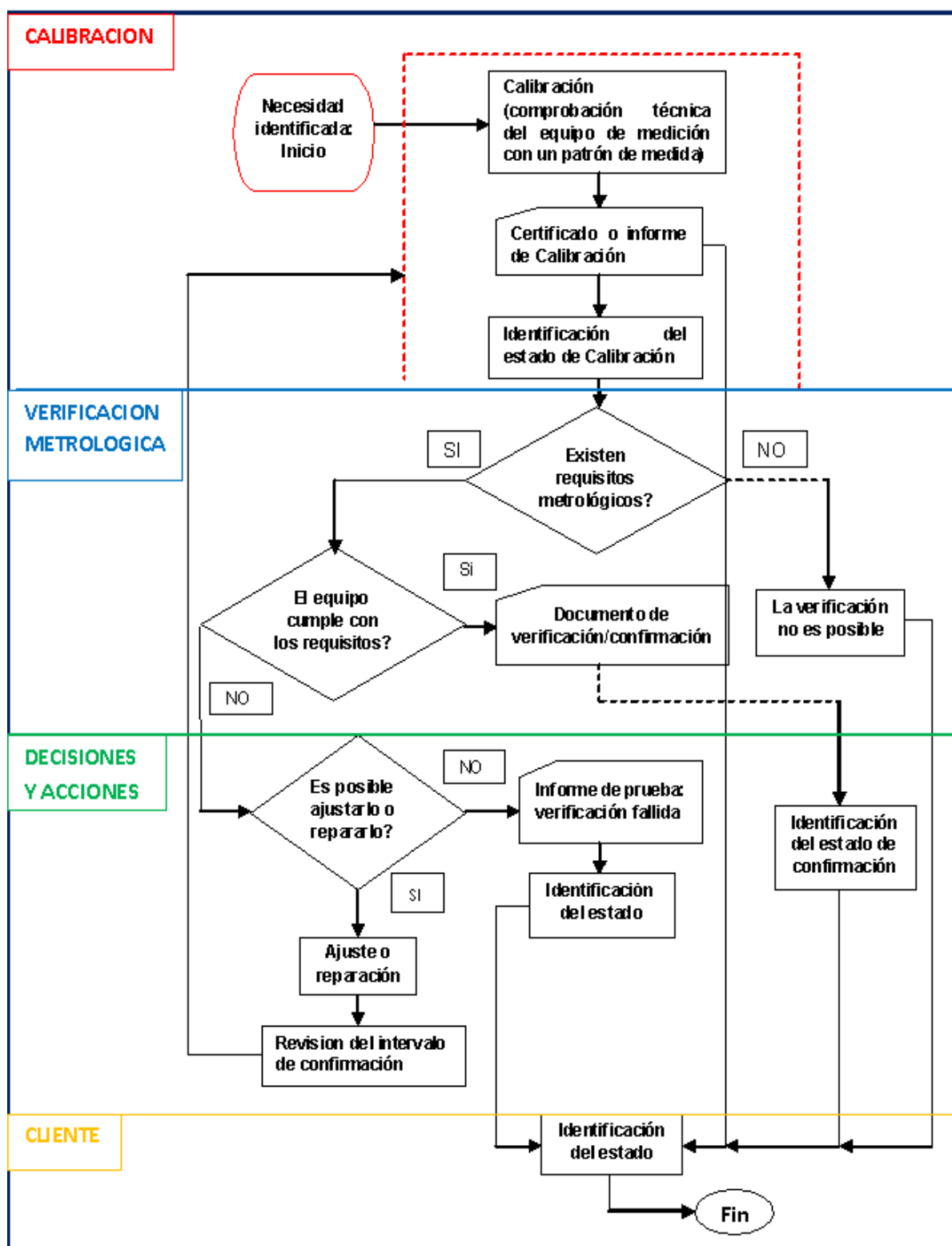


Figura 1. Proceso de confirmación Metroológica del equipo de medición
 Fuente: NTC-ISO 10012. Sistemas de Gestión de la Medición. Requisitos para los Procesos de Medición y los Equipos de Medición.

2.1.2 NTC-ISO/IEC 17025 (2005) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. [2]

La norma Técnica NTC-ISO/IEC 17025 contiene requerimientos generales para que laboratorios de ensayo y calibración demuestren que poseen un sistema de gestión que les permita ser técnicamente competentes y capaces de generar resultados técnicamente válidos.

Este trabajo se basa fundamentalmente en las secciones 4 y 5 de la norma, las cuales se refieren respectivamente a los requisitos relativos a la gestión y a requerimientos técnicos que deben cumplir los laboratorios.

Sección 4: Requisitos relativos a la gestión

- Organización.
- Sistema de calidad.
- Control de documentos.
- Revisión de pedidos, licitaciones y contratos.
- Subcontratación de pruebas y calibración.
- Compra de servicios y suministros.
- Servicio al cliente.
- Quejas.
- Control de no conformidad ante pruebas y/o trabajos de calibración.
- Mejora
- Acciones correctivas
- Acción preventiva.
- Control de registros.
- Auditorías internas.
- Revisiones de la gestión.

Sección 5: Requerimientos técnicos

- Generalidades.
- Personal.

- Instalaciones y condiciones ambientales.
- Métodos de ensayo y de calibración, y validación de los métodos
- Equipos
- Trazabilidad de las mediciones
- Muestreo
- Manipulación de los ítems de ensayo y de calibración
- Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración
- Informe de los resultados.

2.1.3 GTC 51 (1997) Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones. [3]

Otra norma fundamental para el desarrollo de este trabajo es la GTC 51.

El propósito de esta guía es proporcionar información completa acerca de cómo se llega a la expresión de incertidumbre, y proporcionar una base para la comparación internacional de los resultados de las mediciones.

El alcance de esta guía es establecer reglas generales para la evaluación y la expresión de incertidumbre en la medición, las cuales pueden seguirse a diferentes niveles de exactitud y en muchos campos desde el piso de ventas hasta la investigación. Por tanto, se pretende que los principios de esta guía sean aplicables a una amplia gama de mediciones, incluyendo aquellas requeridas para mantener el control de la calidad y el aseguramiento de la calidad en la producción, cumplir con leyes y reglamentos obligatorios. Conducir investigación básica, e investigación y diseños aplicados en ciencia e ingeniería. Calibración de patrones e instrumentos y realización de pruebas a través de un sistema nacional de mediciones con la finalidad de lograr la trazabilidad a patrones nacionales. Desarrollar, mantener, y comparar los patrones de referencia físicos nacionales e internacionales, incluyendo los materiales de referencia.

Esta norma sirvió de base para la elaboración de la Guía Metodológica General del Cálculo de Incertidumbres desarrollada para la empresa CEIINC LTDA.

2.1.4 NTC 4054 (1996) Metrología en la empresa. Constancia de comprobación de los medios de medición. [4]

El objeto de esta norma es precisar en qué contexto se aplica una comprobación de un medio de medición, y el contenido del documento de comprobación correspondiente.

Entre su contenido más importante se pueden encontrar las siguientes secciones:

- Procedimiento de comprobación.
- Resultado de una comprobación.
- Utilización de los resultados de medición.
- Elaboración de una constancia de comprobación.

2.1.5 NTC 4055 (1996) Modalidades prácticas para la elaboración de procedimientos de calibración y comprobación de los medios de medición. [5]

Esta norma fija las reglas esenciales para elaborar procedimientos de calibración y comprobación de los instrumentos de medición.

La norma se aplica a todos los tipos de instrumentos de medición. De manera general, un procedimiento implica, además de las páginas de portada habitual (título, fecha, responsable,.....), un resumen y los numerales siguientes.

- Objeto y campo de aplicación.
- Referencia.
- Método.
- Condiciones ambientales.
- Medios de calibración.
- Calibración.
- Cálculo de la incertidumbre de calibración.
- Presentación de los resultados.

2.1.6 NTC 4056 (1996) Metrología en la empresa. Ensayos. Enlace de los resultados de medida a los patrones. [6]

En la norma se explica cómo se enlazan los resultados de medición a los patrones, cómo se aplica y qué elementos se deben considerar para asegurar la trazabilidad de las medidas.

El propósito de la norma es proporcionar el criterio para controlar la incertidumbre de medición en relación con un patrón primario apropiado o considerado como tal, por medio de comparaciones sucesivas (cadena de calibración).

2.1.7 Definición de términos en mantenimiento.

Esta sección presenta definiciones importantes en el ámbito del mantenimiento resaltando la importancia en la planeación de operaciones y elaboración de cronogramas para el desarrollo del mantenimiento.

- **Mantenimiento**

Mantenimiento son todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas, además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones.

El mantenimiento está basado en los principios como: Respeto para todos los empleados y funcionarios, buen liderazgo, trabajo en equipo compartiendo responsabilidades, compromiso con la seguridad y medio ambiente, propiciar ambiente de responsabilidad donde se desarrolle conocimientos y habilidades.

- **Tipos de Mantenimiento.**

- **Correctivo**

Comprende el mantenimiento que se lleva con el fin de corregir los defectos que se han presentado en el equipo. Se clasifica en:

- **Predictivo**

Este mantenimiento está basado en la inspección para determinar el estado y operatividad de los equipos, mediante el conocimiento de valores de variables

que ayudan a descubrir el estado de operatividad; esto se realiza en intervalos regulares para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas.

Para este mantenimiento es necesario identificar las variables físicas (temperatura, presión, vibración, etc.) cuyas variaciones están apareciendo y pueden causar daño al equipo. Es el mantenimiento más técnico y avanzado que requiere de conocimientos analíticos y técnicos y necesita de equipos sofisticados.

- Preventivo

Es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, y mantener en un nivel determinado a los equipos. Se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico, por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo; se basa en la confiabilidad de los equipos.

- Modelos de mantenimiento

Existen varios tipos de modelos según las combinaciones en tipos de mantenimiento, modelo correctivo, modelo condicional, modelo sistemático, modelo de alta disponibilidad. En general todo modelo debe poseer las características:

- Metas claras y precisas
- Incluir a toda la organización con su respectivo personal como gestores del proceso de mantenimiento.
- Considerar al proceso de mantenimiento dentro de todas las fases de la empresa y no solo la de operación.
- Orientado a evolución y a la mejora continua
- Incluir aplicaciones sistemáticas y de prioridad para optimizar planes de mantenimiento y asegurar confiabilidad.

- Modelo sistemático

Sobre este modelo principalmente se basa CEIINC para llevar a cabo sus tareas de mantenimiento. En este modelo sistemático se realizan una serie de tareas sin importar las condiciones del equipo, se realizan una serie de pruebas y ensayos para planificar tareas de mayor importancia. Se aplica este modelo a

equipos que deben tener tareas constantes de mantenimiento que pueden ser planificadas en el tiempo sin importar el tiempo que lleve funcionando el equipo.

- Planeación del mantenimiento

La planeación del mantenimiento permite programar los proyectos a mediano y largo plazo de las acciones de mantenimiento que dan la dirección a la industria. Muchos son los beneficios alcanzados al llevar un programa establecido de modelos de mantenimiento, programación y control del área de mantenimiento, por ejemplo:

- Menor consumo de horas trabajador.
- Disminución de inventarios.
- Menor tiempo de parada de equipos.
- Mejora el clima laboral en el personal de mantenimiento.
- Mejora la productividad (eficiencia por eficacia).
- Ahorro en costos.
- La confiabilidad de la industria dependerá de la planeación que se realice con un enfoque eficiente “Si usted no sabe a dónde va, posiblemente terminara en otro lugar” (Lawrence J. Peter).
- ¿Qué es planear?
Es trazar un proyecto que contengan los puntos siguientes:
 - El Qué: Alcance del trabajo o proyecto. En este punto se plantea una lista de órdenes de trabajo a efectuarse, incluyendo solo las necesarias.
 - El Cómo: Procedimientos, normas, procesos. Forma a efectuar el trabajo, incluye documentación técnica, y procedimientos.
 - Los Recursos: Humanos horas hombre necesarias según especialidades, equipos, herramientas, materiales etc.
 - La Duración: Tiempo del proyecto o trabajo.

En el mantenimiento básicamente se plantean estos puntos que estarán en concordancia con los objetivos generales de la empresa.

Todo tipo de trabajo de mantenimiento debe ser evaluado y documentado llevando una descripción de los procesos que sigue el equipo.

- Cronograma

Es una programación del mantenimiento donde se especifican fechas, tiempos y responsables para la ejecución de actividades. Se puede trazar cronogramas a mediano y largo plazo, proyectando una visión para el desarrollo en forma efectiva. [18]

2.2 Principio de operación de los instrumentos.

Los métodos analíticos instrumentales son una herramienta fundamental en el análisis físico químico y control de calidad del agua, para determinar la composición desde el punto de vista cualitativo o cuantitativo.

Los métodos instrumentales se basan en la medida de alguna propiedad física del analito denominada señal analítica, según el tipo de esta señal la clasificación puede ser en métodos ópticos de análisis o métodos eléctricos.

La compañía CEIINC suministra instrumentos analíticos que se encuentran dentro de los métodos mencionados, por lo tanto se presenta a continuación los principios teóricos relacionados con cada método.

2.2.1 Métodos ópticos de análisis

Los espectrofotómetros, colorímetros y turbidímetros, hacen parte de los instrumentos que CEIINC provee a sus clientes para análisis de aguas potables y residuales. Estos instrumentos tienen como fundamento medir el cambio de intensidad o dirección que sufre un haz de radiación cuando pasa por la muestra a una determinada longitud de onda.

2.2.1.1 Principios teóricos de métodos ópticos.

- Transmitancia

La figura 2 muestra un haz de radiación paralelo antes y después de atravesar un medio que tiene un espesor de b cm y una concentración c de una especie absorbente. Como consecuencia de las interacciones entre los fotones y los átomos o moléculas absorbentes, la potencia del haz disminuye de P_0 a P , la transmitancia T del medio es la fracción de radiación transmitida por el medio:

$$T = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

La transmitancia se expresa con frecuencia como porcentaje o:

$$\%T = \frac{P}{P_0} \times 100\% \quad (2)$$

- Absorbancia

La absorbancia A de un medio se define por la ecuación 3.

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} \quad (3)$$

Al contrario que la transmitancia, la absorbancia de un medio aumenta cuando la atenuación del haz se hace mayor.

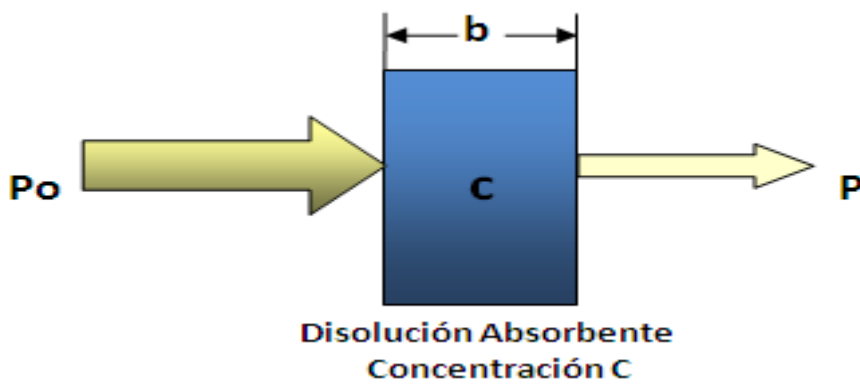


Figura 2. Atenuación de un haz de radiación por una disolución absorbente.

Fuente: SKOOG, D. HOLLER, J. NIEMAN, T. Principios de análisis instrumental. 5 ed. España. Mc Graw Hill. 2001. p 147.

- Ley de Beer

Para una radiación monocromática, la absorbancia es directamente proporcional al camino óptico b a través del medio y la concentración c de la especie absorbente. Esta relación viene dada por la ecuación 4.

$$A = abc \quad (4)$$

Donde:

c = Concentración de la solución.

A = Absorbancia o densidad óptica de la solución (se expresa generalmente entre 0 y 2).

a = Absortividad, constante para una solución y una longitud de onda específica.

b = Longitud de la trayectoria de la luz.

La magnitud de a dependerá de las unidades utilizadas para b y c . con frecuencia para disoluciones de una especie absorbente, b se da en centímetros y c en gramos por litro. Las unidades de la absortividad en ese caso son $L\ g^{-1}cm^{-1}$. [11]

2.2.1.2 Instrumentación para métodos ópticos.

Dentro de la gama de equipos ópticos CEIINC suministra los equipos que a continuación se describen.

- Colorímetro.

El colorímetro es un instrumento que sirve para medir la concentración de sustancias coloreadas a partir de la absorción de radiación incidente a una determinada longitud de onda del espectro visible.

Con el desarrollo de la tecnología electrónica y óptica se han fabricado colorímetros que minimizan el error humano y permiten medidas más confiables. La figura 3 muestra el sistema óptico de un colorímetro HACH para la medida de Cloro.

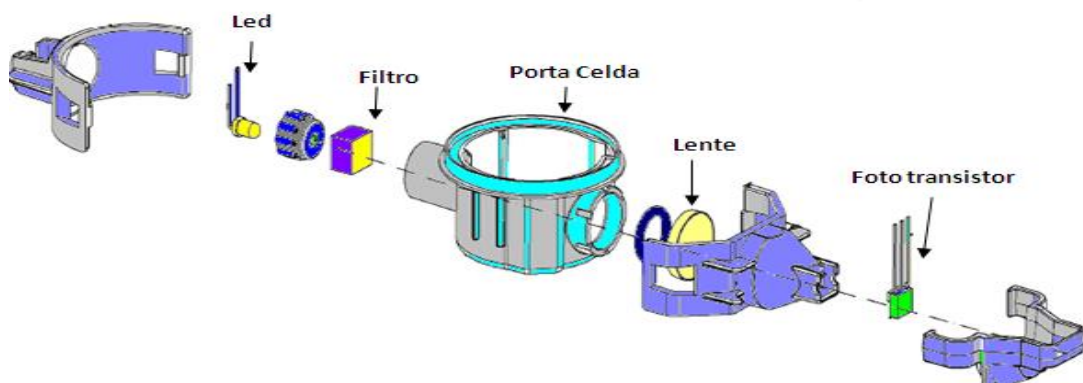


Figura 3. Esquema de un colorímetro

Fuente Modificada de: HACH COMPANY. Model Pocket Colorimeter II. DWG No 59530XX.

Este colorímetro tiene como fuente de luz un diodo Led de 528 nm, un filtro con ancho de banda de 15 nm, porta celda de muestra, una lente convergente y un foto detector de silicio.

En general las partes de la figura 3, son las que conforman un colorímetro, en conjunto con el sistema electrónico encargado de acondicionar y procesar la señal del foto detector, para mostrar una lectura en unidades de concentración, absorbancia o transmitancia sobre un display.

La desventaja de los colorímetros fotoeléctricos estriba en la necesidad de usar filtros de color diferentes para cada determinación, lo cual los hace poco económicos. Sin embargo, son muy fáciles de manejar y útiles cuando se realizan pocas determinaciones diferentes. [9]

- Espectrofotómetro.

El espectrofotómetro es un instrumento que tiene como principio la ley de Beer (4) al igual que el colorímetro, sirve para medir concentración, absorbancia o transmitancia de muchas especies químicas presentes en el agua y otras sustancias.

El espectrofotómetro consta, al igual que cualquier instrumento espectroscópico, de cinco componentes: (1) Fuente estable de energía radiante, (2) Recipiente transparente para contener la muestra, (3) Dispositivo para separar la región restringida del espectro para la medida (monocromador), (4) Detector de radiación, que convierte la energía radiante en una señal utilizable (en general eléctrica), y (5) Sistema electrónico de procesamiento y lectura de señal, que visualice la señal detectada en una pantalla. [9]

El espectrofotómetro es un aparato más versátil y útil que el colorímetro fotoeléctrico, pues suministra luz monocromática de cualquier longitud de onda en el espectro visible, ultravioleta y luz muy cercana a la región infrarroja. La absorción de energía radiante visible, ultravioleta o infrarroja permite cuantificar la concentración de diversos contaminantes del aire, del agua y del suelo.

La diferencia básica con respecto al colorímetro fotoeléctrico consiste en la forma de obtener la luz monocromática (rejilla de difracción), lo cual evita el uso de distintos filtros. [9]

En la figura 4 se observa la configuración de un espectrofotómetro HACH modelo DR2800 visible. Se puede identificar la fuente de luz (lámpara de tungsteno) numeral 1, la rejilla de difracción 4, espejo divisor del haz de luz 9, foto detector de referencia 10, lentes 11,14 y 7, detector de luz transmitida por la muestra 15, porta celdas 12 y 13, y set de filtros para auto ajuste 8.

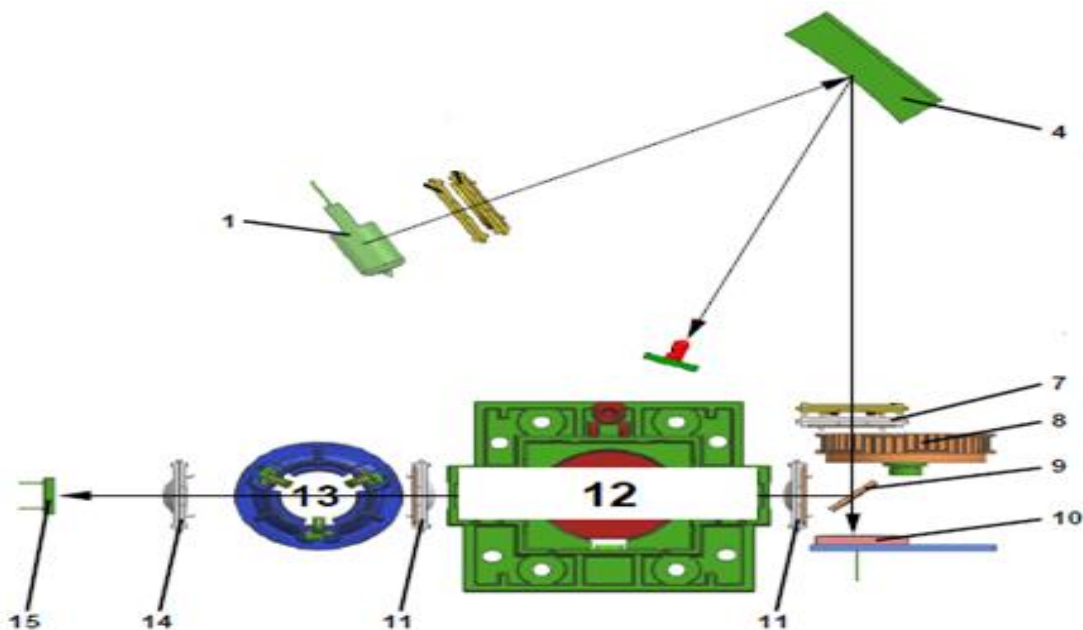


Figura 4. Esquema de un espectrofotómetro

Fuente Modificada de: HACH COMPANY. Model DR2800 Spectrophotometer. Service Manual. V 1.2. p 67.

- Turbidímetro

El principio básico con el cual trabaja un turbidímetro es la medida de la intensidad de luz a 90° del haz incidente sobre la muestra, el cual es reflejado por las partículas de gran tamaño en la muestra analizada. Cuando un haz de luz pasa a través de una muestra los dos procesos principales responsables por la reducción de la luz transmitida son la absorción y la dispersión. La reducción de la luz transmitida debido a dispersión es llamada turbiedad de la muestra. La extinción o atenuación del haz de luz, sin embargo, es debida a los

dos efectos y estos se describen en general por la ley de Beer-Lambert como se muestra a continuación:

$$P = P_0 \exp[-(\alpha + \tau)l] \quad (5)$$

Donde:

P = Potencia de luz transmitida por la muestra

P_0 = Potencia de luz que incide sobre la muestra

α = Coeficiente de absorción por unidad de longitud

τ = Turbiedad por unidad de longitud

l = Longitud de la luz en la muestra.

En la figura 5 se muestra el esquema óptico de un turbidímetro HACH modelo 2100AN. Se puede observar la fuente de luz lámpara de tungsteno, lente, y foto detectores ubicados a diferentes ángulos, el filtro de este equipo es extraíble y la celda de muestra se ubica frente al detector de 90°. [9]

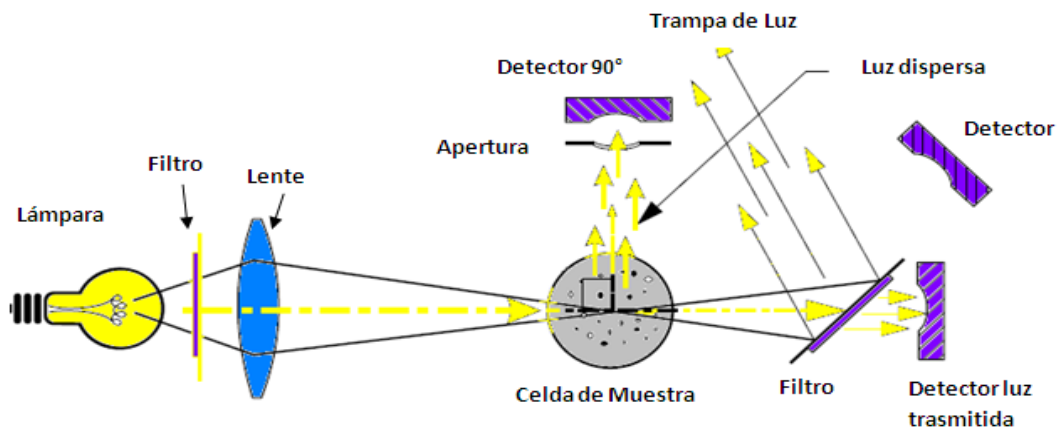


Figura 5. Esquema de un turbidímetro

Fuente Modificada de: HACH COMPANY. Model 2100AN laboratory turbidimeter instrument Service manual. 2000. p 38.

2.2.2 Métodos electroquímicos de análisis

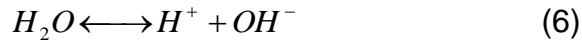
Estos métodos se basan en la medida de propiedades eléctricas de soluciones como potencial, carga, corriente, y resistencia. La compañía CEIINC suministra medidores de este tipo como pH metros y Conductímetros para análisis de parámetros físico químicos en el agua.

2.2.2.1 Principios teóricos de métodos electroquímicos.

- Análisis de pH

El término pH es una forma de expresar la concentración del ion hidrógeno o, más exactamente la actividad del ion hidrógeno.

La disociación iónica del agua puede representarse por el equilibrio:



Su constante de disociación será:

$$K_i = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} \quad (7)$$

En agua pura a 25° la magnitud de su ionización es muy pequeña. Para el equilibrio solo están presentes 10^{-7} moles/L de H^+ y de OH^- , lo cual permite suponer que la actividad o concentración del agua es esencialmente constante; así la ecuación anterior se convierte en:

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14} \quad (8)$$

La constante K_w es conocida como la constante de ionización del agua y su valor debe satisfacerse en cualquier solución acuosa. Por tanto, cuando se añade ácido al agua este se ioniza en ella, aumentando la concentración de iones H^+ . Consecuentemente, debe disminuir la concentración de iones OH^- para que K_w se mantenga constante. Es evidente, por tanto, que en una solución ácida la concentración de ion H^+ es mayor que 10^{-7} moles/L y que en una solución de una base la concentración de ion OH^- es mayor que 10^{-7} moles/L. Es importante recordar que en ningún caso la concentración de ion H^+ o de ion OH^- puede reducirse a cero, no importa lo ácida o básica que sea la solución. En la mayor parte de los casos es más conveniente expresar la actividad del ion hidrógeno en términos de pH en vez de moles/L.

