

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en equipos analíticos de líquidos y gases para una planta termoeléctrica

Trabajo de graduación presentado por

Debby Silvania Fong Celada

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología  
Industrial

Guatemala,

2013



Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en equipos analíticos de líquidos y gases para una planta termoeléctrica

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en equipos analíticos de líquidos y gases para una planta termoeléctrica

Trabajo de graduación presentado por

Debby Silvania Fong Celada

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología Industrial

Guatemala,

2013

Vo. Bo.:

(f)



Ing. Sergio Estuardo Barrera Urrutia