El pH se define como el logaritmo del inverso de la concentración del ion hidrógeno, o sea:

$$pH = \log\left(\frac{1}{[H^+]}\right) = -\log[H^+] \quad (9)$$

Donde: $[H^+]$ es la concentración del ion hidrógeno en mol/L. Para una solución neutra, el $[H^+] = 1 \times 10^{-7}$ mol/L. usando (9), se puede representar en pH 7. [10]

- Molaridad

Este término es usado para describir la concentración de una sustancia dentro de una solución. Por definición, una solución de ion hidrógeno uno molar contiene una mol de iones de hidrógeno por litro de solución. Por lo tanto, una solución de pH 10 tiene 1×10^{-10} moles de iones de hidrógeno como se muestra en la ecuación:

$$1 * 10^{-10} \text{ mol} = \frac{1 * 10^{-10} \text{ g iones de Hidrogeno}}{1L} \quad (10)$$

Entonces una solución de pH 4 tiene 1×10^{-4} moles de ion hidrógeno. Esto también significa que un litro de una solución pH 10 debe contener 1×10^{-10} gramos de ion hidrógeno, porque $1 \text{ mol} = 1 \text{ g/L}$ para el hidrógeno. [16]

En la tabla 1 se observa la relación entre pH y concentración del ion hidrógeno.

Tabla 1. Relación [OH⁻] y [H⁺] concentración Mol/Litro

	[OH ⁻] concentration (mol/l)	pH	[H ⁺] concentration (mol/l)	
1 x 10 ⁻¹⁴	0.00000000000001	0	1	1 x 100
1 x 10 ⁻¹³	0.0000000000001	1	0.1	1 x 10 ⁻¹
1 x 10 ⁻¹²	0.000000000001	2	0.01	1 x 10 ⁻²
1 x 10 ⁻¹¹	0.00000000001	3	0.001	1 x 10 ⁻³
1 x 10 ⁻¹⁰	0.0000000001	4	0.0001	1 x 10 ⁻⁴
1 x 10 ⁻⁹	0.000000001	5	0.00001	1 x 10 ⁻⁵
1 x 10 ⁻⁸	0.00000001	6	0.000001	1 x 10 ⁻⁶
1 x 10 ⁻⁷	0.0000001	7	0.0000001	1 x 10 ⁻⁷
1 x 10 ⁻⁶	0.000001	8	0.00000001	1 x 10 ⁻⁸
1 x 10 ⁻⁵	0.00001	9	0.000000001	1 x 10 ⁻⁹
1 x 10 ⁻⁴	0.0001	10	0.0000000001	1 x 10 ⁻¹⁰
1 x 10 ⁻³	0.001	11	0.00000000001	1 x 10 ⁻¹¹
1 x 10 ⁻²	0.01	12	0.000000000001	1 x 10 ⁻¹²
1 x 10 ⁻¹	0.1	13	0.0000000000001	1 x 10 ⁻¹³
1 x 100	1	14	0.00000000000001	1 x 10 ⁻¹⁴

Increasing acidity

Neutral

Increasing basicity

Fuente: HACH COMPANY. What is pH, and How is Measured. Technical Handbook. 2003. p 6.

- Actividad del ion H⁺

Es importante comprender que el potencial en el electrodo de pH se relaciona con la actividad del ion H⁺ e indirectamente con su concentración molar. La aproximación de actividad igual a concentración puede traer errores a los potenciales calculados debido a que el ion H⁺ no se encuentra solo si no en presencia de otros iones.

La relación entre la actividad a_x de una especie y su concentración molar [X] viene dada por la expresión:

$$a_x = \gamma_x [X] \quad (11)$$

Donde γ_x es un número adimensional llamado coeficiente de actividad. El coeficiente de actividad, y por tanto la actividad de X, varían con la fuerza iónica de la disolución, de forma que la utilización de a_x en lugar de [X] en el cálculo de un potencial de electrodo, o en los cálculos de otros equilibrios, hace que el valor numérico obtenido sea independiente de la fuerza iónica:

$$\mu = \frac{1}{2} (c_1 Z_1^2 + c_2 Z_2^2 + c_3 Z_3^2 + \dots) \quad (12)$$

Donde: μ es la fuerza iónica de la disolución, c_1, c_2, c_3, \dots representan las concentraciones molares de los distintos iones en la disolución y Z_1, Z_2, Z_3, \dots son sus respectivas cargas. El cálculo de la fuerza iónica requiere tener en cuenta todas las especies de la disolución, no solo las reaccionantes. [11]

- Ecuación de Debye-Huckel

En 1923, P. Debye y E. Huckel dedujeron la siguiente expresión teórica, que permite el cálculo de los coeficientes de actividad de los iones γ_x :

$$-\log \gamma_x = \frac{0,509 Z_x^2 \sqrt{\mu}}{1 + 3,28 \alpha_x \sqrt{\mu}} \quad (13)$$

Donde

γ_x = Coeficiente de actividad de la especie x

Z_x = Carga de la especie x

μ = Fuerza iónica de la disolución

α_x = Diámetro efectivo del ion hidratado en angstroms

Las constantes 0,509 y 0,328 se aplican cuando las disoluciones se encuentran a 25°C, cuando las temperaturas son diferentes se deben aplicar otros valores.

Para fuerzas iónicas hasta 0,01, los coeficientes de actividad de la ecuación de Debye-Huckel conducen a resultados en los cálculos de los equilibrios que concuerdan mucho con los experimentales, incluso a fuerzas iónicas de 0,1, no se encuentran generalmente grandes discrepancias. Sin embargo a fuerzas iónicas más altas, la ecuación falla y se deben utilizar los coeficientes de actividad medios determinados experimentalmente. [11]

Los electrodos de vidrio son sensitivos a la actividad del ion hidrógeno en una solución. Consecuentemente, la concentración del ion hidrógeno no es el único factor que influye en el pH de la solución. La concentración de otras especies químicas en la solución, o corriente iónica de solución, son una gran influencia en la medida de pH

En soluciones donde la corriente iónica es baja, el coeficiente de actividad es 1.00, haciendo la actividad del ion hidrógeno igual a su concentración. Cuando

la corriente iónica de una solución incrementa, el coeficiente de actividad disminuye. Este tiene el efecto de bajar la actividad del ion hidrógeno, el cual significa un incremento en el pH. [16]

- Ecuación de Nernst

La descripción matemática general del electrodo de pH, fue descrito por el químico Alemán, Herman Walther Nernst (1864-1941). El introdujo la ecuación en 1889, expresada como:

$$E = E_0 - \frac{2.3RT}{nF} \log a_i \quad (14)$$

Donde:

E = Potencial total (en milivoltios) entre dos electrodos

E_0 = Potencial estándar del ion

R = Constante universal de los gases (en Joules/mol-Kelvin)

T = temperatura absoluta (en Kelvin)

n = carga del ion

F = constante de Faraday (en Coulombs/mol)

a_i = Actividad del ion.

El termino $(2.3RT/nF)$ es llamado el factor de Nernst, o pendiente. Este provee la cantidad de cambio en el potencial total por cada diez cambios en la concentración del ion. Para la actividad del ion hidrógeno, donde $n = 1$, el factor es 59.16 mV por cada diez cambios en la actividad a 25°C. Esto significa que para cada cambio en unidad de pH, el potencial total cambia 59.16 mV.

Sin embargo, el factor de Nernst cambia con el cambio de la temperatura (T no es constante). En 25°C la pendiente del electrodo es 59.16 mV/pH. En 0°C la pendiente es aproximadamente 54 mV/pH, y en 100°C la pendiente es aproximadamente 74 mV/pH. La salida del electrodo en mili voltios cambia con la temperatura de acuerdo con la ecuación de Nernst. Especialmente la pendiente del electrodo es la que cambia.

Casi todos los aparatos usados hoy en día utilizan el electrodo de vidrio en combinación con un electrodo de calomel, empleado como electrodo de referencia para medir el pH (Figura 6). El potencial entre los electrodos es proporcional a la actividad de iones hidrógeno en solución. En la figura 6 se presenta un sensor de pH comúnmente utilizado, se puede observar la membrana de vidrio, el electrodo de referencia, y las soluciones electrolíticas para los electrodo de referencia y pH. [16]

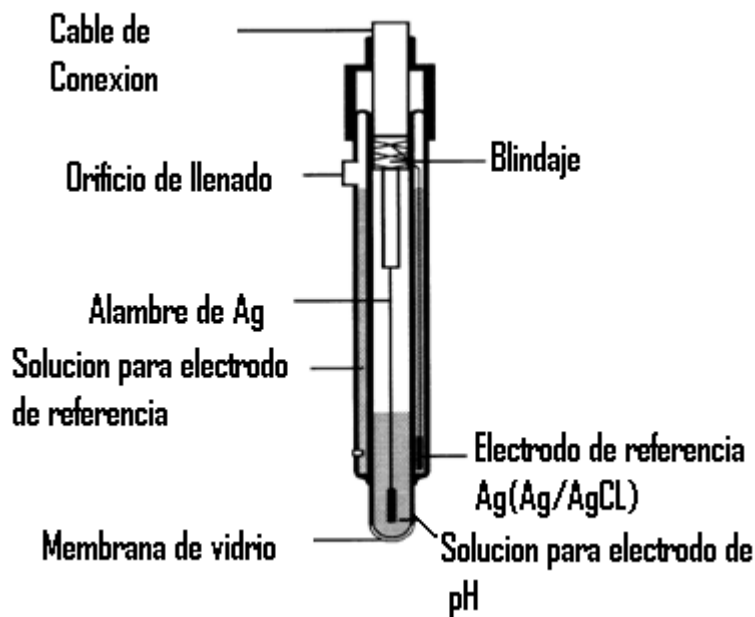


Figura 6. Electrodo de pH

Fuente Modificada de: Webster J.G. Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook. CRC Press.1999. p 1886.

- Análisis de Conductividad.

Este método se basa en la propiedad que adquieren las soluciones de conducir la corriente eléctrica cuando tiene iones disueltos.

La conducción de corriente eléctrica, puede explicarse por medio de la disociación electrolítica. Cuando se disuelve en agua un ácido, una base o una sal, una porción se disocia en iones positivos y otra en negativos.



Los iones se mueven independientemente y se dirigen a los electrodos de carga opuesta mediante la aplicación de un campo eléctrico.

La cantidad de moléculas que se han disociado depende de la concentración de la solución. Las soluciones, al igual que los conductores metálicos obedecen a la Ley de Ohm, excepto en voltajes muy elevados y corrientes de frecuencia muy alta.

Si en una solución electrolítica se colocan dos electrodos de área A separados por una distancia d y se aplica un campo eléctrico E , la diferencia de potencial V entre los electrodos será proporcional a la distancia d y al campo eléctrico E .

$$V = dE \quad (16)$$

Donde:

V = es la diferencia de potencial entre los electrodos

E = es el campo eléctrico aplicado

d = es la distancia de separación entre las placas.

En la figura 7 se muestra el circuito general con puente de Wheaston usado para medir la conductividad en una solución, entre los electrodos se aplica una corriente eléctrica alterna para evitar la polarización de la muestra. Las resistencias R_1 y R_2 son fijas y su valor va de acuerdo con la conductividad a medir. La resistencia R_x es proporcionada por la solución a la cual se medirá la conductividad. La resistencia R_3 se varía en forma continua hasta poner el puente en equilibrio y no pase corriente hacia el medidor. A partir de este principio y la teoría descrita en esta sección se calcula la conductividad de una solución. [17]

Puente de Wheastone para medir conductividad

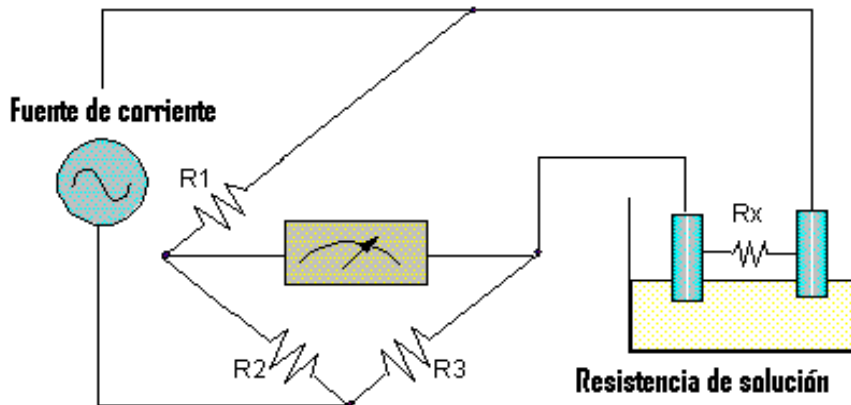


Figura 7. Principio del medidor de conductividad

Fuente Modificada de: Conductividad. Sensores ambientales. GUEMISA. Disponible en Internet. <www.guemisa.com/ambien/docus/completo%20Conductividad.pdf> .

La conductancia específica o conductividad σ es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica y está definida por la relación:

$$\sigma = \frac{J}{E} \quad (17)$$

Donde:

J = es la densidad de corriente, y

E = es el campo eléctrico.

La densidad de corriente J se define a su vez por la ecuación:

$$J = \frac{I}{A} \quad (18)$$

Donde:

I = es la intensidad de corriente, y

A = es el área.

Combinando las ecuaciones (16), (17), y (18) se obtiene que la diferencia de potencial V es:

$$V = \frac{Id}{\sigma A} \quad (19)$$

Al valor $(d/\sigma A)$ se le conoce como la resistencia que presenta la disolución al paso de la corriente y se denota por la letra R.

$$R = \frac{d}{\sigma A} \quad (20)$$

Por lo que la ecuación (19) se transforma en la ley de Ohm.

$$V = IR \quad (21)$$

De la ecuación (20) se obtiene que las unidades de la conductancia específica son:

$$\sigma = \frac{d}{RA} = \frac{cm}{ohm * cm^2} = \frac{1}{ohm * cm} = \frac{Siemen}{cm} \quad (22)$$

La ecuación anterior permite el cálculo de la conductancia específica de la disolución conociendo su resistencia y las dimensiones de la celda de conductividad.

Se define como constante K de la celda de conductividad a la relación existente entre la distancia de los electrodos d, y su área A

$$K = \frac{d}{A} \quad (23)$$

Por lo que la formula de conductividad

$$\sigma = \frac{K}{R} \quad (24)$$

Una vez medida la resistencia de la solución o su inverso la conductividad y conociendo la constante de la celda se conoce la conductancia específica de la Solución σ . [17] [9]

2.2.2.2 Instrumentación para métodos electroquímicos.

- Medidor de pH

El instrumento para medir pH, está formado principalmente por dos partes, el sensor de pH y el sistema electrónico.

El sensor de pH consta de un electrodo de vidrio sensible a la actividad del ion H^+ , un electrodo de referencia o electrodo estándar y un sensor de temperatura para compensar variaciones debidas a la temperatura de la muestra.

El instrumento también está formado por un sistema electrónico encargado de acondicionar la señal de mili voltaje entregada por el sensor, procesamiento de señal y la respectiva visualización en unidades de pH. La figura 8 muestra el esquema general de un medidor de pH.

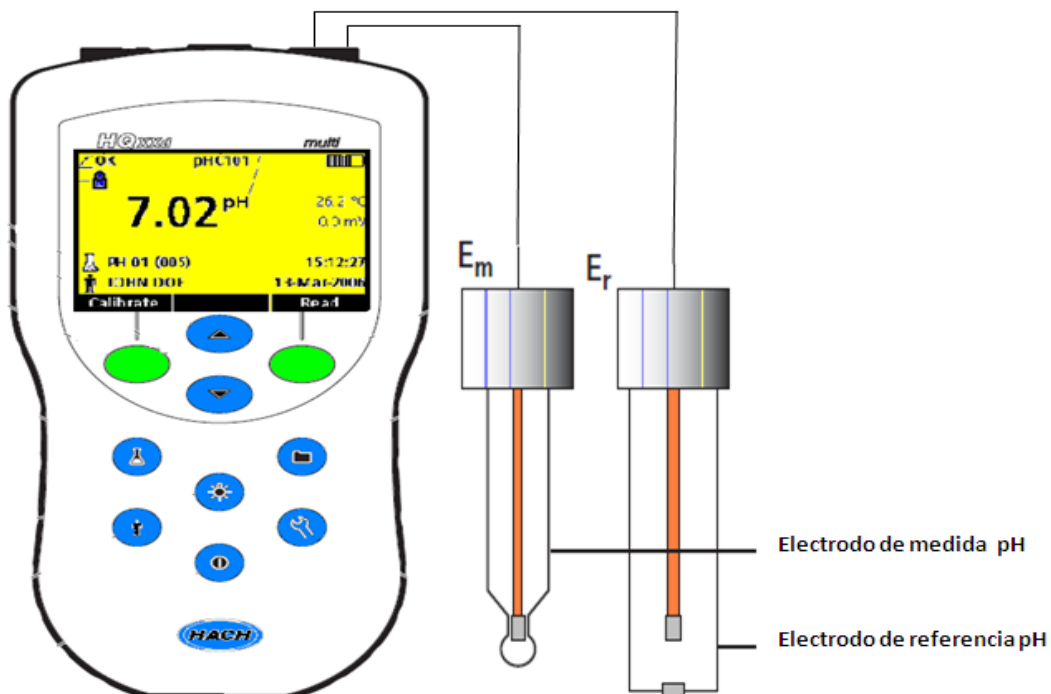


Figura 8. Esquema general de un medidor de pH.

- Medidor de conductividad

El instrumento para medir conductividad está formado por la celda de conductividad y el sistema electrónico que acondiciona la señal del sensor y procesa los datos para visualizar las lecturas en unidades de Siemen/cm.

La figura 9 muestra el esquema general del instrumento.

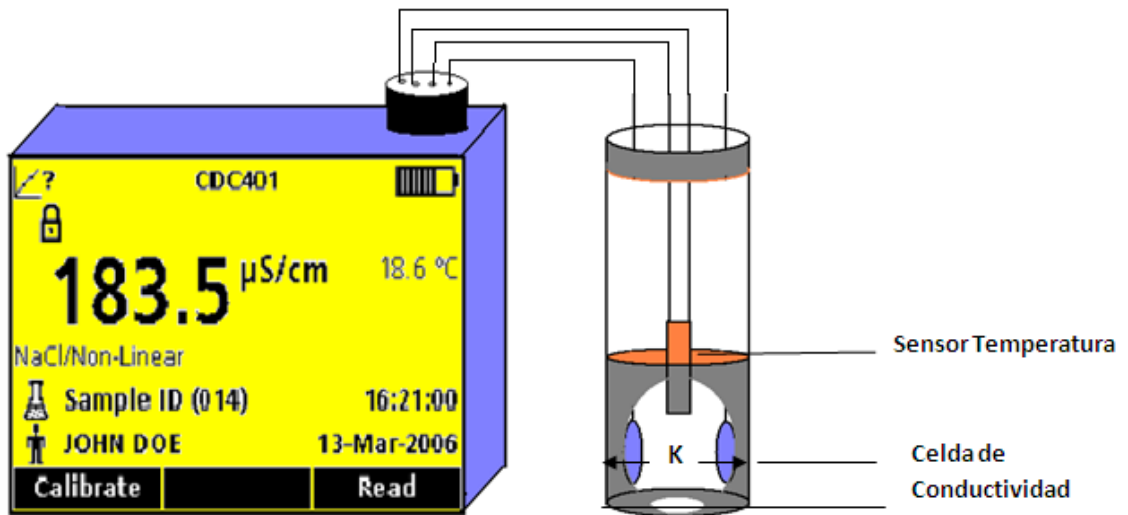


Figura 9. Esquema general de un medidor de conductividad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección presenta la discusión y los resultados obtenidos en la elaboración de este trabajo. En primer lugar se detalla la Guía Metodológica General del Cálculo de Incertidumbres CEIINC LTDA. En segundo lugar se dan los criterios de selección de Patrones y se muestran los certificados de los Patrones que fueron seleccionados para la instrumentación de laboratorio. En tercer lugar se presentan los Procedimientos Administrativos para Mantenimiento. En cuarto lugar están los Procedimientos para Mantenimiento Instrumental de Laboratorio. Por último se muestran los Procedimientos Para Calibración Instrumental de Laboratorio.

3.1 Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA.

En esta guía se dan las definiciones de términos utilizados, se describen los procedimientos generales de calibración, se presentan los procedimientos de cálculo de incertidumbres y además presenta los criterios matemáticos para establecer el estado del equipo. La elaboración de esta Guía se basó en todas las normas anteriores y especialmente en la GTC 51 [3] [8].

Este procedimiento es aplicable a Colorímetros, Espectrofotómetros, medidores de Turbiedad, medidores de PH, y medidores de Conductividad.

3.1.1 Términos específicos para esta guía.

La sigla [VIM XX] que aparece al frente de algunas definiciones referencia el término al Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales Y Generales de Metrología (VIM).

- Magnitud (mesurable) [VIM 1.1]

Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser diferenciado cualitativamente y determinado cuantitativamente.

- Mesurando.

Magnitud particular sujeta a medición.

- Incertidumbre estándar.

Incertidumbre del resultado de una medición expresada como una desviación estándar. [3]

- Evaluación (de incertidumbre) Tipo A

Método para evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones. [3]

- Evaluación (de incertidumbre) Tipo B

Método para evaluar la incertidumbre por otro medio que no sea el análisis estadístico de una serie de observaciones. [3]

- Incertidumbre estándar combinada

Incertidumbre estándar del resultado de una medición cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de algunas otras magnitudes, igual a la raíz cuadrada positiva de una suma de términos, siendo estos términos las varianzas y covarianzas de estas otras magnitudes ponderadas de acuerdo como el resultado de la medición varía con respecto a cambios en estas magnitudes. [3]

- Incertidumbre expandida

Cantidad que define un intervalo alrededor de una medición. Se puede esperar que abarque una fracción grande de la distribución de valores que razonablemente pudieran ser atribuidos al mesurando.

La fracción puede considerarse como la probabilidad de cobertura o el nivel de confianza del intervalo. [3]

- Factor de cobertura

Factor numérico usado como multiplicador de la incertidumbre estándar combinada, con el propósito de obtener una incertidumbre expandida. [3]

- Exactitud de la medición [VIM 3.5]

Cercanía de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mesurando.

Nota: el término precisión no debería ser usado en vez de “exactitud”.

- Repetibilidad (de resultados de medición) [VIM 3.6]

Cercanía de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mesurando que se han de llevar a cabo bajo las mismas condiciones de medición.

Las condiciones de repetibilidad incluyen:

El mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición usado bajo las mismas condiciones, la misma ubicación, repetición sobre un corto periodo de tiempo.

- Resultado de una medición [VIM 3.1]

Valor atribuido a un mesurando, obtenido mediante una medición. Cuando se da un resultado, debe aclararse si este se refiere a:

La indicación, al resultado corregido o no corregido, o si se han promediado los datos. Una declaración completa del resultado de una medición incluye información acerca de la incertidumbre de la medición.

- Error (de medida) [VIM 3.10]

Resultado de una medición menos un valor verdadero del mesurando.

Nota:

- Considerando que un valor verdadero no puede ser determinado, en la práctica se utiliza un valor convencionalmente verdadero.
- Cuando sea necesario hacer distinción entre error y error relativo, el primero a veces denominado error absoluto de medida.

- Unidad (de medida) [VIM 1.15]

Magnitud particular, definida y adoptada por convenio, con la que se comparan otras magnitudes de la misma naturaleza para expresarlas cuantitativamente con respecto a esta magnitud.

Nota: Las unidades de medida tienen asignados por convenio sus nombre y símbolos.

- Patrón [VIM 6.1]

Medida materializada, instrumento de medida, material de referencia o sistema de medida destinado a definir, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para que sirvan de referencia.

- Trazabilidad [VIM 6.10]

Propiedad de resultado de una medición o de un patrón para que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a los patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

- Calibración [VIM 6.11]

Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones.

Nota:

- El resultado de una calibración permite atribuir a las indicaciones los valores correspondientes del mesurando o bien determinar las correcciones a aplicar a las indicaciones.
- Una calibración puede servir también para determinar otras propiedades metroológicas tales como los efectos de las magnitudes de influencia.
- Los resultados de una calibración pueden consignarse en un documento denominado, a veces, certificado de calibración o informe de calibración.

3.1.2 Pasos en el proceso de calibración

Cada uno de los pasos a continuación se deben realizar para cada instrumento en el proceso de calibración.

3.1.2.1 Definición del mensurando

El primer paso para hacer una medición es definir el mesurando, la magnitud que se va a medir, el mesurando no se puede definir mediante un valor sino únicamente mediante una descripción detallada de una magnitud. [3]

3.1.2.2 Modelo matemático de la medición

Para el caso de esta guía el mesurando se mide directamente, y no es determinado a partir de otras magnitudes, según GTC 51[4.1], la siguiente expresión modela la comparación de dos determinaciones de la misma magnitud A .

$$E = \bar{A}_i - A_r \quad (25)$$

Donde: E es el error absoluto de la medición, A_r lectura del patrón de trabajo, \bar{A}_i valor medio de las lecturas del equipo a calibrar.

3.1.2.3 Identificación de fuentes de incertidumbre

Las posibles fuentes de incertidumbre provienen de los diversos factores involucrados en la medición, por ejemplo:

- Resultados de calibración del instrumento.
- Incertidumbre del patrón o material de referencia.
- Repetibilidad de las lecturas.
- Reproducibilidad de mediciones por cambio de observadores, instrumentos u otros elementos.
- Características del propio instrumento, como resolución, histéresis, deriva, etc.
- Variaciones de las condiciones ambientales o fuentes de energía.
- Definición del propio mensurando.
- El modelo particular de la medición.
- variaciones en las magnitudes de influencia.

No es recomendable desechar alguna de las fuentes de incertidumbre por la suposición de que es poco significativa sin una cuantificación previa de su contribución, comparada con las demás, apoyadas en mediciones. Es preferible la inclusión de un exceso de fuentes que ignorar algunas entre las cuales pudiera descartarse alguna importante. No obstante, siempre estarán presentes efectos que la experiencia, conocimientos y actitud crítica del

metrólogo permitirán calificar como irrelevantes después de las debidas consideraciones.

3.1.2.4 Cuantificación fuentes de incertidumbre

En la literatura GTC 51 se distinguen dos métodos principales para cuantificar las fuentes de incertidumbre: El Método Tipo A y el Tipo B.

Cabe mencionar que la única diferencia es que en las evaluaciones tipo A se estima la distribución basándose en mediciones repetidas obtenidas del mismo proceso de medición mientras en el caso de tipo B se supone una distribución con base en experiencia o información externa al metrólogo.

1. Evaluación tipo A.

Evaluación de la incertidumbre tipo A por repetibilidad de las lecturas

$$\bar{A}_i = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \bar{A}_{ii} \quad (26)$$

La dispersión de los resultados $s(\bar{A}_i)$ de la medición para la magnitud de entrada, se expresa por su desviación estándar:

$$s(\bar{A}_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (A_{ii} - \bar{A}_i)^2} \quad (27)$$

La incertidumbre estándar U_A de \bar{A}_i se obtiene finalmente mediante el cálculo:

$$U_A = \frac{s(\bar{A}_i)}{\sqrt{n}} \quad (28)$$

Donde: A_{ii} es cada una de las lecturas del equipo registradas durante la calibración, y n es el número de mediciones repetidas.

No se puede dar una recomendación general para el número ideal de las repeticiones n , ya que éste depende de las condiciones y exigencias (meta para la incertidumbre) de cada medición específica. Hay que considerar que:

- Aumentar el número de repeticiones resulta en una reducción de la incertidumbre tipo A, la cual es proporcional a $1/\sqrt{n}$.

- Un número grande de repeticiones aumenta el tiempo de medición, que puede ser contraproducente, si las condiciones ambientales u otras magnitudes de entrada no se mantienen constantes en este tiempo.
- En pocos casos se recomienda o se requiere n mayor de 10. Por ejemplo cuando se caracterizan instrumentos o patrones, o se hacen mediciones o calibraciones de alta exactitud.
- Para determinar el impacto que tiene n en la incertidumbre expandida hay que estimar su influencia en el número de grados efectivos de libertad. Otras fuentes de incertidumbre que se evalúan con este método son la reproducibilidad y las obtenidas al hacer una regresión lineal.

2. Evaluación tipo B

Las fuentes de incertidumbre tipo B son cuantificadas usando información externa u obtenida por experiencia. Estas fuentes de información pueden ser:

- Certificados de calibración.
- Manuales del instrumento de medición, especificaciones del instrumento.
- Normas o literatura.
- Valores de mediciones anteriores.
- Conocimiento sobre las características o el comportamiento del sistema de medición.

3.1.2.5 Distribuciones de probabilidad e incertidumbres estándar

Para la cuantificación de una fuente de incertidumbre tipo B se deben conocer las distribuciones que aparecen más frecuentemente:

- Distribución normal.

Los resultados de una medición repetida afectada por una o más magnitudes de influencia que varían aleatoriamente, generalmente siguen en buena aproximación una distribución normal. También la incertidumbre indicada en certificados de calibración se refiere generalmente a una distribución normal, entonces si se conoce el valor de k se puede determinar la incertidumbre estándar por:

$$u(B_i) = \frac{U}{k} \quad (29)$$

Donde: $u(B_i)$ incertidumbre estándar para una distribución normal, U es la incertidumbre expandida, y k factor de cobertura.

- Distribución rectangular

En una distribución rectangular cada valor en un intervalo dado tiene la misma probabilidad, o sea la función de densidad de probabilidad es constante en este intervalo.

Ejemplos típicos son la resolución de un instrumento digital o la información técnica sobre tolerancias de un instrumento. En general, cuando exclusivamente hay conocimiento de los límites superior (a_+) e inferior (a_-) del intervalo de variabilidad de la magnitud de entrada, lo más conservador es suponer una distribución rectangular.

Para esta distribución la incertidumbre estándar es:

$$u(B_j) = \frac{a_+ - a_-}{\sqrt{12}} \quad (30)$$

Cuando los límites son simétricos se tiene:

$$u(B_{ji}) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (31)$$

3.1.2.6 Combinación de incertidumbres

La incertidumbre estándar combinada U_c es una desviación estándar estimada que caracteriza la dispersión de los datos que pueden ser razonablemente atribuidos al mesurando. En la figura 10 se observan las componentes de incertidumbre generales que contribuyen a la incertidumbre total combinada en el proceso de medición y que son consideradas de mayor influencia en la aplicación de esta guía.

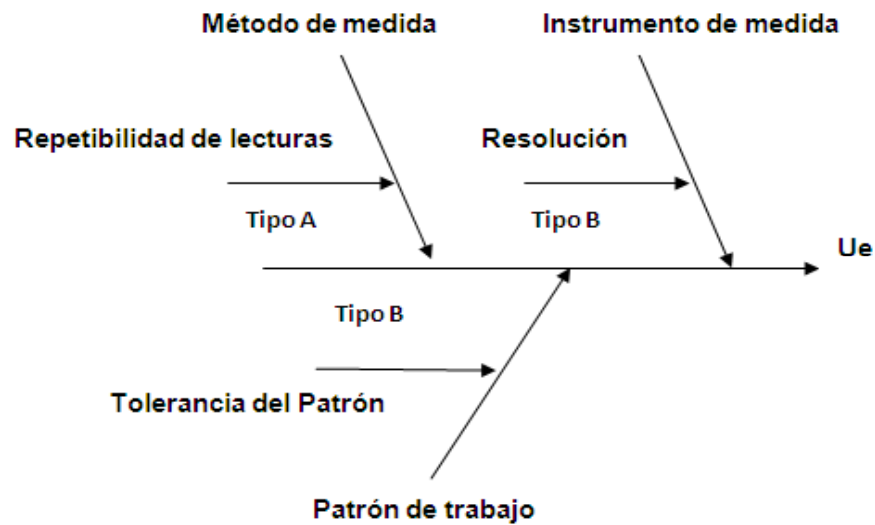


Figura 10. Fuentes de Incertidumbre involucradas en el proceso de medición

3.1.2.7 Coeficiente de sensibilidad

El coeficiente de sensibilidad describe, qué tan sensible es el mensurando con respecto a variaciones de la magnitud de entrada correspondiente.

Cálculo de los coeficientes de sensibilidad, partiendo de (25);

$$\frac{\partial E}{\partial \bar{A}_i} = 1 ; \frac{\partial E}{\partial A_r} = -1 \quad (32)$$

Se determina el valor de la incertidumbre combinada U_c , a partir de las incertidumbres estándar (Tipo A y Tipo B) y de los coeficientes de sensibilidad (32) aplicando la ley de propagación de la incertidumbre para argumentos independientes.

$$U_c = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial \bar{A}_i}\right)^2 * U_A^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial A_r}\right)^2 * U_{B1}^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial \bar{A}_i}\right)^2 * U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \quad (33)$$

3.1.2.8 Cálculo de la incertidumbre expandida

Método para el cálculo de la incertidumbre expandida $U_p = k_p * U_c$, la cual se pretende que proporcione un intervalo $A = \bar{A}_i \pm U_p$ que tiene un nivel aproximado de confianza p:

- Obtener \bar{A}_i y U_c como se describió anterior mente.
- Calcular los grados de libertad v_{eff} a partir de la ecuación de Welch-Satterthwaite, ecuación (34)

$$v_{eff} = \frac{U_c^4}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4}{v_i}} = \frac{U_c^4}{\frac{U_A^4}{v_1} + \frac{U_{B1}^4}{v_2} + \frac{U_{B2}^4}{v_3}} \quad (34)$$

Si U se obtiene a partir de una evaluación tipo A, determinar los grados de libertad por n-1, donde n es el número de lecturas. Si U , se obtiene a partir de una evaluación tipo B, y puede ser considerada como conocida exactamente, que es el caso en la practica, $v_i \rightarrow \infty$; en otro caso, estimar v_i a partir de (G.3) en GTC 51.

- Obtener el factor t , $t_2(v_{eff})$ para el nivel de confianza p deseado de la tabla G.2 en GTC 51. Si v_{eff} no es un entero, puede interpolarse o truncarse v_{eff} al entero menor más próximo.
- Tomar $k_p = t_p(v_{eff})$ y calcular $U_p = k_p * U_c$, para el caso de esta guía $v_1, v_2 \rightarrow \infty$, entonces $v_{eff} \cong (n - 1)$, y la incertidumbre expandida para un nivel de confianza aproximado $p = 95.45\%$, seria $k_p = t_p(v_{eff}) = 2,32$.

3.1.2.9 Expresión de la medida y su incertidumbre expandida

La expresión de la incertidumbre expandida U_p incluye su indicación como un intervalo centrado en el mejor estimado \bar{A}_i del mensurando, la afirmación de que p es del 95,45% (o el valor elegido) aproximadamente y el número efectivo de grados de libertad, cuando sea requerido. Una manera de expresar el resultado de la medición es:

$$A_i = \bar{A}_i \pm U_p \quad (35)$$

El número de cifras significativas en la expresión de la incertidumbre es generalmente uno, o dos cuando la exactitud es alta (si la primera cifra significativa es uno o dos, cabe la posibilidad de usar un dígito más para evitar la pérdida de información). Además debe asegurarse que el número de cifras significativas del valor del mensurando sea consistente con el de la incertidumbre.

3.1.2.10 Límites de tolerancia

Con base en el cálculo de incertidumbre y su ubicación dentro del intervalo tolerado por colorímetros, espectrofotómetros, pH metros, y medidores de conductividad, se pueden presentar los siguientes casos:

- Dentro de especificaciones, si $|A_i - A_r| < |T| - |U_e|$ (36)

- Fuera de especificaciones, si $|A_i - A_r| > |T| + |U_e|$ (37)

- Indeterminación si $|T| - |U_e| < |A_i - A_r| < |T| + |U_e|$ (38)

Donde:

T: Tolerancia

A_i : Lectura del equipo bajo prueba

A_r : Lectura del patrón de trabajo

U_e : Incertidumbre expandida.

3.2 Selección de patrones

La selección de los patrones está fundamentado en las normas NTC-ISO/IEC 17025, NTC-ISO 10012, y NTC-ISO 4056, en los capítulos concernientes a la trazabilidad de patrones de referencia.

Con base en la normatividad y en los requerimientos de CEIINC se acordaron los siguientes criterios para la selección de patrones:

1. Relación entre incertidumbre del patrón y tolerancia del equipo a calibrar.

La norma NTC-4056, menciona que la incertidumbre ligada al resultado de la medición debe ser suficientemente pequeña en relación con el alcance del error tolerado, y que a menudo es práctica una relación entre esos dos valores comprendida entre 1/10 y 1/4, a demás que en casos de mediciones difíciles,

se puede admitir 1/2 como límite máximo. [6] lo anterior indica que para tener una incertidumbre de calibración menor al intervalo tolerado, se deben tener patrones de calibración con incertidumbres menores que la tolerancia del equipo a calibrar. Puede usarse la ecuación 36, 37 y 38 para analizar los casos: cuando un instrumento esta dentro de tolerancia, fuera de tolerancia y en un estado indeterminado.

2. Recomendación por parte del fabricante de instrumentos.

La compañía HACH a demás de fabricar instrumentos, fabrica patrones con trazabilidad NIST para comprobación de sus equipos. Por lo tanto este criterio debería cumplir con el primero, y ser de mayor prioridad en la selección de patrones.

3. Disponibilidad en el mercado y tiempo de entrega.

Este criterio hace referencia a que el patrón pueda adquirirse rápidamente sin retardos por tiempo de fabricación o despacho.

4. Costo.

Los patrones a seleccionar deben cumplir con el presupuesto asignado.

Se considera el primer criterio como el principal para la selección de patrones pues está fundamentada en la normatividad, pero finalmente la selección se hizo con base en los criterios segundo, tercero y cuarto, por recomendación de la fábrica de instrumentos (HACH) y por ser la opción más económica.

3.2.1 Patrones para colorímetros.

En la empresa CEIINC se manejan principalmente dos modelos de colorímetros estos son la serie DR/800 y la serie Pocket II de la marca HACH. La serie DR/800 tiene software especializado para comprobar el funcionamiento del sistema óptico, para este propósito el fabricante ha elaborado un conjunto de patrones de Absorbancia con el cual periódicamente se puede evaluar el comportamiento del equipo. En la figura 11 y 12 se muestra el certificado de los patrones de absorbancia y su trazabilidad. (DR/Check ABS Standards Catálogo: 27639)



CERTIFICATE OF ANALYSIS

WL nm	Std No. 1 ABS Lot 15	Std No. 2 ABS Lot 15	Std No. 3 ABS Lot 15
420	0.629 ± 0.050	1.222 ± 0.100	1.807 ± 0.150
520	0.632 ± 0.050	1.230 ± 0.100	1.818 ± 0.150
560	0.626 ± 0.050	1.203 ± 0.100	1.771 ± 0.150
610	0.631 ± 0.050	1.227 ± 0.100	1.791 ± 0.150

- Certified at 25°C -

SIGNED: *Patrick J. Holman*

for and on behalf of the Hach Company
 NOTE: This certificate may be removed and affixed to a laboratory notebook or other quality record. AR1005B
 Kit Lot Number 8330 Expiry Date: Mar 2010

27639-87A

Figura 11. Certificado DR/Check absorbancia.

Fuente: HACH COMPANY. Certificate of Analysis Absorbance Standard. Cat. 27639-87. Lot # 8330.

HACH COMPANY



P.O. Box 907
 100 Dayton Avenue
 Ames, Iowa 50010 U.S.A.
 Phone (515) 232-2533
 Fax (515) 232-1276

3/5/09

Dear Valued Customer,

This letter is to inform you that the products that you ordered are traceable to NIST standards.

Item Number:	Item Description:	Traced to SRM#:	SRM Description:
27639-00	DR/CHECK ABSORBANCE STANDARD KIT	930	Glass Filters

The standards used in the quality control of each item listed above were made directly from or traced to these Standard Reference Materials. Certificates of Analysis are available on request.

Thank you for your business. If you have any questions please call me at 1-800-422-4929 ext. 3196.

Sincerely,
 HACH Co.

Paul Kleinwolterink
 Analytical Services Chemist

Figura 12. Trazabilidad NIST para DR/Check.

Fuente: HACH COMPANY. Carta de Trazabilidad. Certificate of Analysis Absorbance Standard. Cat. 27639-87. Lot # 8330.

Para la serie de colorímetros Pochet II, y toda la gama de espectrofotómetros, HACH ha elaborado estándares para comprobar cada uno de los parámetros disponibles. Uno de los parámetros más importantes en análisis de aguas y también para los clientes de CEIINC, es el cloro. En la figura 13 se puede observar el certificado de este patrón. (DPD-Chlorine LR Spec Check Catálogo: 26353-00)


Hach Company 100 Dayton Ave. Ames, Iowa 50010				
Certificate of Analysis				
Product : DPD-Chlorine LR Spec Check Secondary Standards Kit				
Product Number: 26353-00		Lot Number: A7050		Expiration Date: Feb 2009
Instrument (PRGM)	Blank Lot 72	STD 1 (mg/l.) Lot 1	STD 2 (mg/L) Lot 1	STD 3 (mg/l.) Lot 1
DR/5000 (80)	0	<u>0.21</u> +/- 0.09	<u>0.86</u> +/- 0.10	<u>1.56</u> +/- 0.14
DR/5000 (85)	0	<u>0.23</u> +/- 0.09	<u>0.94</u> +/- 0.10	<u>1.71</u> +/- 0.14
DR/4000 (1450)	0	<u>0.20</u> +/- 0.09	<u>0.83</u> +/- 0.10	<u>1.51</u> +/- 0.14
DR/4000 (1460)	0	<u>0.21</u> +/- 0.09	<u>0.89</u> +/- 0.10	<u>1.62</u> +/- 0.14
DR/3000 (8)	0	<u>0.20</u> +/- 0.09	<u>0.83</u> +/- 0.10	<u>1.51</u> +/- 0.14
DR/2800 (80)	0	<u>0.20</u> +/- 0.09	<u>0.83</u> +/- 0.10	<u>1.51</u> +/- 0.14
DR/2800 (85)	0	<u>0.22</u> +/- 0.09	<u>0.91</u> +/- 0.10	<u>1.66</u> +/- 0.14
DR/2000 (80)	0	<u>0.21</u> +/- 0.09	<u>0.88</u> +/- 0.10	<u>1.60</u> +/- 0.14
DR/2000 (85)	0	<u>0.22</u> +/- 0.09	<u>0.93</u> +/- 0.10	<u>1.69</u> +/- 0.14
DR/2010 (80)	0	<u>0.21</u> +/- 0.09	<u>0.88</u> +/- 0.10	<u>1.60</u> +/- 0.14
DR/2010 (85)	0	<u>0.22</u> +/- 0.09	<u>0.93</u> +/- 0.10	<u>1.69</u> +/- 0.14
DR/2500 (80)	0	<u>0.22</u> +/- 0.09	<u>0.90</u> +/- 0.10	<u>1.63</u> +/- 0.14
DR/2500 (85)	0	<u>0.22</u> +/- 0.09	<u>0.90</u> +/- 0.10	<u>1.63</u> +/- 0.14

Figura 13. Certificado de cloro.

Fuente: HACH COMPANY. Certificate of Analysis DPD-Chlorine LR Spec Check. Cat. 26353-00. Lot #9014.

3.2.2 Patrones para espectrofotómetros


La empresa CEIINC, presta el servicio de mantenimiento y calibración de toda la gama de espectrofotómetros.

Los espectrofotómetros DR 2000 y DR2010 utilizan los filtros: 442nm (F03-441.6-4-1.00), 633nm (F1.5-632.8-4-1.00), 810nm (F03-810.0-4-1.00), de CVILaser, para ajuste y comprobación de la escala de longitud de onda.

En los espectrofotómetros DR2400 y DR2500 se utiliza una lámpara lápiz de mercurio y una de argón para ajuste y comprobación de la escala longitud de onda.

El set de filtros CVILaser CFS-UVV-1.00, está caracterizado para comprobar la escala de longitud de onda con el filtro de Oxido de Holmio, y escala fotométrica con los filtros 0.1 O.D, 0.5 O.D, 1.0 O.D, las longitudes de onda características están en el rango ultravioleta - visible. Este set de filtros por sus características de tolerancia y rango, tiene la función única de comprobación en toda la gama de espectrofotómetros.

En las figuras 14 y 15 se muestran los certificados para filtros CVILaser mencionados.



200 Dorado Place SE
PO Box 11308
Albuquerque, NM 87192
TEL: (505) 296-9541
FAX: (505) 998-5997

CALIBRATION CERTIFICATE

Filter Set Part Number CFS-UVV- 1.00

Filter Identification	Calibration Wavelength (nm)								
	250	280	340	360	400	465	500	546.1	635
	Transmittance (%)								
0.1 O.D.	71.10	73.57	76.61	77.35	78.29	79.24	79.68	80.16	81.05
0.5 O.D.	40.94	40.75	38.56	37.67	35.95	33.96	33.29	32.73	32.27
1 O.D.	6.46	7.00	7.15	7.16	7.23	7.62	7.92	8.36	9.16

CVI's Spectrophotometers have been calibrated by:
NIST SRM-G1, SN:2916 NIST SRM-G3, SN:2590
NIST SRM-G2, SN:2828 NIST SRM-H, SN:2989
This calibration is valid for one year.

Tolerance for Transmission is +/- 0.07nm for the Lambda Spectrophotometer
Tolerance for Wavelength is +/- 0.10nm for the Lambda Spectrophotometer

LOT - 473754

Certified by: **CHI HUYNH**

Date of certification: **3/16/2009**

Figura 14. Certificado de filtros para escala fotométrica CVILASER.

Fuente: CVI Melles Griot. Calibration Certificate. Filter Set Part Number CFS-UVV- 1.00. Lot – 473754.

CALIBRATION CERTIFICATE

Holmium Oxide Filter

Calibration Wavelength (nm)										
279.3	287.5	333.8	360.8	385.8	418.5	445.4	453.4	459.4	536.4	637.5
Transmittance (%)										
13.73	27.22	72.16	22.92	79.47	62.96	1.13	17.91	16.74	50.87	69.38

CVI's Spectrophotometers have been calibrated by:
 NIST SRM-G1, SN:2916 NIST SRM-G3, SN:2590
 NIST SRM-G2, SN:2828 NIST SRM-H, SN:2989
 This calibration is valid for one year.

Tolerance for Transmission is +/- 0.07nm for the Lambda Spectrophotometer
 Tolerance for Wavelength is +/- 0.10nm for the Lambda Spectrophotometer

LOT - 473754

Certified by: CHI HUYNH

Date of certification: 3/16/2009

Figura 15. Certificado de filtros para escala longitud de onda CVILASER.
 Fuente: CVI Melles Griot. Calibration Certificate. Filter Set Part Number CFS-UVV- 1.00. Lot – 473754.

Los modelos DR2700, DR2800, DR4000, DR5000, utilizan el set de filtros LZV537 (BG20/2 HO Filter, NG11/2 Neutral Density Filter, NG5/2 Neutral Density Filter, NG9/1 Neutral Density Filter, KV450 Stray Light Filter) para comprobación y ajuste del sistema óptico. En la figura 16 se puede ver su certificado.

Quality Control Certificate for Test Filter Set LZV 537

Qualitätsprüfzertifikat zum Prüffiltersatz LZV 537

Certificat de contrôle de qualité pour le jeu de filtres d'essai LZV 537

Test filter set number: 0410

Prüffiltersatz-Nr.:

Jeu de filtres d'essai no.:

Valid until: Feb 28th 2011

Gültig bis:

Validité:

Test :	Filter Filter Filtres	Wavelength Wellenlänge Longueur d'onde	Nominal value Sollwert Valeurs nominales	Tolerance Toleranz Tolérance
Straylight Streulicht, Diffraction	KV450/3	340 nm	>2,6 Abs.	
Photometrical accuracy Photometrische Richtigkeit Exactitude photométrique	NG9/1	546 nm	1,457 Abs.	+/- 3%
	NG5/2	546 nm	0,593 Abs.	+/- 3%
	NG11/2	546 nm	0,299 Abs.	+/- 3%
Wavelength accuracy Wellenlängengenauigkeit Précision de la longueur	Ho	359 - 363 nm	360,9 nm	+/- 1,5 nm (DR5000) +/- 2 nm (DR3800) +/- 2 nm (DR2800)
	BQ20/2	805 - 809 nm	807,0 nm	+/- 1,5 nm (DR5000) +/- 2 nm (DR3800) +/- 2 nm (DR2800)

Average instrument:

Mittengerät, Appareil témoin moyen

DR 5000 Typ LPG408 - Serial-No1129208

Master test filter set:

Masterprüffiltersatz, Jeu de filtres d'essai maître

BAM-Certificate V007 VIII.1E2044, 2008-11-28

NIST-SRM930D Set 1140, 2008-03-11

Figura 16. Certificado set de filtros HACH.

Fuente: HACH COMPANY. Quality Control Certificate for Test Filter Set LZV 537. Test filter set number 0410.

3.2.3 Patrones para turbidez.

CEIINC, trabaja con los turbidímetros HACH modelo 2100P, 2100N, y 2100AN, el modelo 2100P es un equipo portátil rango 0 a 1000 NTU y tamaño de celda para muestra más pequeña que para los modelos 2100N y 2100AN, estos últimos tienen el mismo tamaño de celda grande y son equipos de mesa no portátiles, su diferencia principalmente es el rango de operación 2100N de 0 a 4000 NTU, y 2100AN de 0 a 10000 NTU.

El set patrón para el 2100P, contiene patrones con valores nominales 0,1NTU, 20NTU, 100NTU, 800NTU.

El set patrón para el 2100N y 2100AN, contiene patrones con valores nominales 0,1NTU, 20NTU, 200NTU, 1000NTU, 4000NTU, 7500NTU.

En la figura 17 se observa el certificado para el patrón de 20 NTU.

HACH COMPANY



P.O.Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

An ISO 9001 Certified Company

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: **StablCal® Standard, 20 NTU**
COMMODITY NUMBER: **26601-49** MANUFACTURE DATE: DATE OF ANALYSIS:
LOT NUMBER: **A9114** 4/24/2009 5/5/2009

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Turbidity	19.7 to 20.5 NTU	19.97 NTU

The expiration date is Apr 2011

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Figura 17. Certificado patrón de turbiedad valor nominal 20NTU.

Fuente: HACH COMPANY. Certificate of Analysis. Cat. 26601-49. Lot # A9114.


Los patrones de formazina no tienen trazabilidad NIST, pero son aprobados por la EPA para que sean empleados en el método 8195 de HACH.

3.2.4 Patrones para pH.

CEIINC, suministra la serie de equipos SENSION XX Y HQdXX, junto con una variada gama de sensores de pH. La fábrica HACH, ha elaborado soluciones buffer con valores 4,01, 7,00, y 10,01, para calibración y comprobación de estos equipos y sus sensores.

(Buffer 4,01pH, catálogo: 2283449, Buffer 7,00pH, catálogo: 2283549, Buffer 10,01pH, catálogo: 2283649). En la figura 18 se observa el certificado para la solución de pH 4.01.

HACH COMPANY



P.O.Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

An ISO 9001 Certified Company

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: Buffer Solution pH 4.01 , 0.02
 COMMODITY NUMBER: 22834-49 MANUFACTURE DATE: DATE OF ANALYSIS:
 LOT NUMBER: A7306 11/1/2007 11/1/2007

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
pH of the solution	3.985 to 4.025	4.0160

The expiration date is Nov 2011

The item 2283449 is traceable to NIST standards SRM 185h Potassium Hydrogen Phthalate LOT N/A.
 This product is NIST traceable to SRM 185g (Potassium Hydrogen Phthalate)

Figura 18. Certificado de solución buffer para 4.01pH y trazabilidad.

Fuente: HACH COMPANY. Certificate of Analysis. Cat. 22834-49. Lot # A7306.

3.2.5 Patrones para conductividad.

La serie de equipos portátiles SENSION XX Y HQdXX, también tienen la posibilidad de medir la variable conductividad en soluciones. HACH, elabora los patrones para la calibración y comprobación de este parámetro en todo su rango.

La descripción de estos patrones se da a continuación: (Catálogo: 2307442 ; 10.246mg/L NaCl, 18.000 uS/cm, 100mL), (Catálogo: 2307542 ; 85.47mg/L NaCl, 180 uS/cm, 100mL), (Catálogo: 1440042 ; 491mg/L NaCl, 1000 uS/cm, 100mL). En la figura 19 se observa el certificado de calibración para el patrón de conductividad de 1000 uS/cm.

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

P.O.Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: Sodium Chloride Standard Solution, 491 , 2.5 mg/l
COMMODITY NUMBER: 14400-42 MANUFACTURE DATE: DATE OF ANALYSIS:
LOT NUMBER: A7313 11/8/2007 11/9/2007

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Conductivity at 25 C	990 to 1010 micro	1002.0 micro

The expiration date is Nov 2012

The item 1440042 is traceable to NIST standards SRM 2201 Sodium Chloride
LOT N/A.

This product is NIST traceable to SRM 2201 (Sodium Chloride).

Figura 19. Certificado patrón de conductividad 1000 uS/cm.

Fuente: HACH COMPANY. Certificate of Analysis. Cat. 14400-42. Lot # A7313.

3.3 Procedimientos administrativos para mantenimiento en CEIINC LTDA.

En esta sección se presenta el procedimiento administrativo que se desarrolla en CEIINC LTDA para el control de operaciones en Mantenimiento.

Los procedimientos administrativos de mantenimiento se elaboran como requisito normativo para realizar confirmación metrológica en los instrumentos de laboratorio y como base para desarrollar un sistema de gestión de calidad total en las mediciones.

La figura 20 muestra el Organigrama Administrativo de CEIINC. Este organigrama permite ver el contexto de aplicación de la Guía de Mantenimiento y calibración Instrumental, objetivo de este trabajo.

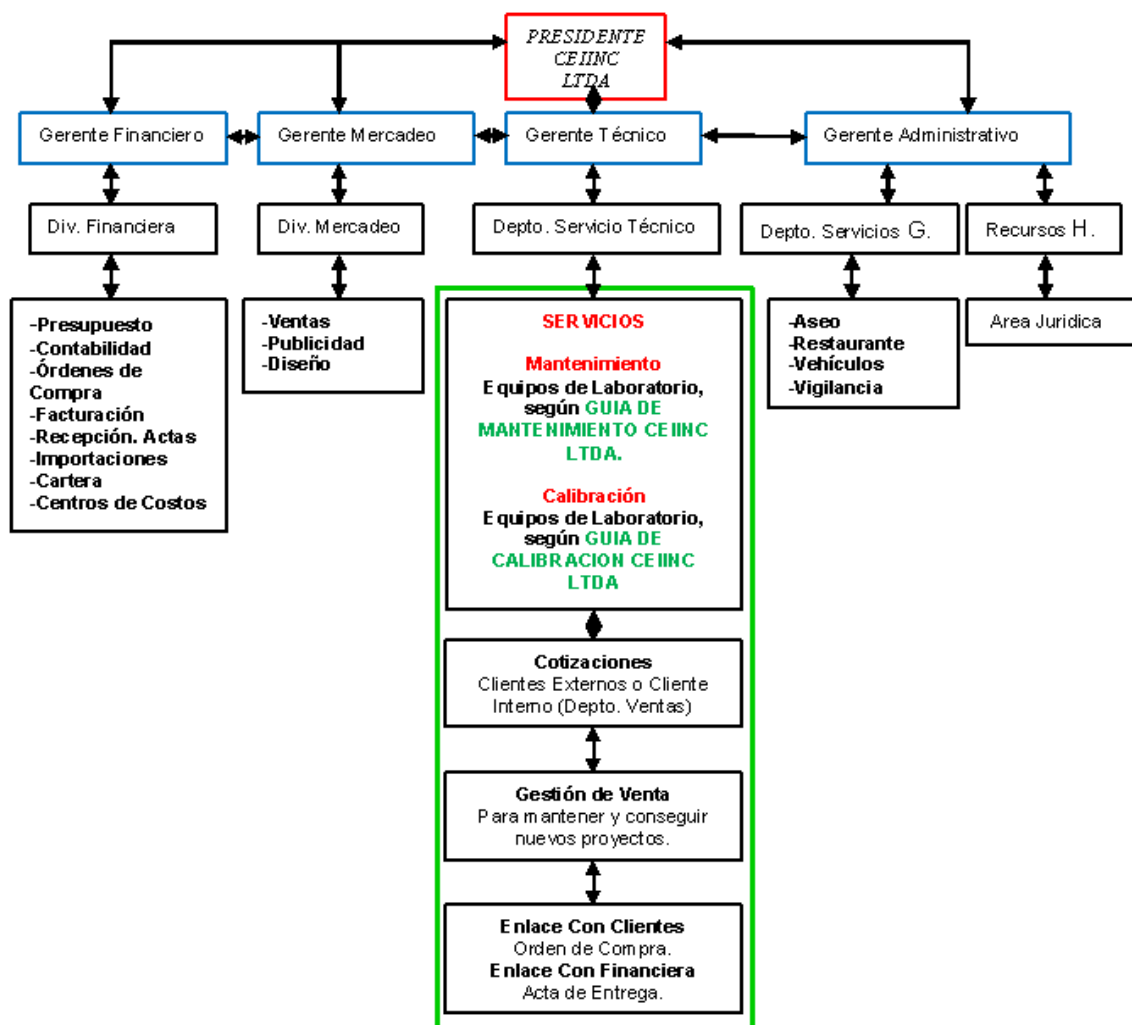


Figura 20. Organigrama administrativo CEIINC LTDA.

3.3.1 Procedimiento de mantenimiento

1. Programación

La programación se fundamenta en el orden de realización de las actividades de mantenimiento según los modelos planteados y tomando en cuenta la periodicidad; se basa en el orden en que se deben realizar los mantenimientos según su urgencia, disponibilidad del equipo de mantenimiento y del material necesario. [18]

La programación debe realizarse con base en proyectos en ejecución, proyectos pendientes por salir y servicios no planeados.

2. Administración de repuestos y materiales

Se debe tomar en cuenta varios aspectos para una administración efectiva de repuestos y materiales:

- **Repuestos.**

En los repuestos a ser almacenados hay que considerar la vida útil del repuesto y el alto costo.

- **Materiales.**

Se consideran consumibles y partes de uso general.

Para una gestión efectiva se considera un buen control de inventarios y una actualización continua. Además del almacenamiento de los mismos que debe ser en un lugar de fácil acceso, con una buena distribución y centralizado con el fin de movilizar en el menor tiempo posible en caso de mantenimientos emergentes; conviene tener en cuenta el beneficio y el valor potencial del repuesto para no asumir riesgos ni un inútil almacenamiento.

También se debe tomar en cuenta los presupuestos y las asignaciones requeridas para la obtención y almacenamiento de estos recursos para que el mantenimiento sea efectivo. En este punto se deben calcular, elaborar y controlar los presupuestos. [18]

3. Documentación – Información

La información de cada uno de los equipos que llegan a CEIINC LTDA. Deben estar estrictamente detalladas; cada uno de los elementos debe tomar en cuenta los aspectos siguientes:

- Documento de registro básico y fundamental que contiene la siguiente información:
 - Numero de orden de compra
 - Fechas de inicio y terminación de servicio.
 - Datos detallados del cliente, Datos funcionario responsable en CEIINC
 - Datos específicos del equipo (tipo, serie, marca), código de ubicación.
 - Estado del equipo (inicial, actual, final), que permita conocer rápidamente en que paso del proceso de mantenimiento se encuentra el equipo.
- Ficha historial de cada equipo.

Que contenga la información de la intervención de mantenimiento y sus elementos ordenados cronológicamente.

- Copia de Orden de trabajo.

Que contenga la descripción del trabajo a realizar, recursos, aprobaciones y tiempo programado para la ejecución como mínimo.

- Información técnica.

Detalles técnicos del equipo, manual de servicio, manual de operación, procedimiento de mantenimiento (inspección, visual, electrónica, limpieza, ajuste y pruebas de medida).

4. Reportes

Son documentos que informan el desempeño de los equipos dentro de la industria y el modelo de mantenimiento que se le aplica, es decir un informe que se presenta al término del servicio según el cronograma de actividades, permite evaluar y analizar las posibles averías, predecir y controlar periódicamente el comportamiento del instrumento (Ver formatos para informes de mantenimiento en la Guía para mantenimiento CEIINC LTDA).

5. Preparación

Preparar en mantenimiento es asegurar la calidad de trabajo en el área que se aplica el mantenimiento y por ende incide en la confiabilidad de la industria.

La preparación del mantenimiento es un plan en donde se detalla el trabajo a realizar, se verifica órdenes de trabajo, herramientas, búsqueda de información y preparación del recurso humano que intervendrá en el mantenimiento.

El supervisor de mantenimiento juega un papel importante ya que el verificara con anticipación todos los recursos para el desempeño efectivo de la aplicación del mantenimiento; el mismo buscará al personal idóneo y calificado para el mantenimiento e incluirá en la preparación.

La preparación que se realiza será satisfactoria en la ejecución del mantenimiento; el trabajo en equipo organizado que se llevará acabo son factores motivantes que inciden en la producción. [18]

6. Ejecución del Mantenimiento.

El mantenimiento se debe ejecutar según la programación desarrollada inicialmente y debe ser evaluada por el supervisor mediante la columna estado en la tabla de programación de mantenimiento.

7. Acta de entrega final.

Se elabora un acta en la cual se detalla el estado inicial de los equipos y el estado final, especificando las condiciones en las cuales se entregan los instrumentos. Esta acta será firmada por el cliente y por el funcionario de CEIINC responsable del servicio. El acta se entregará a la división financiera de CEIINC para facturación. En la figura 21 se muestra un ejemplo de acta.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

ACTA DE ENTREGA

Acta No. : Elija un elemento. ORDEN DE COMPRA: Elija un elemento.
elemento.

Página 1 de 2

FECHA DE INICIO:	<u>Elija un elemento.</u>	FECHA DE TERMINACION:	<u>Elija un elemento.</u>
COMPANIA:	<u>Elija un elemento.</u>	RESPONSABLE:	<u>Elija un elemento.</u>
TELEFONO:	<u>Elija un elemento.</u>	CORREO:	<u>Elija un elemento.</u>

En las oficinas de: CEIINC LTDA, Subgerencia Técnica, se reunieron por una parte el señor: Carlos Arce, en representación de: Propal S.A, con cedula de ciudadanía No. Xxxxx y por la otra el señor: Fabian Cortes, en representación de CEIINC LTDA con cedula de ciudadanía No.xxxxx, para hacer la entrega de los equipos estipulados en la orden de compra No.xxxxxx, y a satisfacción de PROPAL S.A. de acuerdo con la guía de mantenimiento y calibración CEIINC LTDA, anexa a esta acta.

Para constancia se firma por las personas que aquí intervinieron.

Por CEIINC LTDA

Por PROPAL S.A

ENTREGA:

RECIBE:

Sr: Fabián Cortes

Sr: Carlos Arce

Figura 21. Acta de entrega equipos.

3.4 Procedimientos para mantenimiento instrumental de laboratorio CEIINC LTDA.

3.4.1 Mantenimiento colorímetros serie DR890 y Pocket II HACH.

En general las dos series de colorímetros HACH constan de una carcasa de dos tapas, compartimiento para baterías, cubierta transparente para proteger la pantalla LCD, y una tarjeta electrónica, la cual contiene la etapa de pre amplificación y acondicionamiento de señales ópticas, procesamiento e indicación de la medida. La serie DR890 y Pocket se diferencian en su capacidad de medir un solo parámetro (Pocket II) o varios parámetros (DR890),

la serie Pocket II en su sistema óptico consta en forma general de un Led un filtro, un lente y un fototransistor. La serie DR890 consta de tres leds, un espejo cuatro filtros y cinco foto detectores.

1. Herramientas para mantenimiento y estándares para ajuste.

Desarmador Tork, Multímetro, Paño suave, papel para lentes, limpiador electrónico, brocha o cepillo. DR/Check ABS Standards Catálogo: 27639. DPD-Chlorine LR Spec Check Catálogo: 26353-00. U otros Spec Check. Ácido HCL 2 N. Solución para limpiar vidrios.

2. Revisión y prueba inicial.

2.1 Verificar encendido y apagado del equipo.

2.2 Verificar estado de las fuentes de energía (baterías).

2.3 Inspección visual estado de carcasas y accesorios, anotar en reporte.

3 Pruebas de medida para evaluar el estado en el cual se recibe el equipo.

3.1 Procedimiento para DR890.

3.1.1 Con el equipo encendido, Presione PRGM, digite 42 (420nm), presione ENTER.

3.1.2 Ingresar Estándar blanco y presionar cero.

3.1.3 Ingresar el primer estándar de absorbancia (STD 1), presionar READ.

3.1.4 Realizar 3 lecturas de cada estándar.

3.1.5 Repetir los pasos anteriores para cada longitud de onda (520nm, 560nm, 610nm. Programas 52, 56, y 61 respectivamente), ingresar para cada longitud los tres estándares de absorbancia.

3.1.6 Calcular el promedio de tres lecturas en cada una de las longitudes de onda. Teniendo en cuenta las especificaciones del equipo (Exactitud fotométrica $\pm 0,005A @ 1,0$ ABS Nominal) evaluar su estado.

3.1.7 Consignar esta información en el informe de mantenimiento, estado inicial.

3.2 Procedimiento para Pocket II de Cloro.

3.2.1 Con el equipo encendido, Introduzca el estándar blanco y presione la tecla azul (Zero).

3.2.2 Ingresar el primer estándar, y presionar la tecla verde (Read).

3.2.3 Realizar 3 lecturas de cada estándar.

3.2.4 Repetir los pasos anteriores para cada estándar.

3.2.5 Calcular el promedio de tres lecturas en cada estándar y según las especificaciones evaluar el estado del equipo.

3.2.6 Consignar esta información en el informe de mantenimiento estado inicial.

4 Precauciones para desarmar el instrumento.

4.1 Antes de desarmar el instrumento para evitar daños por descargas estáticas, se debe apagar el equipo, permitir unos minutos para que se enfríe, y conectar una manilla a tierra. Esto en caso de realizar limpieza de la tarjeta electrónica. Para prueba de dispositivos solo utilizar manilla a tierra.

4.2 Revisar esquemas en el manual de servicio, marcar todas las partes, elaborar un diagrama de considerarlo necesario para facilitar el correcto ensamble del equipo, utilizar las herramientas adecuadas y no forzar las partes a desarmar. Tener en cuenta la posición y ubicación de los filtros y demás elementos en el sistema óptico.

5 Mantenimiento sistema electrónico.

Desmontar cuidadosamente la tarjeta principal. Limpiar la superficie de la placa con una brocha suavemente con el fin de no levantar pistas o desprender dispositivos, aplicar limpiador electrónico para remover polvo y suciedad en lugares difíciles. Aplicar este procedimiento a todos los contactos eléctricos. Revise con el Multímetro en la función de Diodos el estado de los leds emisores de luz.

6. Mantenimiento sistema óptico.

6.1 Etiquetar la ubicación de componentes en el sistema óptico, como: Filtros, espejo, foto detectores.

6.2 Desarmar cuidadosamente las partes, utilizando Solución para vidrios limpiar filtros, espejos y foto detectores, finalice la limpieza frotando la superficie con papel para lentes. Revise el estado de filtros, si presentan decoloración o grietas deben ser cambiados.

7 Mantenimiento Celdas de muestra.

La cubeta debe ser rigurosamente limpiada para tener medidas exactas. Siga estas recomendaciones.

7.1 Siempre sostenga la celda por la parte superior, no por la pared óptica. Limpie las celdas de muestra con detergente, lave varias veces con agua tratada, y luego lave con agua des ionizada. Algunas celdas requieren de lavado ácido u otro tipo de lavado en este caso puede lavar con ácido clorhídrico (HCL) a 0.2 N, luego use detergente y nuevamente lave con agua des ionizada. Aplique el tratamiento hasta limpiar completamente la superficie. Limpie adecuadamente todas las superficies que debe atravesar el haz de luz en la porta celda, en caso de presentar demasiadas ralladuras se deben cambiar.

8 Armado del instrumento.

Verifique que los encerramientos mecánicos estén montados firmemente.

Comprobar el ajuste y condición de carcasas y tornillos.

Asegure que todos los accesorios están limpios e intactos, Asegure la conexión eléctrica no tenga grietas o rupturas. Pruebe que las uniones estén correctas. Compruebe que los cables de los dispositivos y terminales estén libres de polvo, suciedad o corrosión, Compruebe que los cables no muestran signos de empalme o agotamiento. En caso de presentar mal estado uno de los cables o componentes se deben cambiar para garantizar la integridad y buen funcionamiento del equipo.

9 Ajuste y comprobación del sistema óptico.

Se utilizan estándares para comprobar el estado de filtros, espejos, leds emisores de luz, y foto detectores en las respectivas longitudes de onda. Se realizan 10 medidas con cada estándar, se procede con el tratamiento estadístico para obtener el resultado que permite determinar el estado en el que se encuentra el instrumento. Es decir si las lecturas que entrega el instrumento están dentro de especificaciones de fábrica.

10 Elaboración informe de mantenimiento.

En este informe se especifica la información sobre cliente, equipo, partes del instrumento a las que se hizo mantenimiento, acción realizadas sobre el equipo, además se establece el estado de las partes, recomendaciones de cambio, se da el resultado de las pruebas de medida estableciendo si se encuentra dentro de las especificaciones, o se debe efectuar alguna acción

correctiva. Las figuras 22 y 23 muestran el formato para los informes de mantenimiento de colorímetros.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

INGENIERIA - INSTALACIÓN - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Fecha de Mnto: Febrero 25 de 2009
 Empresa: RECAMIER
 Responsable: Adriana Castillo
 E-mail/Teléfono: 4180808 ext. 5604
 Dependencia: Laboratorio PTAR

Numero de Registro:
0189/2009

Instrumento

Tipo	Marca	Modelo	Numero Serial
Colorímetro	Hach	DR890	070790C64495

Procedimiento de Servicio

Sistema Electrónico y software.

Descripción	Acción	Pasa
Tarjeta de conversión y procesamiento.	Revisión, Limpieza	Si
Software.	Verificación de Funciones.	Si

Sistema Óptico

Descripción	Acción	Pasa
Diodos emisores de luz.	Prueba y Limpieza.	Si
Set de Filtros.	Revisión y Limpieza.	Si
Foto Detectores.	Revisión y Limpieza	Si
Espejo.	Revisión y Limpieza	Si

Fuentes de Energía

Descripción	Acción	Pasa
Baterías.	Prueba.	Si

Otros Componentes

Descripción	Acción	Pasa
Teclado.	Revisión y limpieza.	Si
Display.	Revisión y limpieza.	Si
Carcasa.	Revisión y limpieza.	Si
Compartimiento de muestra.	Revisión y Limpieza.	Si
Compartimiento de Baterías.	Revisión y limpieza.	Si

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
 PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 22. Informe de mantenimiento colorímetros (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL
INGENIERIA - INSTALACIÓN - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Pruebas de medida.

Prueba de Exactitud.

λ [nm]	Patrón 1 [Abs]	Lectura [Abs]	Error [Abs]
420	0,69±0,050		
520	0,632±0,050		
560	0,626±0,050		
610	0,631±0,050		
λ [nm]	Patrón 2 [Abs]	Lectura [Abs]	Error [Abs]
420	1,222±0,100		
520	1,23±0,100		
560	1,203±0,100		
610	1,227±0,100		
λ [nm]	Patrón 3 [Abs]	Lectura [Abs]	Error [Abs]
420	1,807±0,150		
520	1,818±0,150		
560	1,771±0,150		
610	1,791±0,150		

Tabla 1. Prueba de Exactitud con DR/Chek.

Observaciones:

Mantenimiento Realizado por: _____

Firma: _____

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 23. Informe de mantenimiento colorímetros (página 2)

11 Recomendaciones de operación.

Pruebe la ubicación de instalación para asegurar la infraestructura eléctrica y física. Verifique que el instrumento esta en un lugar libre de vibraciones y que no incida directamente la luz solar sobre este. Pruebe que no hay excesiva humedad, polvo o alta temperatura. Asegure que no hay fuentes de humo, gas o emisiones corrosivas cercanas.

3.4.2 Mantenimiento espectrofotómetros.

En general los espectrofotómetros HACH están conformados por un sistema electrónico, y un sistema óptico. Los modelos de espectrofotómetros DR2010 y DR2000 de HACH, en su sistema electrónico tiene dos tarjetas, una tarjeta preamplificadora de señal proveniente del foto detector y una tarjeta de procesamiento principal la cual tiene en su memoria información de todas las curvas para medir los diferentes parámetros, el sistema óptico está compuesto por una fuente de luz de tungsteno, monocromador de prisma y diferentes espejos. Además tienen fuente de energía externa y batería recargable.

Los espectrofotómetros de gama alta DR2400, DR2500, DR2700, DR2800, DR5000, tienen dividido el sistema electrónico básicamente en tres partes etapa de potencia, etapa de acondicionamiento de señales, tarjeta de memoria y procesamiento principal. El sistema óptico para estos equipos está conformado por una fuente de luz de tungsteno para luz visible y en algunos equipos (DR4000, y DR5000) lámpara de deuterio para ultravioleta, estos espectrofotómetros utilizan rejilla de difracción para monocromar el haz de luz, además de lentes y espejos empleados para acondicionar el haz de luz y transmitirlo, estos equipos tienen un set de filtros con el que se ajusta el sistema cada vez que se enciende y comprueba su estado. Estos espectrofotómetros tienen sensores en puntos críticos del sistema óptico y electrónico, para monitorear con el software de servicio incluido en el equipo.

1. Herramientas para mantenimiento y estándares para ajuste.

Desarmador Tork, desarmador de estrella, Multímetro, soplador, Paño suave, limpiador electrónico, brocha o cepillo, papel para limpiar lentes, Solución para limpiar vidrio.

2. Revisión y prueba inicial.

2.1 Verificar encendido y apagado.

2.2 Comprobar que el instrumento pasa el auto comprobación inicial.

La función de verificación, hace pruebas en el sistema electrónico, memorias, estado de lámparas, ejecuta una calibración de escala de longitud de onda, y prueba si el ajuste con el set interno de filtros está bien, prueba los voltajes en puntos principales.

2.3 Verificar estado de las fuentes de energía adaptadores de voltaje y baterías (Revisar especificaciones para cada equipo).

2.4 Inspección visual estado de carcasas y accesorios, anotar en reporte.

2.5 Pruebas de medida para evaluar el estado en el cual se recibe el equipo. Este procedimiento aplica para todos los espectrofotómetros es una prueba general de la escala fotométrica.

2.5.1 Encienda el instrumento permita que este encendido por mínimo diez minutos antes de probar, para garantizar estabilidad en el sistema.

2.5.2 Configure el instrumento en el modo de absorbancia.

2.5.3 Seleccione la longitud de onda 546 nm.

2.5.4 Presione Zero.

2.5.5 Inserte el filtro de NG9/1, cierre la cubierta y pulse leer. Anote la lectura.

2.5.6 Inserte el filtro de NG5/2, cierre la cubierta y pulse leer. Anote la lectura.

2.5.7 Inserte el filtro de NG11/2, cierre la cubierta y pulse leer. Anote la lectura. Presione Exit para salir a menú principal.

Para comprobar rápidamente la escala de longitud de onda se usa el filtro BG20/2, o el filtro de Oxido de Holmio (Ho), si el espectrofotómetro es de escala manual, se gira la perilla hasta máxima longitud de onda, se pulsa Zero, introduce el filtro y procede a bajar lentamente la perilla, hasta el máximo punto de transmitancia el cual proporciona el pico de longitud de onda. En los espectros de comprobación automática se hace un barrido de transmitancia versus longitud de onda e igualmente el punto de mayor transmitancia es el pico en longitud de onda.

Estos resultados se consignan en el reporte de mantenimiento, estado inicial.

3. Precauciones para desarmar el instrumento.

3.1 Antes de desarmar el instrumento para evitar daños por descargas estáticas, se debe apagar el equipo y permitir unos minutos para que enfríe, conectar una manilla a tierra. Esto si el equipo va a ser limpiado.

3.2 Revisar esquemas en el manual de servicio, marcar todas las partes, elaborar un diagrama de considerarlo necesario para facilitar el correcto ensamble del equipo, utilizar las herramientas adecuadas y no forzar las partes

a desarmar. Tener en cuenta la posición y ubicación de filtros, espejos lentes y demás elementos en el sistema óptico.

4. Mantenimiento sistema electrónico.

4.1 desmontar cuidadosamente cada una de las siguientes partes, tarjeta de potencia, tarjeta principal de procesamiento, tarjeta de pre amplificación y acondicionamiento de señal, tarjeta interface para comunicación.

4.2 Soplar las superficies para eliminar polvo y suciedad, limpiar la superficie de las placas con una brocha suavemente con el fin de no levantar pistas o desprender dispositivos, aplicar limpiador electrónico para remover polvo y suciedad en lugares difíciles. Aplicar este procedimiento a todos los puertos y contactos eléctricos.

5. Mantenimiento sistema óptico.

5.1 Etiquetar la ubicación de los componentes en el sistema óptico, como: Filtros, lentes, espejos, y foto detectores.

5.2 desarmar cuidadosamente las partes, limpiar filtros, espejos y foto detectores, con solución para limpiar vidrio y papel para lentes. La rejilla no se debe limpiar con trapos, algodón o papel, solamente puede ser soplada para eliminar polvo, si se frota se daña la superficie.

5.3 Revisar el estado de la superficie filtros, lentes, rejilla de difracción, y foto detectores, si presentan decoloración, manchas, o ralladuras que no puedan ser eliminadas con limpieza debe cambiarse de inmediato la parte defectuosa.

5.4 Inspección de las fuentes de luz; lámpara de tungsteno y deuterio. Se debe revisar el estado del filamento, vidrio y contactos, revisar las horas de operación, en caso de no conformidad se debe cambiar la fuente de luz.

5.5 Pruebe que todos los componentes estén bien alineados y ajustados correctamente.

6. Mantenimiento de pantalla y carcasa.

La pantalla táctil debe limpiarse con líquido especial para limpiar vidrios y no con agua u otras sustancias. Las carcasas deben limpiarse de tal forma que se eliminen todos los residuos, derrames, polvo y humedad sobre la superficie con el fin de prevenir oxidación o deterioro de tarjetas y contactos eléctricos.

7. Mantenimiento Celdas de muestra.

La cubeta debe ser rigurosamente limpiada para tener medidas exactas. Siga estas recomendaciones.

Siempre sostenga la celda por la parte superior, no por la pared óptica, limpie las celdas de muestra con detergente, lave varias veces con agua tratada, y luego lave con agua des ionizada. Algunas celdas requieren de lavado ácido u otro tipo de lavado puede usar ácido clorhídrico (HCL) 2N, o acetona, luego use detergente neutro y nuevamente lave con agua des ionizada.

8. Comprobación del sistema óptico.

Pruebas de medida con filtros. Si todo el mantenimiento preventivo ha transcurrido normalmente el espectrofotómetro no indicara ningún tipo de error, y para asegurar que se encuentre midiendo correctamente se deben realizar pruebas de medida de luz dispersa, exactitud fotométrica y exactitud en longitud de onda, con filtros.

9. Elaboración informe de mantenimiento.

En este informe se especifica datos sobre cliente, equipo, partes del instrumento a las que se hizo mantenimiento, tipo de acción preventiva, además se establece el estado de las partes, recomendaciones de cambio, se da el resultado de las pruebas de medida estableciendo si se encuentra dentro de las especificaciones, o se debe efectuar alguna acción correctiva.

En las figuras 24 y 25 se pueden observar los formatos para el mantenimiento de espectrofotómetros.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL
INGENIERIA - INSTALACIÓN - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Fecha de Mmto: Mayo 27 de 2009
 Empresa: ACUAVIVA S.A
 Responsable: Jaima García Zúñiga
 E-mail/Teléfono: 57 2 2700248 Ext.103
 Dependencia: Lab. Control de Calidad (Planta Barrancas)

Numero de Registro:
0236/2009

Instrumento

Tipo	Marca	Modelo	Numero Serial
Espectrofotómetro	Hach	DR5000	1226682

Procedimiento de Servicio

Sistema Electrónico

Descripción	Acción	Pasa
Switched-Mode power supply units.	Limpieza y revisión.	Si
Motherboard.	Limpieza y revisión.	Si
Peripherals Board.	Limpieza y revisión.	Si
Measurement Cell Board.	Limpieza y revisión.	Si
Display and Inverter Board.	Limpieza y revisión.	Si
Software.	Prueba de funciones.	Si

Sistema Óptico

Descripción	Acción	Pasa
Lámpara de tungsteno VIS.	Prueba.	Si
Lámpara de Deuterio UV.	Prueba.	Si
Filtros y Motor.	Verificación y Limpieza.	Si
Lentes.	Verificación y Limpieza.	Si
Rajilla y Motor.	Verificación y Limpieza.	Si
Espejos.	Verificación y Limpieza.	Si
Detector principal.	Verificación y Limpieza.	Si
Detector de referencia.	Verificación y Limpieza.	Si

Fuentes de Energía

Descripción	Valor estándar	Acción	Pasa
Red eléctrica.	100-120/200-240 Vac, 50/60Hz	Revisión.	Si
Prueba de Tierra.	<5 Ohms	Revisión.	Si

Inspección de Servicio: Estado: Inspección de Servicio: Estado:
 Hardware: Photometer:
 Display: ✓ AD: ✓

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
 PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 24. Informe de mantenimiento espectrofotómetros (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL
INGENIERIA - INSTALACION - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Touch	↘	Filter	↘
Sound	↘	Grating	↘
USB	↘		
Cell Compartment:	Estado:	Options:	Estado:
Barcode	↘	EEPROM	↘
Carousel	↘		

Pruebas de medición.

Especificación de fábrica: Ancho de banda 3nm nominal

Rango espectral: 190nm – 1100nm, Exactitud en longitud de onda ± 1 nm de 200 a 900 nm.

Pruebas de medición con filtro LZV537.

Test filter set number: 0410 / BAN-Certificate V007 VIII. 1E2044, 2008-11-28 NIST-SRM930D set 1140, 2008-03-11

Straylight

filtro	KV450	Lectura
	>2,8	3,5
		3,5
		3,5

1.) Exactitud fotométrica:

Filtro:	NG9/1	1,457	Tolerancia $\pm 3\%$	[1,41 - 1,50]	
Lecturas:	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458
Promedio:	1,458	Error:	0,001	Desviación:	0,000
Filtro:	NG5/2	0,593	Tolerancia $\pm 3\%$	[0,575 - 0,61]	
Lecturas:	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
Promedio:	0,595	Error:	0,002	Desviación:	0,000
Filtro:	NG11/2	0,301	Tolerancia $\pm 3\%$	[0,290 - 0,307]	
Lecturas:	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301
Promedio:	0,301	Error:	0,002	Desviación:	0,000

2.) Exactitud en longitud de onda:

Filtro:	BG20/2	807	Tolerancia $\pm 1,5$ nm	[805 - 809]	
Lecturas:	807,2	807,2	807,2	807,2	807,2
Promedio:	807,2	Error:	0,2	Desviación:	0,0
Filtro:	Ho	360,9	Tolerancia $\pm 1,5$ nm	[359,4 - 362,4]	
Lecturas:	360,2	360,2	360,2	360,2	360,2
Promedio:	360,2	Error:	0,7	Desviación:	0,0

Observaciones:

Mantenimiento Realizado por: _____ Firma: _____

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 25. Informe de mantenimiento espectrofotómetros (página 2)

10. Recomendaciones de operación.

Pruebe la ubicación e instalación para asegurar la infraestructura eléctrica y física. Verifique que el instrumento esta en un lugar libre de vibraciones y que no incida directamente la luz solar sobre este. Pruebe que no hay excesiva

humedad, polvo o alta temperatura. Asegure que no hay fuentes de humo, gas o emisiones corrosivas cercanas.

3.4.3 Mantenimiento medidor de turbiedad.

Los modelos HACH, para medir turbiedad en laboratorio, son similares en cuanto a partes que los conforman, el 2100P es el medidor de menor rango de 0 a 1000 NTU, tiene un sistema electrónico conformado por dos tarjetas una de potencia y una principal sobre la cual está montada la etapa de acondicionamiento de dos foto detectores (90° y 180°), además la etapa de visualización y teclado. Este equipo tiene un sistema óptico conformado por una lámpara de tungsteno, una lente, un filtro, foto detector a 90°, y foto detector a 180°. Los medidores de turbiedad 2100N (0 a 4000 NTU) y 2100AN (0 a 10000 NTU) tienen una tarjeta de potencia, tarjeta principal, tarjeta preamplificadora, una tarjeta para visualización y teclado. La diferencia entre los dos equipos esta en el número de foto detectores, software y filtro de 455nm. El 2100N tiene tres foto detectores, el 2100AN cuatro foto detectores y filtro de 455 nm. La fuente de luz tungsteno y el set de 3 lentes son iguales en los dos equipos.

1. Herramientas y estándares para ajuste.

Set para ajuste de formazina 2100P y 2100AN, aceite siliconado, paño para celdas, desarmador Tork, Multímetro, Paño suave, limpiador electrónico, brocha o cepillo, papel para lentes.

2. Revisión y prueba inicial.

2.1 Verificar encendido y apagado.

2.2 Verificar estado de las fuentes de energía (2100P, baterías 4 AA), adaptador de voltaje (2100P, 6Voltios) o red eléctrica 2100N/AN (115/230±17%, 50/60 Hz, 60VA Max, Selección automática).

2.3 Inspección visual estado de carcasas y accesorios, anotar en reporte.

2.4 Pruebas de medida para evaluar el estado en el cual recibe el equipo.

Este proceso aplica a 2100P, 2100N/AN.

2.4.1 Encienda el equipo deje calentar por al menos 15 minutos.

2.4.2 Limpie las celdas de los estándares con aceite siliconado y paño suave, aparte sin agitar el estándar menor a 0,1NTU, tome el resto de estándares y agite vigorosamente por algunos minutos, deje reposar por 1 minuto, a continuación introduzca cada uno de los estándar alineando el rombo de la celda con la línea guía en el equipo, cierre la tapa, justo en este momento presione la tecla leer, tome tres lecturas dejando entre ellas un periodo de tiempo pequeño, si la lectura está muy baja agite suavemente el estándar e introdúzcalo nuevamente para tomar la lectura.

2.4.3 Calcule el promedio de cada tres lecturas, registre el promedio en el reporte de mantenimiento estado inicial para cada equipo (2100P, 2100N/AN).

3. Precauciones para desarmar el instrumento.

3.1 Antes de desarmar el instrumento para evitar daños por descargas estáticas, se debe apagar el equipo y permitir unos minutos para que se enfríe, conectar una manilla a tierra.

3.2 Revisar esquemas en el manual de servicio, marcar todas las partes, elaborar un diagrama de considerarlo necesario para facilitar el correcto ensamble del equipo, utilizar las herramientas adecuadas y no forzar las partes a desarmar. Tener en cuenta la posición y ubicación de los filtros y demás elementos en el sistema óptico. Marcar la ubicación de conexión foto detectores en la tarjeta preamplificadora 2100N/2100AN.

4. Mantenimiento sistema electrónico.

4.1 desmontar cuidadosamente cada una de las siguientes tarjetas, tarjeta de potencia, tarjeta principal de procesamiento, tarjeta de pre amplificación, tarjeta para visualización y teclado, tarjeta de impresora.

4.2 limpiar la superficie de las placas con una brocha suavemente con el fin de no levantar pistas o desprender dispositivos, aplicar limpiador electrónico para remover polvo y suciedad en lugares difíciles. Aplicar este procedimiento a todos los puertos y contactos eléctricos.

5. Mantenimiento sistema óptico.

5.1 Etiquetar la ubicación de los componentes en el sistema óptico, Filtros, lentes, foto detectores.

5.2 desarmar cuidadosamente las partes, limpiar foto detectores, lentes, filtro, usar solución para limpiar vidrios, y papel para lentes.

5.3 Revisar el estado de la superficie filtros, lentes, y foto detectores, si presentan decoloración, manchas, o ralladuras que no puedan ser eliminadas con limpieza deben cambiar estas partes inmediatamente.

5.4 Inspeccione el estado de la fuente de luz (lámpara de tungsteno), si el filamento presenta desgaste y el vidrio se ha tornado amarillento se debe cambiar rápidamente, para no deteriorar los lentes o dejar el equipo fuera de servicio por daño en el filamento de la lámpara.

5.5 Pruebe que todos los componentes estén bien alineados y ajustados correctamente.

6. Mantenimiento Celdas de muestra.

La cubeta debe ser rigurosamente limpiada para tener medidas exactas. Siga estas recomendaciones.

Siempre sostenga la celda por la parte superior, no por la pared óptica. Limpie las celdas de muestra con detergente, lave varias veces con agua tratada, y luego lave con agua des ionizada. Algunas celdas requieren de lavado ácido u otro tipo de lavado puede usar HCL 2N, o acetona, luego use detergente y nuevamente lave con agua des ionizada.

7. Comprobación del sistema óptico.

Si el mantenimiento preventivo salió correctamente, el equipo debe ser ajustado con estándares primarios de formazina, y luego comprobado en el rango en el cual trabajara.

8. Elaboración informe de mantenimiento.

En este informe se especifican datos sobre cliente, equipo, partes del instrumento a las que se hizo mantenimiento, tipo de acción preventiva, además se establece el estado de las partes, recomendaciones de cambio, se da el resultado de las pruebas de medida estableciendo si se encuentra dentro de las especificaciones, o se debe efectuar alguna acción correctiva.

En las figuras 26 y 27 se presentan los formatos para mantenimiento de turbidímetros 2100N.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

INGENIERIA - INSTALACIÓN - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Fecha de Mmto: Mayo 27 de 2009
Empresa: ACUAVIVA S.A
Responsable: Jaime García Zúñiga
E-mail/Teléfono: 57 2 2700248 Ext.103
Dependencia: Lab. Control de Calidad (Planta Barrancas)

Numero de Registro:
0237/2009

Instrumento

Tipo	Marca	Modelo	Numero Serial
Medidor de turbiedad	Hach	2100N	970800003793

Procedimiento de Servicio

Sistema Electrónico

Descripción	Valor estándar	Acción	Pasa
Tarjeta de procesamiento.		Revisión, Limpieza	Si
Voltaje Check +5 (SETUP 60)	4700 to 5400 mV	Revisión.	Si
Voltaje Check -5 (SETUP 61)	-6000 to -4000 mV	Revisión.	Si
Voltaje Check Lamp (SETUP 62)	7000 to 7530 mV	Revisión.	Si
Voltaje Check + (SETUP 63)	7600 to 8400 mV	Revisión.	Si
Memory Test.		Revisión.	Si

Sistema Optico

Descripción	Acción	Pasa
Lámpara.	Verificación.	Si
Lentes (3).	Chequeo y Limpieza.	Si
Filtro (1).	Chequeo y Limpieza.	Si
Detectores (3).	Chequeo y Limpieza.	Si

Fuentes de Energía

Descripción	Valor estándar	Acción	Pasa
Red eléctrica.	115/230 ±17%, 60HZ	Revisión.	Si
Prueba de Tierra.	<5 Ohms	Revisión.	Si

Otros Componentes

Descripción	Acción	Pasa
Keyboard Test	Revisión.	Si
Display and LED Test	Revisión.	Si
Carcasa.	Inspección y limpieza.	Si
Compartimiento de muestra.	Inspección y limpieza.	Si
Tapa porta celda.	Inspección y limpieza.	Si

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 26. Informe de mantenimiento turbidímetros 2100N (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL
INGENIERIA - INSTALACION - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Pruebas de medición.

Prueba de Exactitud.

Valor Estándar [NTU]	Especificación [NTU]	Lectura [NTU]	Error [NTU]
0,04	0 – 0,1	0,050	0,010
19,97	19,7 – 20,5	20,2	0,2
201,0	196 – 204	202	1
989,0	970 – 1030	1003	14
3998,0	3840 – 4160	4032	34

Tabla 1. Prueba de exactitud.

Prueba de Estabilidad.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20,2	20,2	20,1	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2

Tabla 2. Prueba de Estabilidad.

Observaciones:

Mantenimiento Realizado por: _____

Firma: _____

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 27. Informe de mantenimiento turbidímetros 2100N (página 2)

9. Recomendaciones de operación.

Pruebe la ubicación de instalación para asegurar la infraestructura eléctrica y física. Verifique que el instrumento esta en un lugar libre de vibraciones y que no incida directamente la luz solar sobre este. Pruebe que no hay excesiva humedad, polvo o alta temperatura. Asegure que no hay fuentes de humo, gas o emisiones corrosivas cercanas.

3.4.4 Mantenimiento equipos de pH.

HACH maneja dos series de medidores de pH, SENSION x, y HQd x, en los dos casos el tipo de sensor que utilizado es de bulbo de vidrio con electrodo de referencia, ya sea de gel electrolítica fija o renovable.

En la parte electrónica los SENSION tienen una tarjeta preamplificadora en la cual se conecta la sonda, una tarjeta de procesamiento principal y una tarjeta de Display y teclado. Los equipos HQd, tienen solo dos tarjetas una de conexión de sondas y otra sobre la cual están todas las etapas de acondicionamiento procesamiento, indicación y teclado.

1. Herramientas y estándares para ajuste.

Soluciones buffer de 4,01, 7,00, y 10,01pH, desarmador Tork, Multímetro, Paño suave, limpiador electrónico, brocha o cepillo, solución KCL 3M, ácido clorhídrico 2N, agua des ionizada, jabón neutro.

2. Revisión y prueba inicial.

2.1 Verificar encendido y apagado.

2.2 Verificar estado de las fuentes de energía (baterías), adaptador de voltaje o red eléctrica.

2.3 Inspección visual de carcasas y accesorios.

2.4 Pruebas de medida para evaluar el estado en el cual se recibe el equipo. Este procedimiento aplica a las dos series de medidores.

2.4.1 Encienda el equipo, lave la sonda de pH con agua des ionizada y séquela sin tocar el bulbo.

2.4.2 Coloque el instrumento en modo de lectura pH.

2.4.3 Introduzca la sonda en el buffer 4,01pH, agite un poco la sonda y presione Leer, tome la lectura cuando el equipo estabilice.

2.4.4 Haga tres lecturas del buffer.

2.4.5 Saque la sonda, lave con agua des ionizada y seque sin tocar el bulbo.

2.4.6 Repita el proceso para los buffer 7,00 y 10,01pH.

2.4.7 Calcule el promedio de cada tres lecturas, Registre los resultados junto con la pendiente en el reporte de mantenimiento estado inicial.

3. Precauciones para desarmar el instrumento.

3.1 Antes de desarmar el instrumento para evitar daños por descargas estáticas, se debe apagar el equipo y permitir unos minutos para que se enfríe, conectar una manilla a tierra.

3.2 Revisar esquemas en el manual de servicio, marcar todas las partes, elaborar un diagrama de considerarlo necesario para facilitar el correcto ensamble del equipo, utilizar las herramientas adecuadas y no forzar las partes a desarmar.

4. Mantenimiento sistema electrónico.

4.1 desmontar cuidadosamente cada una de las siguientes tarjetas, tarjeta principal de procesamiento, tarjeta de pre amplificación, tarjeta de indicación y Display, tarjeta de conexión a sonda.

4.2 limpiar la superficie de las placas con una brocha suavemente con el fin de no levantar pistas o desprender dispositivos, aplicar limpiador electrónico para remover polvo y suciedad en lugares difíciles. Aplicar este procedimiento a todos los puertos y contactos eléctricos.

4.3 Inspeccionar y limpiar el conector de la sonda, Limpiar el cable, verificar que no esté quebrado o presente peladuras en la funda protectora, limpiar el conector del equipo revise que todos los pines se encuentren alineados y en buen estado.

4.4 Pruebe el software del instrumento, ingrese a todas las funciones y verifique la correcta configuración.

5. Mantenimiento sonda de pH.

5.1 La sonda debe ser lavada con un jabón suave neutro, y con abundante agua destilada o des ionizada, luego secar el cuerpo sin tocar el bulbo y si la sonda lo requiere se debe cambiar la solución electrolítica KCL 3 M, Almacene el sensor en solución KCL 3M para mantener hidratado el bulbo de vidrio.

5.2 Hay otros tipos de limpieza dependiendo de la contaminación.

5.2.1 Limpieza general. Empape el electrodo de pH en una solución 0,1 M de HCL o una solución 0,1 M HNO₃, por 15 minutos. Luego lave y deje el electrodo por 15 minutos en agua destilada.

5.2.2 Limpieza de aceite y grasa. Lave el electrodo de pH con mild detergent o con methyl alcohol, luego lave con abundante agua.

6. Armado del instrumento.

6.1 Verifique que los encerramientos mecánicos estén montados firmemente. Comprobar el ajuste y condición de carcasas y tornillos.

6.2 Asegure que todos los accesorios están limpios e intactos, Asegure la conexión eléctrica no tenga grietas o rupturas. Pruebe que las uniones estén correctas. Compruebe que los cables de los dispositivos y terminales estén libres de polvo, suciedad o corrosión, Compruebe que los cables no muestran signos de empalme o agotamiento.

7. Ajuste de la curva de pH

7.1 Encienda el equipo y colóquelo en modo pH.

7.2 Conecte la sonda al medidor.

7.3 quite el electrodo de la solución de almacenamiento, y lave con agua destilada.

7.4 Remueva el exceso de agua en el bulbo sin tocarlo.

7.5 Presiones CAL.

7.6 Sumerja el sensor en el buffer de 4,01pH, agite un poco y presione leer.

7.7 El instrumento pedirá el siguiente buffer 7,00pH.

7.8 Saque la sonda, lave con abundante agua y elimine excesos.

7.9 Introduzca la sonda en buffer 7,00pH, agite un poco y presione leer.

7.10 Presione aceptar para guardar la calibración, saque la sonda y lave con abundante agua destilada, almacene en KCL 3 M.

8. Comprobación del instrumento.

Si el mantenimiento preventivo y la pendiente del sensor son correctos, se debe comprobar la exactitud en las medidas que entrega el equipo.

9. Elaboración informe de mantenimiento.

En este informe se especifican datos sobre cliente, equipo, partes del instrumento a las que se hizo mantenimiento, tipo de acción preventiva, además se establece el estado de las partes, recomendaciones de cambio, se da el resultado de las pruebas de medida estableciendo si se encuentra dentro de las especificaciones, o se debe efectuar alguna acción correctiva.

En las figuras 28 y 29 se observa el formato para mantenimiento de medidores de pH modelo SENSION 1.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

INGENIERIA - INSTALACIÓN - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Fecha de Mmto: Mayo 29 de 2009
Empresa: ACUAVIVA S.A
Responsable: Andrés Colonia
E-mail/Teléfono: 57 2 2700248 Ext.103
Dependencia: Muestreo Ciudad

Numero de Registro:
0242/2009

Instrumento

Tipo	Marca	Modelo	Numero Serial
Medidor de pH	HACH	Sension 1	020500006800

Procedimiento de Servicio

Sistema Electrónico y Software

Descripción	Acción	Pasa
Tarjeta de procesamiento Principal.	Revisión y limpieza.	Si
Tarjeta Preamplificadora.	Revisión y limpieza.	Si
Display.	Verificación y limpieza.	Si
Software.	Verificación de Funciones.	Si

Fuente de Energía

Descripción	Acción	Pasa
Baterías.	Prueba.	Si
Fuente alterna. (Adaptador de Voltaje)		Si

Otros Componentes

Descripción	Acción	Pasa
Teclado.	Revisión y limpieza.	Si
Carcasa.	Revisión y limpieza.	Si
Empaque Protector.	Limpieza.	Si

Sensores

Descripción	Acción	Pasa
Sensor de pH.	Limpieza, prueba. Slope = /offset =	Si

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 28. Informe mantenimiento medidores de PH SENSION 1 (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICION Y CONTROL

INGENIERIA - INSTALACION - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Pruebas de medida.

Exactitud escala de pH

Valor Estándar [pH]	Lecturas [pH]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,9980	4,00	4,00	4,00	4,00	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
7,010	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
9,998										

Estándar	Valor pH	Especificaciones pH
	3,9980	3,985 – 4,025
	7,010	6,98 – 7,02
	9,998	9,995 – 10,035

Observaciones:

Mantenimiento Realizado por: _____

Firma: _____

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 29. Informe mantenimiento medidores de PH SENSION 1 (página 2)

10. Recomendaciones de operación.

Pruebe la ubicación e instalación para asegurar la infraestructura eléctrica y física del equipo y sensor. Los sensores no deben ser sometidos a fuertes vibraciones o impactos, se deben almacenar en solución KCL 3M.

3.4.5 Mantenimiento equipos de conductividad.

En medida de conductividad HACH, igualmente maneja la serie SENSION x, y HQd x, la serie SENSION x, constituido en su sistema electrónico por tres tarjetas, acondicionamiento, procesamiento, visualización/teclado, y una sonda

de dos placas con sensor de temperatura. La serie HQd x, conformado por tarjeta principal y una tarjeta de conexión a sonda.

1. Herramientas y estándares para ajuste.

Soluciones de conductividad de 18, 180, y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. desarmador Tork, Multímetro, Paño suave, limpiador electrónico, brocha o cepillo, jabón neutro.

2. Revisión y prueba inicial.

2.1 Verificar encendido y apagado.

2.2 Verificar estado de las fuentes de energía (baterías 4 AA), adaptador de voltaje o red eléctrica.

2.3 Inspección visual de carcasas y accesorios.

2.4 Pruebas de medida para evaluar el estado en el cual se recibe el equipo.

Este procedimiento aplica a las dos series de equipos.

2.4.1 Encienda el equipo, lave la sonda de conductividad con agua destilada y seque bien.

2.4.2 Coloque el instrumento en modo de lectura conductividad.

2.4.3 Introduzca la sonda en la solución 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, presione Leer.

2.4.4 Tome tres lecturas de esta solución.

2.4.5 Saque la sonda, lave con agua destilada y seque bien.

2.4.6 Repita el proceso para las soluciones 180 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.4.7 Calcule el promedio de cada tres lecturas, registre el resultado en el reporte de mantenimiento estado inicial.

3. Precauciones para desarmar el instrumento.

3.1 Antes de desarmar el instrumento para evitar daños por descargas estáticas, se debe apagar el equipo y permitir unos minutos para que se enfríe, conectar una manilla a tierra.

3.2 Revisar esquemas en el manual de servicio, marcar todas las partes, elaborar un diagrama de considerarlo necesario para facilitar el correcto ensamble del equipo, utilizar las herramientas adecuadas y no forzar las partes a desarmar.

4. Mantenimiento sistema electrónico.

4.1 desmontar cuidadosamente cada una de las tarjetas pre amplificación, principal, visualización/teclado.

4.2 Limpiar la superficie de las placas con una brocha suavemente con el fin de no levantar pistas o desprender dispositivos, aplicar limpiador electrónico para remover polvo y suciedad en lugares difíciles. Aplicar este procedimiento a todos los puertos y contactos eléctricos.

4.3 Limpiar el conector de sonda, verificar que no esté quebrado, o presente peladuras en la funda protectora, limpiar el conector del equipo y revisar que todos los pines se encuentren alineados y en buen estado.

4.4 Pruebe el software del instrumento, ingresando a todas las funciones y verificando la correcta configuración.

5. Mantenimiento sonda de conductividad.

Durante mediciones lave la sonda con agua des ionizada para minimizar sustancias que puedan causar interferencias en la medida. Si la muestra contiene aceite, grasa u otro material que se pueda adherir a la sonda, se debe lavar con detergente fuerte y un cepillo de cerdas suaves para eliminar residuos sobre las placas de medida, o introduzca la sonda en un baño de ácido clorhídrico a 1%, luego lave con abundante agua des ionizada. Nunca realice limpiezas mecánicas como raspar la sonda o golpearla, pues causara daños a la misma.

Después de cada uso lave la sonda con agua des ionizada, séquela y almacene en ambiente seco.

6. Armado del instrumento.

6.1 Verifique que las carcacas y empaques estén bien montados y firmes. Comprobar el ajuste de tornillos.

6.2 Asegure que todos los accesorios están limpios e intactos, Asegure la conexión eléctrica no tenga grietas o rupturas. Pruebe que las uniones estén correctas. Compruebe que los cables de los dispositivos y terminales estén libres de polvo, suciedad o corrosión, Compruebe que los cables no muestran signos de empalme o agotamiento.

7. Ajuste la curva de conductividad.

7.1 Encienda el equipo y colóquelo en modo conductividad.

7.2 Conecte la sonda al medidor.

7.3 Lave la sonda con agua destilada o des ionizada y seque bien.

7.4 Presiones CAL.

7.5 Sumerja hasta cubrir las celdas de medida y sensor de temperatura en la solución estándar de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (por defecto en equipos HACH), luego presione leer.

7.6 Permita que la lectura se estabilice y Presione aceptar para guardar la calibración, saque la sonda y lave con agua destilada.

8. Comprobación.

Si el mantenimiento preventivo y el ajuste salieron correctamente, se procede a comprobar la exactitud del equipo con las soluciones estándar.

9. Elaboración informe de mantenimiento.

En este informe se especifica la información sobre cliente, equipo, partes del instrumento a las que se hizo mantenimiento, tipo de acción preventiva, además se establece el estado de las partes, recomendaciones de cambio, se da el resultado de las pruebas de medida estableciendo si se encuentra dentro de las especificaciones, o se debe efectuar alguna acción correctiva.

En la figura 30 y 31 se presenta el formato para el informe de mantenimiento de medidores de conductividad SENSION 7.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL
INGENIERIA - INSTALACIÓN - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Fecha de Mnto: Mayo 29 de 2009

Empresa: ACUAVIVA S.A

Responsable: Andrés Colonia

E-mail/Teléfono: 57 2 2700248 Ext.103

Dependencia: Muestreo Ciudad

Numero de Registro:
0241/2009

Instrumento

Tipo	Marca	Modelo	Numero Serial
Medidor de pH	HACH	Sension 7	020500005810

Procedimiento de Servicio

ii

Sistema Electrónico y Software

Descripción	Acción	Pasa
Tarjeta de procesamiento Principal.	Revisión y limpieza.	Si
Tarjeta Preamplificadora.	Revisión y limpieza.	Si
Display.	Verificación y limpieza.	Si
Software.	Verificación de Funciones.	Si

Fuente de Energía

Descripción	Acción	Pasa
Baterías.	Prueba.	Si
Fuente alterna. (Adaptador de Voltaje)		Si

Otros Componentes

Descripción	Acción	Pasa
Teclado.	Revisión y limpieza.	Si
Carcasa.	Revisión y limpieza.	Si
Empaque Protector.	Limpieza.	Si

Sensores

Descripción	Acción	Pasa
Sensor de Conductividad	Revisión	Si

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 30. Informe de mantenimiento para medidor de conductividad SENSION 7 (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

SUMINISTRO DE EQUIPOS DE MEDICION Y CONTROL

INGENIERIA - INSTALACION - MANTENIMIENTO Y ENTRENAMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO

Pruebas de medida.

Exactitud escala de Conductividad

Valor Estándar [μS/cm]	Lecturas [μS/cm]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25,23										
190,0										
1002,0										

Estándar	Valor μS/cm	Especificaciones μS/cm
	25,23	25,07 - 25,39
	190,0	170 - 190
	1002,0	990 - 1010

Observaciones:

Mantenimiento Realizado por: _____

Firma: _____

Dirección: Calle 28 Norte # 6BN - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

Figura 31. Informe de mantenimiento para medidor de conductividad SENSION 7 (página 2).

10. Recomendaciones de operación.

Pruebe la ubicación e instalación para asegurar la infraestructura eléctrica y física del instrumento. Mantenga siempre el sensor limpio en las celdas de medida y sensor de temperatura.

3.5 Procedimientos para calibración instrumental de laboratorio CEIINC LTDA.

Los procedimientos para el cálculo de incertidumbre y calibración que a continuación se desarrollan están fundamentados en la Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA, detallada en la sección 3.1 de resultados.

Estos procedimientos están diseñados de forma general para que puedan ser aplicados a cualquiera de los equipos mencionados en este trabajo con las debidas modificaciones. Las características metrológicas evaluadas en los instrumentos son principalmente la exactitud y repetibilidad, estas características permiten determinar el estado de un instrumento eficazmente, es decir que se obtienen muy buenos resultados en poco tiempo y con gastos reducidos.

3.5.1 Calibración colorímetro DR800 HACH.

Desarrolle el siguiente procedimiento.

1. Patrones a utilizar.

Para comprobar el rendimiento de los colorímetros serie DR800 y asegurar la calidad en los procedimientos de laboratorio, HACH sugiere utilizar el estándar secundario DR/check de absorbancia (Cat. Numero 27639-00). Este estándar incluye un blanco, y un estándar para cada rango de absorbancia bajo (ST1), medio (ST2), y alto rango (ST3).

2. Mesurando.

En este caso el mesurando es la absorbancia, en las longitudes de onda 420 nm, 520 nm, 560 nm, 610 nm. Exactitud en longitud de onda ± 1 nm. Exactitud fotométrica $\pm 0,005$ A @ 1.0 ABS Nominal. Rango fotométrico 0 a 2 A. Temperatura de operación 0 a 50°C. Humedad 90% en 50°C.

3. Identificación fuentes de incertidumbre:

- Incertidumbre de Patrón o material de referencia

En la tabla 2, se observa la tolerancia que proporciona el certificado para el set de absorbancia. La cual se toma como base para el cálculo de incertidumbre.

Tabla 2. Tolerancia para DR/check de absorbancia

λ [nm]	Valor Real [Å]	Tolerancia [Å]	Estandar
420	0,629	0,050	ST1
	1,222	0,100	ST2
	1,807	0,150	ST3
520	0,632	0,050	ST1
	1,230	0,100	ST2
	1,818	0,150	ST3
560	0,626	0,050	ST1
	1,203	0,100	ST2
	1,771	0,150	ST3
610	0,631	0,050	ST1
	1,227	0,100	ST2
	1,791	0,150	ST3

- La repetibilidad de lecturas.
Se hacen 10 lecturas de cada estándar (n=10), bajo condiciones de repetibilidad, y a partir de estas lecturas se hace el cálculo de la incertidumbre estándar. Limpiar las celdas con aceite y paño, alinear las guías.
 - Incertidumbre por características del propio instrumento.
En esta guía principalmente se tendrá en cuenta la incertidumbre debida a la resolución del instrumento.
 - Incertidumbre por variaciones en condiciones ambientales.
Se asume, aunque debe ser comprobado que el instrumento opera en el rango de temperatura adecuado 0 a 50°C, y humedad 90% en 50°C, por lo cual no se agrega incertidumbre por esta parte.
4. Cálculo de incertidumbres estándar.
- Incertidumbres estándar del patrón:
Asumiendo una distribución rectangular para esta tolerancia, se emplea la ecuación (30), para calcular la incertidumbre estándar ($S_{B1,B2,\dots,B6}$). En la tabla 3, se observa las incertidumbres calculadas para cada estándar.

Tabla 3. Incertidumbre estándar para DR/check de absorbancia

λ [nm]	Valor Real [A]	Tolerancia [A]	Incert. St [A]	Estandar
420	0,629	0,050	0,0144	ST1
	1,222	0,100	0,0289	ST2
	1,807	0,150	0,0433	ST3
520	0,632	0,050	0,0144	ST1
	1,230	0,100	0,0289	ST2
	1,818	0,150	0,0433	ST3
560	0,626	0,050	0,0144	ST1
	1,203	0,100	0,0289	ST2
	1,771	0,150	0,0433	ST3
610	0,631	0,050	0,0144	ST1
	1,227	0,100	0,0289	ST2
	1,791	0,150	0,0433	ST3

- Incertidumbre estándar por Repetibilidad de medidas.

Se hacen diez medidas ($n=10$), aplicando la ecuación (26) se calcula el valor medio \bar{x} , mediante la ecuación (27) se calcula la desviación estándar σ_{Ai} , y se calcula la incertidumbre estándar (S_{Ai}) por medio de (28).

Para cada uno de los estándar de Absorbancia se elabora la tabla 4, donde se reporta y calcula las lecturas y el valor promedio, desviación estándar e incertidumbre estándar, en cada longitud de onda y para los diferentes valores de absorbancia del estándar.

Tabla 4. Incertidumbre estándar por repetibilidad para colorímetros

Lecturas. ST1 / 420nm:		0,629 A							
0,622	0,623	0,623	0,622	0,624	0,624	0,623	0,623	0,623	0,623
Promedio	0,623	Desv. St	0,001	Incert. St	0,000				

- Incertidumbre estándar por resolución

La resolución para este equipo es: 0,001. Según la norma la resolución genera una incertidumbre con una distribución rectangular, por lo tanto se utiliza la ecuación (30) para el cálculo de la incertidumbre estándar (S_{R1}). En la tabla 5 se observa la incertidumbre debido a la resolución.

Tabla 5. Incertidumbre por resolución colorímetro DR800

Resolución [NTU]	Incert. St [NTU]
0,001	0,0003

5. Cálculo de la incertidumbre estándar combinada.

Para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se utiliza la ecuación. (33), con la cual se hace la suma de incertidumbres individuales, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$u_{c1} = \sqrt{(S_{B1})^2 + (S_{A1})^2 + (S_{R1})^2}$$

$$u_{c2} = \sqrt{(S_{B2})^2 + (S_{A2})^2 + (S_{R2})^2}$$

$$u_{cn} = \sqrt{(S_{Bn})^2 + (S_{An})^2 + (S_{Rn})^2}$$

Donde $u_{c1}, u_{c2}, \dots, u_{cn}$, corresponde a la incertidumbre estándar combinada para cada uno de los estándares a diferentes longitudes de onda.

6. Cálculo incertidumbre expandida.

Teniendo en cuenta la sección 3.1.2.8 Cálculo de la incertidumbre expandida, se determina que se presentaran los resultados con un nivel de confianza del 95% de probabilidad, asumiendo una distribución normal, y mediante la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura $K=2$.

Se tiene entonces las siguientes expresiones para la incertidumbre expandida de cada valor medido:

$$U_1 = k * u_{c1}$$

$$U_2 = k * u_{c2}$$

$$U_n = k * u_{cn}$$

7. Expresión de los resultados.

De acuerdo con la sección 3.1.2.9 Expresión de la medida y su incertidumbre, se presentan los resultados de las medidas junto a la incertidumbre expandida con un factor $k=2$ asociada a cada medición. En la tabla 6, se relacionan los resultados con la respectiva incertidumbre expandida U .

$$A_1 = \bar{A}_1 \pm U_1$$

$$A_2 = \bar{A}_2 \pm U_2$$

$$A_n = \bar{A}_n \pm U_n$$

Tabla 6. Resultados de comprobación colorímetro serie DR800

Estandar	λ [nm]	Valor Real [A]	Tolerancia [NTU]	Lectura [NTU]	Error [NTU]	Repetibilidad [NTU]	U [NTU]
ST1	420	0,629	0,005	0,623	-0,006	0,0007	0,0289
ST2		1,222	0,005	1,218	-0,004	0,0003	0,0577
ST3		1,807	0,005	1,800	-0,007	0,0000	0,0866
ST1	520	0,632	0,005	0,630	-0,002	0,0004	0,0289
ST2		1,230	0,005	1,227	-0,003	0,0005	0,0577
ST3		1,818	0,005	1,805	-0,013	0,0005	0,0866
ST1	560	0,626	0,005	0,620	-0,006	0,0005	0,0289
ST2		1,203	0,005	1,199	-0,004	0,0010	0,0577
ST3		1,771	0,005	1,768	-0,003	0,0003	0,0866
ST1	610	0,631	0,005	0,632	0,001	0,0005	0,0289
ST2		1,227	0,005	1,222	-0,005	0,0003	0,0577
ST3		1,791	0,005	1,789	-0,002	0,0000	0,0866

8. Establecer límites de tolerancia.

Finalmente se establecen los límites de tolerancia o características metrológicas a comprobar. El límite de exactitud se crea con el valor del certificado para cada patrón y la exactitud especificada del instrumento, sumando y restando la exactitud del instrumento al patrón se crean los límites de comprobación. El límite de repetibilidad es el porcentaje del valor promedio del número de lecturas tomado, o el porcentaje de escala. En la tabla 7 se pueden ver los límites de tolerancia calculados para el DR800.

Tabla 7. Límites de tolerancia para colorímetros serie DR800

λ [nm]	Limite inf [A]	Limite sup [A]	Valor Real [A]	Exactitud [A]	Estandar
420	0,624	0,634	0,629	0,005	ST1
	1,217	1,227	1,222	0,005	ST2
	1,802	1,812	1,807	0,005	ST3
520	0,627	0,637	0,632	0,005	ST1
	1,225	1,235	1,230	0,005	ST2
	1,813	1,823	1,818	0,005	ST3
560	0,621	0,631	0,626	0,005	ST1
	1,198	1,208	1,203	0,005	ST2
	1,766	1,776	1,771	0,005	ST3
610	0,626	0,636	0,631	0,005	ST1
	1,222	1,232	1,227	0,005	ST2
	1,786	1,796	1,791	0,005	ST3

9. Elaboración informe de calibración.

Se elaboro un informe de calibración Según NTC-4054, donde se consigna en general la información del cliente, las fechas de inicio y terminación, información de personal responsable en CEIINC, los resultados de la calibración en una tabla y diferentes gráficos que permitan al cliente de manera fácil analizar los datos de absorbancia. Por último el informe lleva un corto juicio acerca del estado metrológico del equipo y las observaciones pertinentes. En las figuras 32, 33 y 34 se presenta el informe de comprobación para colorímetros serie DR800.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceincltda.net - techserv@ceincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : /Colorímetro
DR800

Página 1 de 3

Solicitante.

Compañía: _____ Dependencia: _____
Nombre: _____ Teléfono/Correo: _____
Dirección: _____

Instrumento.

Tipo: Colorímetro Fabricante: HACH
Rango: _____
Modelo: _____ Numero de Serie: _____

Lugar de Comprobación:

Elija un elemento.

Número de Páginas:4

Fecha de Comprobación:

Elija un elemento.

Número de Anexos:2

Elaboro:

Metrólogo: Elija un elemento.

Aprobó:

Ing. Elija un elemento.

-
- La reproducción de esta acta no está autorizada sino en la forma de copia integral.
 - Este documento no se puede utilizar en lugar de un certificado de calibración.
 - Este documento se realizó siguiendo las recomendaciones dadas en la norma NTC 4054 y en la cual se define el acta de comprobación. Este documento se puede utilizar para demostrar el enlace del medio de medición a los patrones nacionales o internacionales, siempre que responda a las recomendaciones de la norma NTC 4056.

Figura 32. Formato de comprobación colorímetro DR800 (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : /Colorímetro
DR800

Página 2 de 2

Declaración de Patrones:

DR/Check ABS Standards Catalog: 27639. Trazabilidad NIST (Traced to SRM 930, SRM Description. Glass Filter.). Anexo los certificados de los patrones.

Procedimiento para cálculo de incertidumbres:

Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA

Procedimiento de comprobación utilizado:

Procedimiento interno CEIINC LTDA referencia: PCDR800.

Condiciones de Medición:

Método de Comprobación: Comparación directa con patrón de referencia.

Puntos de Comprobación: 12

Tolerancia: +/- 0,005 Absorbancia

Condiciones Ambientales: Temperatura: 25°C, 90% Humedad relativa sin condensación

Resultados de Comprobación:

Tabla 1. Resultados de Comprobación.

Estandar	λ [nm]	Valor Real [A]	Tolerancia [NTU]	Lectura [NTU]	Error [NTU]	Repetibilidad [NTU]	U [NTU]
ST1	420	0,629	0,005	0,623	-0,006	0,0007	0,0289
ST2		1,222	0,005	1,218	-0,004	0,0003	0,0577
ST3		1,807	0,005	1,800	-0,007	0,0000	0,0866
ST1	520	0,632	0,005	0,630	-0,002	0,0004	0,0289
ST2		1,230	0,005	1,227	-0,003	0,0005	0,0577
ST3		1,818	0,005	1,805	-0,013	0,0005	0,0866
ST1	560	0,626	0,005	0,620	-0,006	0,0005	0,0289
ST2		1,203	0,005	1,199	-0,004	0,0010	0,0577
ST3		1,771	0,005	1,768	-0,003	0,0003	0,0866
ST1	610	0,631	0,005	0,632	0,001	0,0005	0,0289
ST2		1,227	0,005	1,222	-0,005	0,0003	0,0577
ST3		1,791	0,005	1,789	-0,002	0,0000	0,0866

Figura 33. Formato de comprobación colorímetro DR800 (página 2)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.

Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación No. : /Colorímetro DR800	Página 3 de 3
---	---------------

En la tabla 1 se presentan los resultados de comprobación del instrumento referenciado. En la primera columna se identifica el estándar (ST1,..ST3), la segunda muestra las longitudes de onda comprobadas (λ), en la tercera el valor del estándar certificado, la cuarta es la tolerancia determinada por la especificación del equipo, la quinta columna es el promedio de n lecturas, luego se presentan el error absoluto con respecto al patrón, la repetibilidad e incertidumbre expandida la cual se da con un nivel de confianza del 95% y un factor de cobertura $K=2$.

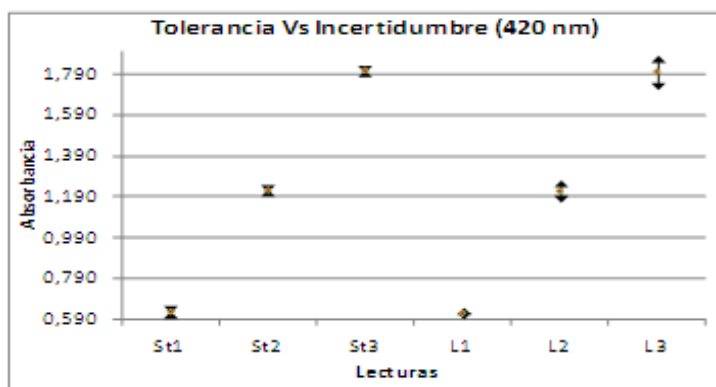


Figura 1. Tolerancia vs Incertidumbre a 420 nm.

En la figura 1 se presentan los valores patrón con la respectiva tolerancia del equipo ($St1 \pm T, \dots St3 \pm T$) a una longitud de onda de 420 nm, y las lecturas con su incertidumbre expandida ($L1 \pm U, \dots L3 \pm U$).

Observaciones:

El fin de esta comprobación es determinar los errores del instrumento y no emitir un juicio acerca de su estado metrológico.

Figura 34. Formato de comprobación colorímetro DR800 (página 3)

3.5.2 Calibración espectrofotómetros.

El procedimiento que a continuación se desarrolla es aplicable a toda la gama de espectrofotómetros HACH, pues se usa el mismo set de filtros para este propósito, se deben tener en cuenta los cambios en las especificaciones y adaptadores de celda a 1cm cuadrado para el set de filtros.

1. Patrones a utilizar.

Los espectrofotómetros DR 2000 y DR2010 utilizan los filtros: 442nm (F03-441.6-4-1.00), 633nm (F1.5-632.8-4-1.00), 810nm (F03-810.0-4-1.00), de CVILaser, para ajuste y comprobación de la escala de longitud de onda. El set de filtros CVILaser CFS-UVV-1.00 se utiliza únicamente para comprobación de este equipo.

En los espectrofotómetros DR2400 y DR2500 se utiliza una lámpara lápiz de mercurio y una de argón para el ajuste y comprobación de la escala de longitud de onda, el set de filtros CVILaser CFS-UVV-1.00 se emplea en este caso únicamente para comprobación.

Los modelos DR2700, DR2800, DR4000, DR5000, utilizan el set de filtros LZV537 (BG20/2 HO Filter, NG11/2 Neutral Density Filter, NG5/2 Neutral Density Filter, NG9/1 Neutral Density Filter, KV450 Stray Light Filter) para ajuste y comprobación de las dos escalas, y el set de filtros CVILaser CFS-UVV-1.00 solo para comprobación.

2. Mesurando.

En los espectrofotómetros se comprueba la escala fotométrica, y la escala de longitud de onda, en la escala fotométrica la variable a medir es la absorbancia o Transmitancia de cada filtro, y en la escala de longitud de onda, se comprueba que los picos de mayor absorbancia en el filtro de HO, se den en las longitudes de onda características del filtro.

Definición del mesurando para el espectrofotómetro DR5000:

Rango longitud de onda: 190nm a 1100nm. Exactitud en longitud de onda: ± 1 nm en el Rango de 200 a 900 nm. Resolución longitud de onda: 0.1 nm. Ancho de banda espectral: 3nm.

Rango fotométrico: $\pm 3,0$ Extendido en el rango 200nm a 900nm. Exactitud

Fotométrica: 5mA en 0,0 – 0,5 A, y 1% en 0.50 - 2.0 A. Linealidad fotométrica: < 0.5% at 2 A, < = 1% at > 2 A. Luz dispersa: > 3.3 Abs. Requerimientos ambientales: Temperatura 10 - 40 °C, max. 90% humedad relativa sin condensación.

3. Identificación fuentes de incertidumbre.

- Incertidumbre de patrón o material de referencia.

Como se puede ver en la sección 3.2.2 patrones para espectrofotómetros el set de filtros CVILaser CFS-UVV-1.00, se emplea en todos los espectrofotómetros HACH para comprobación de sus dos escalas. El certificado de este set de filtros indica el valor de transmitancia a diferentes longitudes de onda, el valor de transmitancia está dado con una tolerancia del 1%. La incertidumbre en este caso se toma como el 1% de cada valor de transmitancia o en caso de pasar los datos a Absorbancia la incertidumbre es 1% de Absorbancia.

- Incertidumbre por repetibilidad de lecturas.

Se realizan 10 lecturas de transmitancia u absorbancia, para cada filtro (n=10) en las diferentes longitudes de onda y mediante la guía de la sección 3.1 se determina la incertidumbre estándar. Se debe ingresar los filtro en la dirección indicada por el fabricante de estos, deben estar limpios y sin rallones.

- Incertidumbre por características del propio instrumento.

En esta guía principalmente se tendrá en cuenta la incertidumbre debida a la resolución del instrumento.

- Variaciones de las condiciones ambientales.

Se asume que el instrumento opera en el rango de temperatura adecuado 0 a 40°C a 90% humedad relativa no condensada @ 25°C; 0 a 75% humedad relativa no condensada @ 40°C, por lo cual no se agrega incertidumbre por esta parte.

4. Cálculo de incertidumbres estándar.

- Incertidumbres estándar del patrón

En este caso como incertidumbre del patrón S_{B1} , se toma la tolerancia de los filtros CFS-UVV-1.00, la cual es 1% del valor en el certificado. En la tabla 8 se

relacionan los valores de tolerancia para cada filtro en las diferentes longitudes de onda.

Tabla 8. Tolerancia de filtros CVILaser para escala fotométrica

FILTRO 0,1 O.D.			FILTRO 0,5 O.D.			FILTRO 1,0 O.D		
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
250	71,10	0,148	250	40,94	0,388	250	6,46	1,190
Tolerancia1%	0,71	0,001	Tolerancia1%	0,41	0,004	Tolerancia1%	0,06	0,012
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
280	73,57	0,133	280	40,75	0,390	280	7,00	1,155
Tolerancia1%	0,74	0,001	Tolerancia1%	0,41	0,004	Tolerancia1%	0,07	0,012
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
340	76,61	0,116	340	38,56	0,414	340	7,15	1,146
Tolerancia1%	0,77	0,001	Tolerancia1%	0,39	0,004	Tolerancia1%	0,07	0,011
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
360	77,35	0,112	360	37,67	0,424	360	7,16	1,145
Tolerancia1%	0,77	0,001	Tolerancia1%	0,38	0,004	Tolerancia1%	0,07	0,011
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
400	78,29	0,106	400	35,95	0,444	400	7,23	1,141
Tolerancia1%	0,78	0,001	Tolerancia1%	0,36	0,004	Tolerancia1%	0,07	0,011
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
465	79,24	0,101	465	33,96	0,469	465	7,62	1,118
Tolerancia1%	0,79	0,001	Tolerancia1%	0,34	0,005	Tolerancia1%	0,08	0,011
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
500	79,68	0,099	500	33,29	0,478	500	7,92	1,101
Tolerancia1%	0,80	0,001	Tolerancia1%	0,33	0,005	Tolerancia1%	0,08	0,011
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
546,1	80,16	0,096	546,1	32,73	0,485	546,1	8,36	1,078
Tolerancia1%	0,80	0,001	Tolerancia1%	0,33	0,005	Tolerancia1%	0,08	0,011
λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs	λ nm	%T	Abs
635	81,05	0,091	635	32,27	0,491	635	9,16	1,038
Tolerancia1%	0,81	0,001	Tolerancia1%	0,32	0,005	Tolerancia1%	0,09	0,010

- Incertidumbre estándar por Repetibilidad de medidas.

Se hacen diez medidas ($n=10$), aplicando la ecuación (26) se calcula el valor medio \bar{x} , mediante la ecuación (27) se calcula la desviación estándar σ_{Ai} , y se calcula la incertidumbre estándar (S_{Ai}) por medio de (28).

Para cada uno de los filtros se elabora la tabla 9, donde se reporta y calcula las lecturas y el valor promedio, desviación estándar e incertidumbre estándar.

Tabla 9. Cálculo de incertidumbre fotométrica por repetibilidad

Longitud de Onda 400 nm		Valor referencia:		%T:	78,29	A:	0,106			
%T	78,59	78,58	78,58	78,61	78,58	78,58	78,58	78,58	78,58	78,58
A	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105
Promedio(%)	78,584	Desviacion	0,00966092	Incert. St	0,00305505	Limite inf	77,51	Limite sup	79,07	
Promedio(A)	0,105	Desviacion	5,3384E-05	Incert. St	1,6882E-05	Limite inf	0,105	Limite sup	0,107	

- Incertidumbre estándar por resolución.

La resolución es configurable para la mayoría de equipos HACH, pero la más común es: 0,001.

Se asume por norma que la resolución genera una incertidumbre con una distribución rectangular, por lo tanto se utiliza la ecuación (30) para el cálculo de la incertidumbre estándar (S_{R1}). La tabla 10 muestra la incertidumbre estándar por resolución.

Tabla 10. Incertidumbre por resolución espectrofotómetro

Resolución ($a_+ - a_-$)	Incertidumbre estándar
0,001	0,0003

5. Cálculo de la incertidumbre estándar combinada.

Para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se utiliza la ecuación. (33), con la cual se hace la suma de incertidumbres individuales, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$u_{c1} = \sqrt{(S_{B1})^2 + (S_{A1})^2 + (S_{R1})^2}$$

$$u_{c2} = \sqrt{(S_{B2})^2 + (S_{A2})^2 + (S_{R2})^2}$$

.....

$$u_{cn} = \sqrt{(S_{Bn})^2 + (S_{An})^2 + (S_{Rn})^2}$$

Donde u_{c1} , u_{c2} , ..., u_{cn} , corresponde a la incertidumbre estándar combinada para cada uno de los filtros a diferentes longitudes de onda.

6. Cálculo incertidumbre expandida.

Teniendo en cuenta la sección 3.1.2.8 Cálculo de la incertidumbre expandida, se determina que se presentaran los resultados con un nivel de confianza del 95% de probabilidad, asumiendo una distribución normal, y mediante la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura $K=2$.

Se tiene entonces las siguientes expresiones para la incertidumbre expandida de cada valor medido:

$$U_1 = k * u_{c1}$$

$$U_2 = k * u_{c2}$$

$$U_n = k * u_{cn}$$

7. Expresión de los resultados.

De acuerdo con la sección 3.1.2.9 Expresión de la medida y su incertidumbre, se presentan los resultados de las medidas junto a la incertidumbre expandida con un factor $k=2$ asociada a cada medida.

$$A_1 = \bar{A}_1 \pm U_1$$

$$A_2 = \bar{A}_2 \pm U_2$$

$$A_n = \bar{A}_n \pm U_n$$

En la tabla 11 dentro de la columna Lectura se presenta el promedio de 10 lecturas y la columna U se presenta la incertidumbre expandida. En la tabla 12 igualmente se presentan los resultados para la comprobación de la escala longitud de onda. También en estas tablas se muestran los resultados de repetibilidad y error absoluto, que servirán para evaluar el estado de acuerdo con los límites de tolerancia.

Tabla 11. Resultados de comprobación escala fotométrica para filtro 0,1 O.D

Filtro	λ [nm]	Patrón [A]	Tolerancia [A]	Lectura [A]	Error [A]	Repetibilidad [A]	U [A]
0,1 O.D	250	0,148	$\pm 0,005$	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!
	280	0,133	$\pm 0,005$	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!
	340	0,116	$\pm 0,005$	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!
	360	0,112	$\pm 0,005$	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!
	400	0,106	$\pm 0,005$	0,105	-0,002	0,000	0,002
	465	0,101	$\pm 0,005$	0,100	-0,001	0,000	0,002
	500	0,099	$\pm 0,005$	0,097	-0,001	0,000	0,002
	546,1	0,096	$\pm 0,005$	0,098	0,002	0,000	0,002
	635	0,091	$\pm 0,005$	0,089	-0,003	0,002	0,002

Tabla 12. Resultados de comprobación escala longitud de onda

Patrón [nm]	Tolerancia [nm]	Lectura [nm]	Error [nm]	Repetibilidad [nm]	U [nm]
279,3	$\pm 1,5$	278,1	-1,23	0,12	5,59
287,5	$\pm 1,5$	286,1	-1,43	0,12	5,75
333,8	$\pm 1,5$	333,5	-0,33	0,42	6,69
360,8	$\pm 1,5$	361,0	0,20	0,00	7,22
385,8	$\pm 1,5$	385,3	-0,47	0,29	7,72
418,5	$\pm 1,5$	418,5	-0,03	0,06	8,37
445,4	$\pm 1,5$	444,7	-0,73	0,58	8,93
453,4	$\pm 1,5$	453,3	-0,10	0,00	9,07
459,4	$\pm 1,5$	459,3	-0,10	0,10	9,19
536,4	$\pm 1,5$	535,9	-0,53	0,06	10,73
637,5	$\pm 1,5$	637,1	-0,43	0,06	12,75

8. Establecer límites de tolerancia.

Ahora determinando los límites de tolerancia se puede establecer si el instrumento se encuentra dentro de especificaciones, las que fueron establecidas con la descripción del mesurando. La exactitud y la repetibilidad con la cual el instrumento entrega lecturas son las características a evaluar.

Los límites de exactitud se encuentran sumando y restando la exactitud del equipo en cada escala al valor patrón indicado en el certificado.

Teniendo en cuenta que los espectrofotómetros son instrumentos que tienen dos escalas de medida, escala de longitud de onda y escala fotométrica, a continuación se definen las características que se evalúan en cada escala.

Tabla 13. Especificaciones escala longitud de onda

Ancho de Banda [nm]	Rango [nm]	Exactitud [nm]	Resolución [nm]
2	190 - 110	±1,5	0,1

De la tabla 13 especificaciones en escala de longitud de onda se toma la casilla exactitud para formar los límites de tolerancia como ya se menciono.

Tabla 14. Especificaciones escala fotométrica

Rango [A]	Exactitud [A]	Resolución [A]	Linealidad [A]
0,0 – 2,0	0,005 de (0,0-0,5) 1% de (0,50-2,0)	0,001	0,005 de (0,0-0,5) 1% de (0,50-2,0)

La tabla 14 indica las especificaciones para la escala fotométrica, de la cual se toma la casilla exactitud para formar los límites teniendo en cuenta que esta exactitud cambia según el rango de absorbancia que este midiendo.

Tabla 15. Límites de comprobación escala longitud de onda

λ (nm)	%T	A	λ_i (nm)	λ_s (nm)
279,3	13,73	0,862	277,8	280,8
287,5	27,22	0,565	286,0	289,0
333,8	72,16	0,142	332,3	335,3
360,8	22,92	0,640	359,3	362,3
385,8	79,47	0,100	384,3	387,3
418,5	62,96	0,201	417,0	420,0
445,4	1,13	1,947	443,9	446,9
453,4	17,91	0,747	451,9	454,9
459,4	16,74	0,776	457,9	460,9
536,4	50,87	0,294	534,9	537,9
637,5	69,38	0,159	636,0	639,0

En la tabla 15 λ (nm), es la longitud de onda de referencia, %T y A, son los valores de Transmitancia y absorbancia en los picos de longitud de onda características. λ_i (nm) y λ_s (nm), son los límites de tolerancia inferior y superior.

En la tabla 16 se muestran los límites de comprobación para la escala fotométrica en %T y Absorbancia. Teniendo en cuenta la tabla 14 de la cual se extrae la especificación de exactitud en los dos rangos de medida.

Tabla 16. Límites de comprobación escala fotométrica

Filtro 0.1 O.D	Limite Inf (%)	Limite Sup (%)	Patrón (%)	Limite Inf (A)	Limite Sup (A)	Patrón (A)
λ (nm)						
250	70,28	71,92	71,10	0,143	0,153	0,148
280	72,72	74,42	73,57	0,128	0,138	0,133
340	75,73	77,49	76,61	0,111	0,121	0,116
360	76,46	78,24	77,35	0,107	0,117	0,112
400	77,39	79,19	78,29	0,101	0,111	0,106
465	78,33	80,15	79,24	0,096	0,106	0,101
500	78,76	80,60	79,68	0,094	0,104	0,099
546,1	79,24	81,08	80,16	0,091	0,101	0,096
635	80,12	81,98	81,05	0,086	0,096	0,091
Filtro 0.5 O.D						
250	40,47	41,41	40,94	0,383	0,393	0,388
280	40,28	41,22	40,75	0,385	0,395	0,390
340	38,12	39,00	38,56	0,409	0,419	0,414
360	37,24	38,10	37,67	0,419	0,429	0,424
400	35,54	36,36	35,95	0,439	0,449	0,444
465	33,57	34,35	33,96	0,464	0,474	0,469
500	32,91	33,67	33,29	0,473	0,483	0,478
546,1	32,35	33,11	32,73	0,480	0,490	0,485
635	31,90	32,64	32,27	0,486	0,496	0,491
Filtro 1.0 O.D						
250	6,28	6,64	6,46	1,178	1,202	1,190
280	6,81	7,19	7,00	1,143	1,166	1,155
340	6,96	7,34	7,15	1,134	1,157	1,146
360	6,97	7,35	7,16	1,134	1,157	1,145
400	7,04	7,42	7,23	1,129	1,152	1,141
465	7,42	7,82	7,62	1,107	1,129	1,118
500	7,72	8,12	7,92	1,090	1,112	1,101
546,1	8,15	8,57	8,36	1,067	1,089	1,078
635	8,94	9,38	9,16	1,028	1,048	1,038

9. Elaboración informe de calibración.

Se elaboro un informe de calibración Según NTC-4054, donde se consigna en general la información del cliente, las fechas de inicio y terminación, información de personal responsable en CEIINC, los resultados de la calibración en una tabla y diferentes gráficos que permitan al cliente de manera fácil analizar los datos obtenidos para la escala fotométrica y escala de longitud

de onda. Por último el informe lleva un corto juicio acerca del estado metrológico del equipo y las observaciones pertinentes.

En las figuras 35, 36, 37 y 38 se presenta el formato para informe de comprobación de Espectrofotómetros.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No.: 1. Espectrofotómetro

Página 1 de 4

Solicitante.

Compañía:	<u>PROPAL S.A</u>	Dependencia:	<u>Lab. Tecnología de Procesos</u>
Nombre:	<u>Ing. Carlos Arce</u>	Teléfono/Correo:	<u>314 342389</u>
Dirección:	<u>Vía a Yumbo</u>		

Instrumento.

Tipo:	<u>Espectrofotómetro</u>	Fabricante:	<u>HACH</u>
Rango λ :	<u>190 – 1100 nm</u>	Rango Fotométrico:	<u>0,0 – 2,0 A</u>
Modelo:	<u>DR5000</u>	Numero de Serie:	<u>212121212121</u>

Lugar de Comprobación:
Lab. Tecnología de Procesos
Número de Páginas:2

Fecha de Comprobación:
Mayo 15 de 2009
Número de Anexos:5

Elaboro:

Aprobó:

Metrólogo: Elija un elemento.

Ing. Elija un elemento.

- La reproducción de esta acta no está autorizada sino en la forma de copia integral.
- Este documento no se puede utilizar en lugar de un certificado de calibración.
- Este documento se realizó siguiendo las recomendaciones dadas en la norma NTC 4054 y en la cual se define el acta de comprobación. Este documento se puede utilizar para demostrar el enlace del medio de medición a los patrones nacionales o internacionales, siempre que responda a las recomendaciones de la norma NTC 4056.

Figura 35. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No.: 1.Espectrofotómetro

Página 2 de 4

Declaración de Patrones:

Este espectrofotómetro fue comprobado, con el set de filtros marca CIVILaser, modelo CFS-UVV-1.00, Lote # 473754, Tolerancia 1% del valor especificado en el certificado. Anexo certificado.

Procedimiento para cálculo de incertidumbres:

Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA

Procedimiento de comprobación utilizado:

Procedimiento interno CEIINC LTDA referencia: PCDR5000.

Condiciones de Medición:

Método de Comprobación: Comparación directa.

Puntos de Comprobación: 3

Tolerancia: 0,005 de 0 a 0,5 y 1% de 0,5 a 2.0

Condiciones Ambientales: Temperatura: 25°C, Humedad: 90%

Resultados de Comprobación:

Filtro	λ [nm]	Patrón [A]	Tolerancia [A]	Lectura [A]	Error [A]	Repetibilidad [A]	U [A]	Estado
0,1 O.D	250	0,148	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	280	0,133	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	340	0,116	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	360	0,112	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	400	0,106	$\pm 0,005$	0,105	-0,002	0,000	0,002	
	465	0,101	$\pm 0,005$	0,100	-0,001	0,000	0,002	
	500	0,099	$\pm 0,005$	0,097	-0,001	0,000	0,002	
	546,1	0,096	$\pm 0,005$	0,098	0,002	0,000	0,002	
635	0,091	$\pm 0,005$	0,089	-0,003	0,002	0,002		
0,5 O.D	250	0,388	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	280	0,390	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	340	0,414	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	360	0,424	$\pm 0,005$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	400	0,444	$\pm 0,005$	0,442	-0,002	0,000	0,009	
	465	0,469	$\pm 0,005$	0,470	0,001	0,000	0,009	
	500	0,478	$\pm 0,005$	0,480	0,003	0,000	0,010	
	546,1	0,485	$\pm 0,005$	0,486	0,001	0,000	0,010	
635	0,491	$\pm 0,005$	0,492	0,000	0,000	0,010		
1,0 O.D	250	1,190	$\pm 1\%$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	280	1,155	$\pm 1\%$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	340	1,146	$\pm 1\%$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	360	1,145	$\pm 1\%$	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	#[NUM!]	
	400	1,141	$\pm 1\%$	1,137	-0,003	0,000	0,023	
	465	1,118	$\pm 1\%$	1,120	0,002	0,000	0,022	
	500	1,101	$\pm 1\%$	1,104	0,003	0,000	0,022	
	546,1	1,078	$\pm 1\%$	1,080	0,003	0,000	0,022	
635	1,058	$\pm 1\%$	1,040	-0,002	0,000	0,021		

Tabla 1. Resultados de Comprobación Escala Fotométrica.

Figura 36. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 2)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
 Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
 PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiinc Ltda.net - techserv@ceiinc Ltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
 No.: 1.Espectrofotómetro

Página 3 de 4

En la tabla 1 se presentan los resultados para la comprobación de la escala fotométrica. En la tabla se indican los valores certificados de cada filtro, las lecturas del instrumento, el error absoluto, la repetibilidad e incertidumbre expandida.

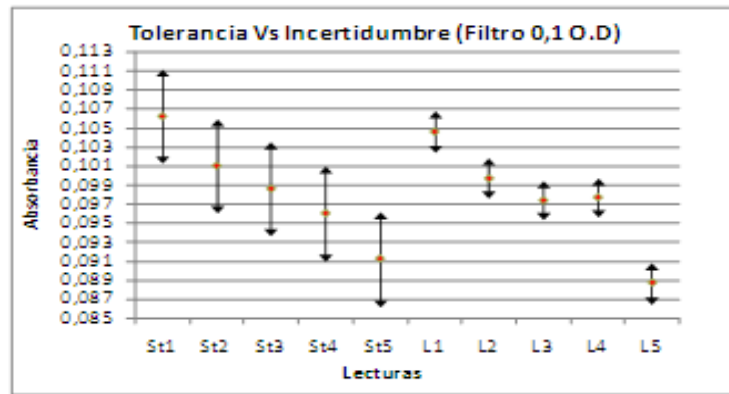


Figura 1. Tolerancia vs Incertidumbre escala fotométrica filtro 0.1 O.D

En la grafica 1 se observan los valores certificados con la tolerancia respectiva (St1±T,..., St2±T) y las lecturas con la incertidumbre expandida (L1=U,... L5=U).

Patrón [nm]	Tolerancia [nm]	Lectura [nm]	Error [nm]	Repetibilidad [nm]	U [nm]	Estado
279,3	±1,5	278,1	-1,23	0,12	5,59	
287,5	±1,5	286,1	-1,43	0,12	5,75	
333,8	±1,5	333,5	-0,33	0,42	6,69	
360,8	±1,5	361,0	0,20	0,00	7,22	
385,8	±1,5	385,3	-0,47	0,29	7,72	
418,5	±1,5	418,5	-0,03	0,06	8,37	
445,4	±1,5	444,7	-0,73	0,58	8,93	
453,4	±1,5	453,3	-0,10	0,00	9,07	
459,4	±1,5	459,3	-0,10	0,10	9,19	
536,4	±1,5	535,9	-0,53	0,06	10,73	
637,5	±1,5	637,1	-0,43	0,06	12,75	

Tabla 2. Resultados de Comprobación Escala Longitud de Onda.

Figura 37. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 3)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No.: 1.Espectrofotómetro

Página 4 de 4

En la tabla 2 se presentan los valores de comprobación para la escala de longitud de onda, en la primera columna se indican los valores certificados para longitud de onda del filtro de Oxido de Holmio, luego se muestran las tolerancias, lecturas y características metrologicas como error, repetibilidad e incertidumbre expandida.

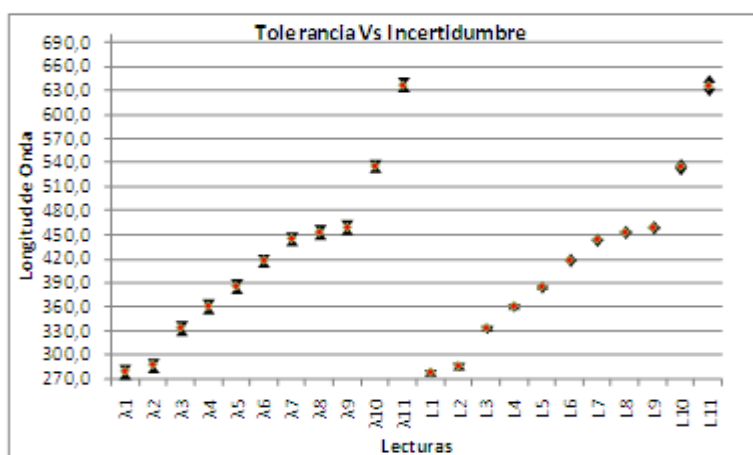


Figura 2. Tolerancia vs incertidumbre en escala de longitud de onda

En la figura 2 se observan los resultados de comprobación de la escala de longitud de onda. ($\lambda 1 \pm T, \dots, \lambda 11 \pm T$) son las diferentes longitudes de onda con la tolerancia y ($L 1 \pm U, \dots, L 11 \pm U$) son las lecturas del instrumento con la incertidumbre expandida.

Observaciones:

Esta constancia de comprobación presenta los errores del instrumento sin definir un estado metrologico.

Figura 38. Formato para comprobación espectrofotómetros (página 4)

3.5.3 Calibración medidores de turbiedad.

Este procedimiento se detalla para un medidor de turbiedad 2100N, pero es aplicado a los modelos 2100P y 2100AN.

1. Patrones.

Soluciones de formazina estabilizada ya referenciados.

Para medidores de turbiedad modelo 2100N y 2100AN, se utilizan los valores nominales de 0,1NTU, 20NTU, 200NTU, 1000NTU, 4000NTU, 7500NTU. Para el modelo 2100P se utiliza los valores 0.1NTU, 20NTU, 100NTU, 800NTU.

2. Mesurando.

Variable a medir turbiedad, unidades de medida NTU, rango con (Ratio on): 0 a 4000NTU en configuración (punto decimal automático). Exactitud $\pm 2\%$ de la lectura más 0,01NTU de 0 a 1000NTU, y $\pm 5\%$ de la lectura de 1000 a 4000NTU. Condiciones ambientales: 0 a 40°C a 90% humedad relativa no condensada @ 25°C; 0 a 75% humedad relativa no condensada @ 40°C . Resolución en el menor rango: 0,001. Repetibilidad $\pm 1\%$ de la lectura o $\pm 0,01$ NTU el más grande. Fuente de voltaje 115/230 Vac $\pm 17\%$, 50/60 Hz (selección automática). Fuente de luz: lámpara de tungsteno (vida típica 8,800 horas). Temperatura de la muestra 0 a 95°C. Tiempo de estabilidad 30 minutos con Ratio on.

3. Identificación fuentes de incertidumbre.

- Incertidumbre del patrón o material de referencia.

Como se puede ver en la sección 3.2.3 patrones para medidores de turbiedad, en el certificado de análisis para soluciones de formazina se expresa el rango de especificación y el resultado del análisis. La incertidumbre del estándar se determina asumiendo una distribución rectangular, reemplazando los valores de especificación a_+ y a_- en la ecuación (30).

- Repetibilidad de lecturas.

Se toman 10 lecturas de cada estándar de formazina ($n=10$), en condiciones de repetibilidad, aplicando aceite siliconado a las celdas y revolviendo bien la solución antes de introducirla sin generar burbujas y alineando las guías de celda y equipo, se debe revolver la celda para cada lectura y la lectura es la que inmediatamente indica el equipo al presionar lectura.

- Incertidumbre por características del propio instrumento.

En esta guía principalmente se tendrá en cuenta la incertidumbre debida a la resolución del instrumento.

- Variaciones de las condiciones ambientales.

Se asume que el instrumento opera en el rango de temperatura adecuado 0 a 40°C a 90% humedad relativa no condensada @ 25°C; 0 a 75% humedad relativa no condensada @ 40°C, por lo cual no se agrega incertidumbre por esta parte.

4. Cálculo de incertidumbres estándar.

- Incertidumbres estándar del patrón:

A la columna en la tabla 17 especificación se le aplica la ecuación (30), para calcular la incertidumbre estándar de cada patrón ($S_{B1,B2,\dots,B6}$). En la tabla 17 se presenta la incertidumbre calculada para patrones de formazina.

Tabla 17. Incertidumbre estándar patrón de turbiedad.

Valor nominal [NTU]	Resultado de análisis [NTU]	Especificación [NTU]	Incertidumbre estándar [NTU]
0,1	0,07	0 – 0,1	0,029
20	20,10	19,5 – 20,7	0,346
200	200,0	194 – 206	3,464
1000	1004,2	960 – 1040	23,094
4000	4018,7	3840 – 4160	92,376

- Incertidumbre estándar por Repetibilidad de medidas.

Se hacen diez medidas ($n=10$), aplicando la ecuación (26) se calcula el valor medio \bar{x} , mediante la ecuación (27) se calcula la desviación estándar σ_{Ai} , y se calcula la incertidumbre estándar (S_{Ai}) por medio de (28). Para cada uno de los estándares se elabora la tabla 18.

Tabla 18. Incertidumbre por repetibilidad lecturas de turbiedad.

Estándar 0,1 NTU, 20NTU,.....,4000NTU									
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
$\bar{x}_{1,2,\dots,6}$		$\sigma_{A1,A2,\dots,A6}$		$S_{A1,A2,\dots,A6}$					

- Incertidumbre estándar por resolución.

Dependiendo del rango de medida el equipo varía su resolución, las resoluciones que se van a manejar en este caso son: 0,001, 0,1, y 1.

Se asume que la resolución genera una incertidumbre con una distribución rectangular, por lo tanto se utiliza la ecuación (30) para el cálculo de la incertidumbre estándar ($S_{R1,R2,\dots,R3}$). En la tabla 19 se observan las incertidumbres por resolución para un turbidímetro.

Tabla 19. Incertidumbre por resolución turbidímetros.

Resolución ($a_+ - a_-$)	Incertidumbre estándar
0,001	0,0003
0,1	0,03
1	0,3

5. Cálculo de la incertidumbre estándar combinada.

Para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se utiliza la ecuación (33), con la cual se hace la suma de incertidumbres individuales, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$u_{c1} = \sqrt{(S_{B1})^2 + (S_{A1})^2 + (S_{R1})^2}$$

$$u_{c2} = \sqrt{(S_{B2})^2 + (S_{A2})^2 + (S_{R2})^2}$$

$$u_{cn} = \sqrt{(S_{Bn})^2 + (S_{An})^2 + (S_{Rn})^2}$$

Donde $u_{c1}, u_{c2}, \dots, u_{cn}$, corresponde a la incertidumbre estándar combinada para cada uno de los patrones de turbiedad.

6. Cálculo incertidumbre expandida.

Teniendo en cuenta la sección 3.1.2.8 Cálculo de la incertidumbre expandida, se determina que se presentaran los resultados con un nivel de confianza del 95% de probabilidad, asumiendo una distribución normal, y mediante la

multiplicación de la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura $K=2$.

Se tiene entonces las siguientes expresiones para la incertidumbre expandida de cada patrón:

$$U_1 = k * u_{c1}$$

$$U_2 = k * u_{c2}$$

$$U_n = k * u_{cn}$$

7. Expresión de los resultados.

De acuerdo con la sección 3.1.2.9 expresión de la medida y su incertidumbre, se presenta en la tabla 20 los resultados de las medidas junto a la incertidumbre expandida U con factor de cobertura $k=2$, asociado a cada medida, además del error absoluto y la repetibilidad de las medidas.

$$A_1 = \bar{A}_1 \pm U_1$$

$$A_2 = \bar{A}_2 \pm U_2$$

$$A_6 = \bar{A}_6 \pm U_6$$

Tabla 20. Resultados de comprobación turbidímetros.

V patrón [NTU]	Tolerancia [NTU]	Lectura [NTU]	Error [NTU]	Repetibilidad [NTU]	U [NTU]
0,04	0,011	0,0502	0,0102	0,0004	0,0577
19,97	0,409	20,15	0,18	0,053	0,467
201,0	4,030	201,4	0,4	0,52	4,67
989,0	19,790	1005,7	16,7	1,25	34,65
3998,0	199,900	4052,2	54,2	0,42	184,75
7616,0	761,600	7704,2	88,2	1,93	433,01

8. Establecer límites de tolerancia.

Para el propósito de calcular los límites de tolerancia se calcula el porcentaje especificado de exactitud en el instrumento al valor certificado del patrón, luego se suma y resta este porcentaje al valor patrón creando así los límites para la

exactitud del equipo. La repetibilidad se determina con la desviación estándar de las lecturas realizadas. La tabla 21 presenta el resultado de los límites para el turbidímetro 2100N.

Tabla 21. Límites de exactitud en turbidímetros.

Valor nominal [NTU]	Valor real [NTU]	Exactitud [NTU]	Límite inferior [NTU]	Límite superior [NTU]
Rango 0 - 1000		±2% de valor real más 0,01 NTU	Valor real (-) exactitud	Valor real (+) exactitud
0,1	0,07	0,011	0,059	0,081
20	20,10	0,412	19,688	20,512
200	200,0	4,01	195,99	204,01
Rango 1000 - 4000		±5% de valor real	Valor real (-) exactitud	Valor real (+) exactitud
1000	1004,2	50,21	953,99	1054,41
4000	4018,7	200,94	3817,77	4219,64

9. Elaboración informe de calibración.

Se elaboro un informe de calibración Según NTC-4054, donde se consigna en general la información del cliente, las fechas de inicio y terminación, información de personal responsable en CEIINC, los resultados de la calibración en una tabla y diferentes gráficos que permitan al cliente de manera fácil analizar los datos obtenidos para la escala de turbiedad. Por último el informe lleva un corto juicio acerca del estado metrológico del equipo y las observaciones pertinentes.

En las figuras 39, 40, y 41 se presenta el formato para informe de comprobación de medidores turbiedad 2100AN.



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : 1.Turbiedad

Página 1 de 3

Solicitante.

Compañía:	<u>PROPAL S.A</u>	Dependencia:	<u>Lab. Tecnología de Procesos</u>
Nombre:	<u>Ing. Carlos Arce</u>	Teléfono/Correo:	<u>314 342389</u>
Dirección:	<u>Vía a Yumbo</u>		

Instrumento.

Tipo:	<u>Medidor de Turbiedad</u>	Fabricante:	<u>HACH</u>
Rango:	<u>0 – 10000 NTU</u>		
Modelo:	<u>2100N</u>	Numero de Serie:	<u>212121212121</u>

Lugar de Comprobación:
Lab. Tecnología de Procesos
Número de Páginas:2

Fecha de Comprobación:
Mayo 15 de 2009
Número de Anexos:5

Elaboro:

Aprobó:

Metrólogo:John Fredy Gallón

Ing.Fabián Cortes

- La reproducción de esta acta no está autorizada sino en la forma de copia integral.
- Este documento no se puede utilizar en lugar de un certificado de calibración.
- Este documento se realizo siguiendo las recomendaciones dadas en la norma NTC 4054 y en la cual se define el acta de comprobación. Este documento se puede utilizar para demostrar el enlace del medio de medición a los patrones nacionales o internacionales, siempre que responda a las recomendaciones de la norma NTC 4056.

Figura 39. Formato para comprobación turbidímetros (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : 1.Turbiedad

Página 2 de 3

Declaración de Patrones:

La formazina y las soluciones StablCal, que provee HACH no son trazables NIST por que el NIST no crea patrones de turbidez. Sin embargo, el uso de formazina y StablCal, como lo usa HACH en el método 8195 son aceptados por la EPA, como estándares primarios. Anexo certificado.

Procedimiento para cálculo de incertidumbres:

Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA

Procedimiento de comprobación utilizado:

Procedimiento interno CEIINC LTDA referencia: PC2100AN.

Condiciones de Medición:

Método de Comprobación: Comparación
Puntos de Comprobación: 6
Tolerancia: $\pm 2\%$ mas 0,01 de 0 a 1000, $\pm 5\%$ de 1000 a 4000, 10% de 4000 a 10000 NTU
Condiciones Ambientales: Temperatura: 25°C, Humedad relativa: 90%

Resultados de Comprobación:

V patrón [NTU]	Tolerancia [NTU]	Lectura [NTU]	Error [NTU]	Repetibilidad [NTU]	U [NTU]	Estado
0,04	0,011	0,0502	0,0102	0,000421637	0,05773853	
19,97	0,409	20,15	0,18	0,052704628	0,46666667	
201,0	4,030	201,4	0,4	0,516397779	4,66619045	
989,0	19,790	1005,7	16,7	1,251665557	34,6548698	
3998,0	199,900	4052,2	54,2	0,421637021	184,753181	
7616,0	761,600	7704,2	88,2	1,9	433,0	

Tabla 1. Resultados de Comprobación.

En la tabla 1 se presenta los resultados de la comprobación del instrumento 2100AN. En esta tabla se indican los valores patrón certificados, la tolerancia para el equipo, lecturas del instrumento, error absoluto, repetibilidad de las lecturas e incertidumbre expandida con un factor de cobertura $k=2$.

Figura 40. Formato para comprobación turbidímetros (página 2)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 - www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No.: 1.Turbiedad

Página 3 de 3

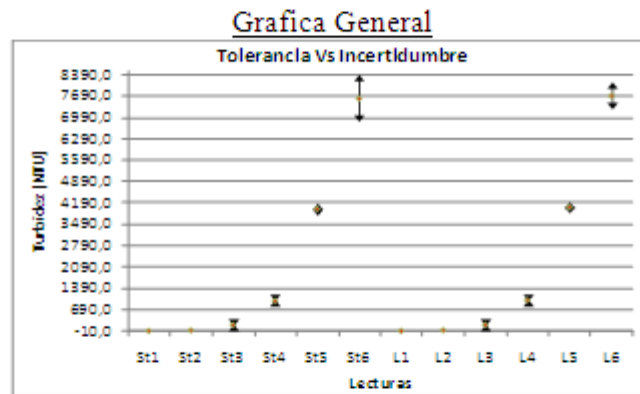


Figura 1. Tolerancia vs Incertidumbre para cada patrón de formazina.

En la figura 1 se observan los resultados de la comprobación, donde $St1 \pm T, \dots, St6 \pm T$ son los valores patrón junto con la tolerancia. Y $L1 \pm U, \dots, L6 \pm U$ son las lecturas del instrumento junto a su incertidumbre expandida.

Observaciones:

Esta constancia de comprobación indica los errores del equipo sin emitir un juicio de su estado metrológico.

Figura 41. Formato para comprobación turbidímetros (página 3)

3.5.4 Calibración medidores de pH.

Este procedimiento aplica a medidores de pH de la serie SENSION x, y HQd x. Con los debidos cambios en especificación.

1. Patrones.

Solución buffer 4,01 pH catálogo 22834-49, lote A7306, Buffer 7,00 pH catálogo 2283549, lote A7303, Buffer 10,01 pH catálogo 2283649, lote A8043.

2. Mesurando.

Modo de pH: Variable a medir pH, unidades pH, rango: -2,000 a 19,999. Resolución seleccionable: 0,1, 0,01, 0,001, Slope permitida por el equipo: 48 – 65 mV/década. Exactitud $\pm 0,002$.

Modo Mili voltaje: Rango -2000 a 2000 mV, resolución: 0,1 mV, exactitud $\pm 0,2$ o $\pm 0,05\%$ de la lectura la que sea más grande.

Modo de temperatura: -10 a 110°C, resolución 0,1°C, exactitud $\pm 1,0^\circ\text{C}$. Instrument Drift $< 40\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Requerimientos ambientales 0 a 50°C a 85% de humedad relativa no condensación.

3. Identificación fuentes de incertidumbre.

- Incertidumbre del patrón o material de referencia.

Como se ve en la sección 3.2.4 soluciones patrón para la calibración de medidores de pH, el certificado de análisis para soluciones buffer expresa la especificación de fabricación y el resultado del análisis. La incertidumbre del estándar se determina asumiendo una distribución rectangular, reemplazando los valores de especificación del certificado a_+ y a_- en la ecuación (30).

- Repetibilidad de lecturas.

Se hacen 10 lecturas de cada estándar de pH ($n=10$), se debe lavar la sonda con agua des ionizada y secar los residuos de agua sin tocar el bulbo. Almacenar la sonda en KCL 3M, antes de la calibración.

- Incertidumbre por características del propio instrumento.

Para esta guía principalmente se toma la incertidumbre por resolución.

- Variaciones de las condiciones ambientales.

Se asume que el instrumento opera en el rango de temperatura adecuado 0 a 50°C a 85% de humedad relativa no condensación. No se agrega incertidumbre debido a esto.

4. Cálculo de incertidumbres estándar.

- Incertidumbres estándar del patrón

En la figura 17 certificado para soluciones buffer de pH sobre la columna especificación se aplica la ecuación (30), para calcular la incertidumbre estándar de cada patrón ($S_{B1,B2,\dots,B6}$).

La tabla 22 muestra los resultados del cálculo de incertidumbre estándar para los tres patrones de pH.

Tabla 22. Incertidumbre patrones de pH

Valor Nominal [PH]	Valor real [PH]	Incert. St [PH]
4,00	4,016	0,012
7,00	7,004	0,012
10,00	9,9980	0,012

- Incertidumbre estándar por repetibilidad de medidas.

Se hacen diez medidas ($n=10$), aplicando la ecuación (26) se calcula el valor medio \bar{x} , mediante la ecuación (27) se calcula la desviación estándar σ_{Ai} , y se calcula la incertidumbre estándar (S_{Ai}) por medio de (28). Para cada uno de los estándares se elabora la tabla 23.

Tabla 23. Incertidumbre por repetibilidad medidores de pH

Estándar 4,00 pH, 7,00pH, 10,00pH									
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
$\bar{x}_{1,2,\dots,3}$		$\sigma_{A1,A2,\dots,A3}$		$S_{A1,A2,\dots,A3}$					

- Incertidumbre estándar por resolución.

Dependiendo del rango de medida el equipo varía su resolución, para la mayoría de los casos se configura la resolución: 0,01. Se asume que la resolución genera una incertidumbre con una distribución rectangular, por lo tanto se utiliza la ecuación (30) para el cálculo de la incertidumbre estándar (S_{Ai}). La tabla 24 muestra los resultados de esta incertidumbre.

Tabla 24. Incertidumbre por resolución medidores de pH

Resolución ($a_+ - a_-$)	Incertidumbre estándar
0,01	0,003

5. Cálculo de la incertidumbre estándar combinada.

Para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se utiliza la ecuación. (33), con la cual se hace la suma de incertidumbres individuales, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$u_{c1} = \sqrt{(S_{B1})^2 + (S_{A1})^2 + (S_{R1})^2}$$

$$u_{c2} = \sqrt{(S_{B2})^2 + (S_{A2})^2 + (S_{R2})^2}$$

$$u_{c3} = \sqrt{(S_{B3})^2 + (S_{A3})^2 + (S_{R3})^2}$$

Donde u_{c1} , u_{c2} , ..., u_{c3} , corresponde a la incertidumbre estándar combinada para cada uno de los patrones de pH.

6. Cálculo incertidumbre expandida.

Teniendo en cuenta la sección 3.1.2.8 Cálculo de la incertidumbre expandida, se determina que se presentaran los resultados con un nivel de confianza del 95% de probabilidad, asumiendo una distribución normal, y mediante la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura $K=2$.

Se tiene entonces las siguientes expresiones para la incertidumbre expandida de cada patrón:

$$U_1 = k * u_{c1}$$

$$U_2 = k * u_{c2}$$

$$U_3 = k * u_{c3}$$

7. Expresión de los resultados.

De acuerdo con la sección 3.1.2.9 expresión de la medida y su incertidumbre, se presentan los resultados de las medidas junto a la incertidumbre expandida con un factor de cobertura $k=2$, asociado a cada medición. En la tabla 25 se observan los resultados.

$$A_1 = \bar{A}_1 \pm U_1$$

$$A_2 = \bar{A}_2 \pm U_2$$

$$A_3 = \bar{A}_3 \pm U_3$$

Tabla 25. Resultados de comprobación medidores de pH

V patrón [PH]	Tolerancia [PH]	Lectura [PH]	Error [PH]	Repetibilidad [PH]	U [PH]
4,0160	0,002	4,01	-0,002	0,0052	0,0240
7,004	0,002	7,00	-0,004	0,0000	0,0238
9,9980	0,002	10,01	0,007	0,0085	0,0244

8. Establecer límites de tolerancia.

Los límites de tolerancia se crean sumando y restando la exactitud del instrumento al valor patrón. La repetibilidad se calcula del porcentaje especificado para cada promedio de lecturas. En la tabla 26 se observa los límites en cada estándar de pH.

Tabla 26. Límites de exactitud medidores de pH

Valor nominal [pH]	Valor real [pH]	Exactitud [pH]	Límite inferior [pH]	Límite superior [pH]
Rango -2,000 – 19,999			Valor real (-) exactitud	Valor real (+) exactitud
4,01	4,016	±0,002	4,014	4,018
7,00	7,004	±0,002	7,002	7,006
10,01	9,998	±0,002	9,996	10

9. Elaboración informe de calibración.

Se elaboro un informe de calibración Según NTC-4054, donde se consigna en general la información del cliente, las fechas de inicio y terminación,

información de personal responsable en CEIINC, los resultados de la calibración en una tabla y diferentes gráficos que permitan al cliente de manera fácil analizar los datos obtenidos para la escala de pH. Por último el informe lleva un corto juicio acerca del estado metrológico del equipo y las observaciones pertinentes.

En las figuras 42, 43 y 44 se presenta el formato para informe de comprobación medidores de pH.



CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : 1. PH

Página 1 de 3

Solicitante.

Compañía:	<u>PROPAL S.A</u>	Dependencia:	<u>Lab. Tecnología de Procesos</u>
Nombre:	<u>Ing. Carlos Arce</u>	Teléfono/Correo:	<u>314 342389</u>
Dirección:	<u>Vía a Yumbo</u>		

Instrumento.

Tipo:	<u>Medidor de PH</u>	Fabricante:	<u>HACH</u>
Rango:	<u>-2,000 – 19,999</u>		
Modelo:	<u>SENSION 3</u>	Numero de Serie:	<u>2121212121</u>

Lugar de Comprobación:
Lab. Tecnología de Procesos
Número de Páginas:2

Fecha de Comprobación:
Mayo 15 de 2009
Número de Anexos:3

Elaboro:

Aprobó:

Metrólogo: Elija un elemento.

Ing. Elija un elemento.

- La reproducción de esta acta no está autorizada sino en la forma de copia integral.
- Este documento no se puede utilizar en lugar de un certificado de calibración.
- Este documento se realizo siguiendo las recomendaciones dadas en la norma NTC 4054 y en la cual se define el acta de comprobación. Este documento se puede utilizar para demostrar el enlace del medio de medición a los patrones nacionales o internacionales, siempre que responda a las recomendaciones de la norma NTC 4056.

Figura 42. Formato de comprobación medidores de pH (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : 1. PH

Página 2 de 3

Declaración de Patrones:

El ítem 2283449 es trazable al estándar NIST SRM 185h Ftalato hidrogeno de potasio lot N/A. El ítem 2283549 es trazable al estándar NIST SRM 186-I-g y (186If), 186-II-g y (186IIf) Fosfato dihidrogeno de potasio y fosfato hidrogeno de disodio lot N/A. el ítem 2283649 es trazable al estándar NIST SRM 191-I-C y (191b) bicarbonato de sodio, 191-II-C y (192b) de carbonato de sodio lot N/A.

Procedimiento para cálculo de incertidumbres:

- ☞ Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA

Procedimiento de comprobación utilizado:

Procedimiento interno CEIINC LTDA referencia: PCDSENSION3.

Condiciones de Medición:

Método de Comprobación: Comparación

Puntos de Comprobación: 3

Tolerancia: 0,002 pH

Condiciones Ambientales: Temperatura: 25°C, Humedad: 90%

□

Resultados de Comprobación:

V patrón [PH]	Tolerancia [PH]	Lectura [PH]	Error [PH]	Repetibilidad [PH]	U [PH]	Estado
4,0160	0,002	4,01	-0,002	0,005163978	0,02402776	
7,004	0,002	7,00	-0,004	0	0,02380476	
9,9980	0,002	10,01	0,007	0,008498366	0,02440401	

Tabla 1. Resultados de Comprobación.

En la tabla 1 se presentan los resultados de comprobación para medidores de pH, esta tabla indica el valor patrón certificado, tolerancia, lecturas del instrumento y las características metrológicas como error, repetibilidad e incertidumbre con un factor de cobertura $k=2$.

Figura 43. Formato de comprobación medidores de pH (página 2)



CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : 1.PH

Página 3 de 3

Graficas

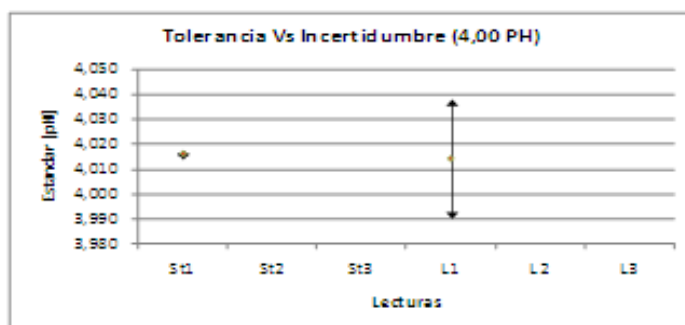


Figura 1. Tolerancia vs Incertidumbre para el patrón pH 4,00.

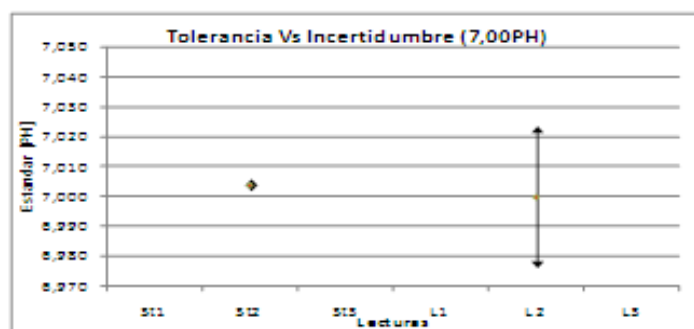


Figura 2. Tolerancia vs Incertidumbre para el patrón pH 7,00.

Las figuras 1 y 2 muestran los valores de patrones certificados St1 y St2 con su tolerancia, y las lecturas L1 y L2 con su incertidumbre expandida.

Observaciones:

Esta constancia de comprobación indica los errores del instrumento y no da un juicio del estado metrológico

Figura 44. Formato de comprobación medidores de pH (página 3)

3.5.5 Calibración medidores de conductividad.

Este procedimiento aplica a medidores de conductividad de la serie SENSION xx, y HQd xx. Con los debidos cambios en especificaciones.

1. Patrones.

Soluciones de conductividad (Referencia: DKD-K-47901 Radiometer Analytical, 25 uS/cm), (Catálogo: 2307542 ; 85.47mg/L NaCl, 180 uS/cm, 100mL), (Catálogo: 1440042 ; 491mg/L NaCl, 1000 uS/cm, 100mL).

2. Mesurando.

Variable conductividad. Unidades de medida $\mu\text{S/cm}$. Rango de medida conductividad: 0 – 19,99 μS ; 20 – 199,9 $\mu\text{S/cm}$; 200 – 1999 $\mu\text{S/cm}$; 2 – 19,99mS/cm; 20 – 199,9 mS/cm. Temperatura -10 a 105°C.

Resolución:

Conductividad:	Resolución:
0,00 – 19,99 $\mu\text{S/cm}$	0,01 $\mu\text{S/cm}$
20 – 199,9 $\mu\text{S/cm}$	0,1 $\mu\text{S/cm}$
200 – 1999 $\mu\text{S/cm}$	1 $\mu\text{S/cm}$
2 – 19,99mS/cm	0,01 mS/cm
20 – 199,9 mS/cm	0,1 mS/cm

Exactitud: $\pm 0,5\%$ del rango. Compensación de temperatura: Manual (coeficiente seleccionado por el usuario, % por °C) o Automático (no lineal, basada en soluciones de NaCl). Deriva del instrumento $<40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Requisitos medio ambientales: Temperatura de operación 0 - 50°C a 85% de humedad relativa sin condensación.

3. Identificación fuentes de incertidumbre.

- Incertidumbre de patrón o material de referencia.

Como se puede ver en la sección 3.2.5 patrones para medidores de conductividad, el certificado de análisis para soluciones de conductividad expresa la especificación de fabricación y el resultado del análisis. La incertidumbre del estándar se determina asumiendo una distribución rectangular, reemplazando los valores de especificación en el certificado a_+ y a_- en la ecuación (30).

- Repetibilidad de lecturas.

Se hacen 10 lecturas de cada estándar de conductividad (n=10), se debe lavar la sonda con agua des ionizada entre medidas y secar residuos de agua.

- Incertidumbre característica del propio instrumento.

Principalmente debido al instrumento se toma la incertidumbre por resolución.

- Variaciones de las condiciones ambientales.

Se asume por norma que el instrumento opera en el rango de temperatura adecuado de 0 - 50°C a 85% de humedad relativa sin condensación., por lo cual no se agrega incertidumbre por esta parte.

4. Cálculo de incertidumbres estándar.

- Incertidumbres estándar del patrón

A la columna especificación en la tabla 27 se le aplica la ecuación (30), para calcular la incertidumbre estándar de cada patrón ($S_{B1,B2,\dots,B6}$).

Tabla 27. Incertidumbre patrón de conductividad.

Valor nominal [$\mu\text{S/cm}$]	Resultado de análisis [$\mu\text{S/cm}$]	Especificación [$\mu\text{S/cm}$]	Incertidumbre estándar [$\mu\text{S/cm}$]
25	25,23	$\pm 0,16$	0,092
180	180	170 –190	5,774
1000	1000	990 –1010	5,774

- Incertidumbre estándar por repetibilidad de medidas

Se hacen diez medidas para cada estándar de pH ($n=10$), aplicando la ecuación (26) se calcula el valor medio \bar{x} , mediante la ecuación (27) se calcula la desviación estándar σ_{Ai} , y se calcula la incertidumbre estándar (S_{Ai}) por medio de (28). Para cada uno de los estándares se elabora la tabla 28 donde se registran y calculan los valores mencionados.

Tabla 28. Incertidumbre por repetibilidad medidores conductividad

Estándar: 18,000 μS/cm, 180 μS/cm,.....,1000 μS/cm									
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
$\bar{x}_{1,2,\dots,3}$		$\sigma_{A1,A2,\dots,A3}$		$S_{A1,A2,\dots,A3}$					

- Incertidumbre estándar por resolución

Dependiendo del rango de medida el equipo varía su resolución, las resoluciones que se van a manejar en este caso son: 0,01, 0,1, 1.

Se asume que la resolución genera una incertidumbre con una distribución rectangular, por lo tanto se utiliza la ecuación (30) para el cálculo de la incertidumbre estándar ($S_{R1,R2,\dots,R3}$). En tabla 29 se indica el resultado de este cálculo

Tabla 29. Incertidumbre por resolución medidores de conductividad

Resolución ($a_+ - a_-$)	Incertidumbre estándar
0,1	0,03
1	0,3

5. Cálculo de incertidumbre estándar combinada

Para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se utiliza la ecuación. (33), con la cual se hace la suma de incertidumbres individuales, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$u_{c1} = \sqrt{(S_{B1})^2 + (S_{A1})^2 + (S_{R1})^2}$$

$$u_{c2} = \sqrt{(S_{B2})^2 + (S_{A2})^2 + (S_{R2})^2}$$

$$u_{c3} = \sqrt{(S_{B3})^2 + (S_{A3})^2 + (S_{R3})^2}$$

Donde $u_{c1}, u_{c2}, \dots, u_{c3}$, corresponde a la incertidumbre estándar combinada para cada uno de los patrones de conductividad.

6. Cálculo incertidumbre expandida.

Teniendo en cuenta la sección 3.1.2.8 Cálculo de la incertidumbre expandida, se determina que se presentaran los resultados con un nivel de confianza del 95% de probabilidad, asumiendo una distribución normal, y mediante la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura $K=2$.

La incertidumbre expandida de cada patrón se obtiene de la siguiente forma:

$$U_1 = k * u_{c1}$$

$$U_2 = k * u_{c2}$$

$$U_3 = k * u_{c3}$$

7. Expresión de los resultados.

De acuerdo con la sección 3.1.2.9 expresión de la medida y su incertidumbre, se presentan los resultados de las medidas junto a la incertidumbre expandida con factor de cobertura $k=2$, asociada a cada medida.

$$A_1 = \bar{A}_1 \pm U_1$$

$$A_2 = \bar{A}_2 \pm U_2$$

$$A_3 = \bar{A}_3 \pm U_3$$

La tabla 30 muestra los resultados de exactitud y repetibilidad junto a la incertidumbre expandida U y el error absoluto.

Tabla 30. Resultados de comprobación medidores de conductividad

V patrón [μS/cm]	Tolerancia [μS/cm]	Lectura [μS/cm]	Error [μS/cm]	Repetibilidad [μS/cm]	U [μS/cm]
25,23	0,900	24,8	-0,43	0,27	0,26
190,0	0,900	188,7	-1,28	0,50	11,57
1002,0	8,995	998	-4,20	0,63	11,57

8. Establecer límites de tolerancia.

En este caso los límites de tolerancia en exactitud se determinan calculando el porcentaje especificado para cada rango de medida en el equipo. La tabla 31 indica el resultado de este cálculo.

Tabla 31. Límites de exactitud medidores de conductividad

Valor nominal [μS/cm]	Valor real [μS/cm]	Exactitud [μS/cm]	Límite inferior [μS/cm]	Límite superior [μS/cm]
Rango 20 – 199,9		±0,5% del Rango	Valor real (-) exactitud	Valor real (+) exactitud
25	25,23		24,331	26,130
Rango 20 – 199,9		±0,5% del Rango	Valor real (-) exactitud	Valor real (+) exactitud
180	190		181,005	198,995
Rango 200 – 1999		±0,5% del Rango	Valor real (-) exactitud	Valor real (+) exactitud
1000	1002,0		993,005	1010,995

9. Elaboración informe de calibración.

Se elaboro un informe de calibración Según NTC-4054, donde se consigna en general la información del cliente, las fechas de inicio y terminación, información de personal responsable en CEIINC, los resultados de la

calibración en una tabla y diferentes gráficos que permitan al cliente de manera fácil analizar los datos obtenidos para la escala conductividad. Por último el informe lleva un corto juicio acerca del estado metrológico del equipo y las observaciones pertinentes.

En las figuras 45, 46 y 47 se presenta el formato para Informe de comprobación de medidores de conductividad.



CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : 1. Conductividad

Página 1 de 3

Solicitante.

Compañía:	<u>PROPAL S.A</u>	Dependencia:	<u>Lab. Tecnología de Procesos</u>
Nombre:	<u>Ing. Carlos Arce</u>	Teléfono/Correo:	<u>314 342389</u>
Dirección:	<u>Vía a Yumbo</u>		

Instrumento.

Tipo:	<u>Medidor de Conductividad</u>	Fabricante:	<u>HACH</u>
Rango:	<u>0,00 – 19,99 / 20 – 199,9 / 200 – 1999 µS/cm</u>		
Modelo:	<u>SENSION 7</u>	Numero de Serie:	<u>2121212121</u>

Lugar de Comprobación:
Lab. Tecnología de Procesos
Número de Páginas:2

Fecha de Comprobación:
Mayo 15 de 2009
Número de Anexos:3

Elaboro:

Aprobó:

Metrólogo: Elija un elemento.

Ing. Elija un elemento.

- La reproducción de esta acta no está autorizada sino en la forma de copia integral.
- Este documento no se puede utilizar en lugar de un certificado de calibración.
- Este documento se realizo siguiendo las recomendaciones dadas en la norma NTC 4054 y en la cual se define el acta de comprobación. Este documento se puede utilizar para demostrar el enlace del medio de medición a los patrones nacionales o internacionales, siempre que responda a las recomendaciones de la norma NTC 4056.

Figura 45. Formato para comprobación medidores de conductividad (página 1)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No.: 1. Conductividad

Página 2 de 3

Declaración de Patrones:

Soluciones de conductividad (Referencia: DKD-K-47901 Radiometer Analytical, 25 uS/cm), (Catalogo: 2307542 ; 85.47mg/L NaCl, 180 uS/cm, 100mL), (Catalogo: 1440042 ; 491mg/L NaCl, 1000 uS/cm, 100mL).

Procedimiento para cálculo de incertidumbres:

Guía metodológica general del cálculo de incertidumbres CEIINC LTDA

Procedimiento de comprobación utilizada do:

Procedimiento interno CEIINC LTDA referencia: PCDSENSION7.

Condiciones de Medición:

Método de Comprobación: Comparación
Puntos de Comprobación: 3
Tolerancia: $\pm 0,5\%$ del rango
Condiciones Ambientales: Temperatura: 25°C, Humedad relativa: 90%

Resultados de Comprobación:

V patrón [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Tolerancia [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Lectura [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Error [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Repetibilidad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	U [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Estado
25,23	0,900	24,8	-0,43	0,27	0,3	
190,0	0,900	188,7	-1,28	0,50	11,6	
1002,0	8,995	998	-4,2	0,63	12	

Tabla 1. Resultados de Comprobación.

En la tabla 1 se presentan los resultados de comprobación para el medidor de conductividad referenciado. La tabla contiene información acerca del valor certificado del patrón, tolerancia, lecturas del instrumento, errores repetibilidad e incertidumbre expandida con factor de cobertura $k=2$.

Figura 46. Formato para comprobación medidores de conductividad (página 2)



CEIINC Ltda.

Control E Instrumentación Industrial De Colombia Ltda.
Dirección: Calle 28 Norte # 6B - 11 B// Santa Mónica Residencial
PBX: (2) 524 01 61 – www.ceiincltda.net - techserv@ceiincltda.net

CONSTANCIA DE COMPROBACION

Acta de comprobación
No. : 1. Conductividad

Página 3 de 3

Graficas

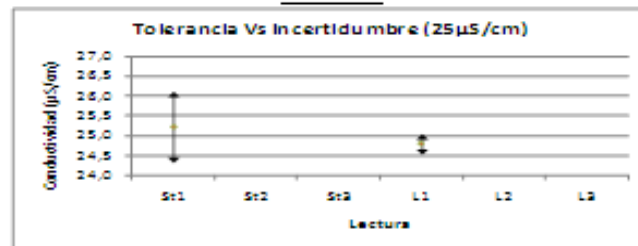


Figura 1. Tolerancia vs Incertidumbre patrón de 25µS/cm

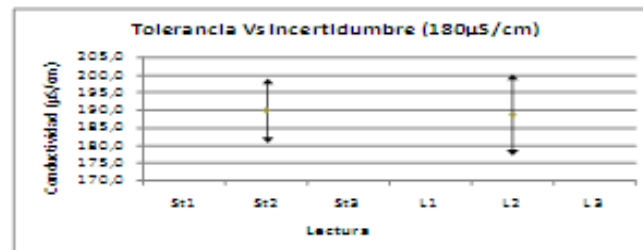


Figura 2. Tolerancia vs Incertidumbre patrón de 180µS/cm

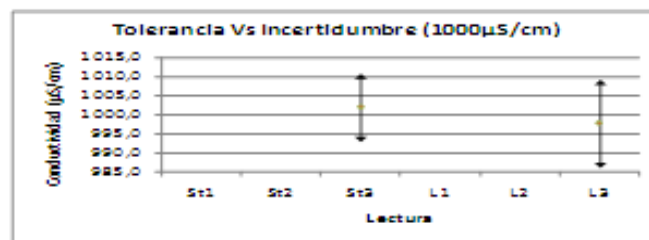


Figura 3. Tolerancia vs Incertidumbre patrón de 1000µS/cm

En las graficas 1,2 y 3 se muestran los resultados de comprobación para el medidor de conductividad referenciado, St1, St2, St3 son los valores certificados con la tolerancia del instrumento, y L1, L2, L3 son las lecturas del instrumento con su respectiva incertidumbre expandida.

Observaciones:

Figura 47. Formato para comprobación medidores de conductividad (página 3)

4 CONCLUSIONES

Se elaboró una guía de mantenimiento y calibración para el instrumental de laboratorio en la empresa CEIINC LTDA como apoyo a la gestión de calidad en sus mediciones y como primer paso hacia un proceso de acreditación en la NTC-ISO/IEC 17025 (2005).

Se diseñó una Guía General para el Cálculo de Incertidumbres aplicada al instrumental de CEIINC LTDA con base en la norma GTC51.

Los patrones para mantenimiento y calibración del instrumental de laboratorio se seleccionaron y compraron con base en los criterios desarrollados en este trabajo.

Se elaboraron los procedimientos y formatos de informes para mantenimiento y calibración del Instrumental de laboratorio CEIINC LTDA.

Teniendo en cuenta el análisis de resultados, se reafirma que para mejorar la incertidumbre obtenida en las mediciones se deben utilizar patrones con incertidumbre más pequeña que la tolerancia de los instrumentos a calibrar, siguiendo estrictamente la NTC-4056.

La selección de patrones se realizó con base en la recomendación de la fábrica de instrumentos HACH, que además fabrica sus propios patrones. Sin embargo los patrones no cumplen con las especificaciones para calibración de los equipos y solamente pueden utilizarse para efectuar una comprobación de ellos. Hecho que se reportó a HACH y se encuentra en estudio.

Este trabajo no pretende abarcar todos los numerales de las normas citadas para su desarrollo, pues constituiría un proceso extenso el cual apuntaría a una acreditación en la norma 17025 que no es objetivo de este trabajo.

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica de las normas se determina que la empresa CEIINC LTDA solo está autorizada para presentar a sus clientes informes de comprobación o verificación y no informes o certificados de calibración, pues no tiene acreditación en la NTC-ISO/IEC 17025.

BIBLIOGRAFIA

- [1] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. Bogotá: ICONTEC, 2003. 22p. (NTC-ISO 10012)
- [2] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Bogotá: ICONTEC, 2005. 35p. (NTC-ISO/IEC 17025)
- [3] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones. Bogotá: ICONTEC, 1997. 158p. (GTC 51)
- [4] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Metrología. Metrología en la empresa. Constancia de comprobación de los medios de medición. Bogotá: ICONTEC, 1996. 10p. (NTC 4054)
- [5] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Metrología en la empresa. Modalidades prácticas para la elaboración de procedimientos de calibración y comprobación de los medios de medición. Bogotá: ICONTEC, 1996. 12p. (NTC 4055)
- [6] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Metrología. Metrología en la empresa. Ensayos. Enlace de los resultados de medida a los patrones. Bogotá: ICONTEC, 1996. 24p. (NTC 4056)
- [7] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio tesis y otros trabajos de grado. Bogotá: ICONTEC, 2004.

- [8] PENNELLA R. Metrología manual de implementación. México. LIMUSA. 2005. 180 p.
- [9] WEBSTER J.G. Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook. CRC Prees LLC.1999. p 1854 -1902.
- [10] ROMERO ROJAS, J. Calidad del agua. 2 ed. Colombia. Editorial escuela colombiana de ingeniería. 2005. p 37 – 114.
- [11] SKOOG, D. HOLLER, J. NIEMAN, T. Principios de análisis instrumental. 5 ed. España. Mc Graw Hill. 2001. p 122 – 200.
- [12] QUINTANILLA M, C Análisis de agua determinación de la conductividad electrolítica método de prueba. Secretaria de comercio y fomento industrial. México D.F. 22 p.
- [13] APHA, AWWA, WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17 ed. Madrid: Diaz de Santos.1992. p. 2-63.
- [14] HACH COMPANY. Model 2100AN laboratory turbidimeter instrument Service manual. 2000. p 38..
- [15] HACH COMPANY. Model DR2800 Spectrophotometer. Service Manual. V 1.2. p 67.
- [16] Kohlmann, Frederick J. What is pH, and how is it measured. EEUU. Hach Company, 2003. 23p.
- [17] Conductividad. Sensores ambientales. GUEMISA. Disponible en Internet. <www.guemisa.com/ambien/docus/completo%20Conductividad.pdf>

[18] GARRIDO GARCIA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. España. Díaz de Santos. 2003

[19] HACH COMPANY. Model Pocket Colorimeter II. DWG No 59530XX.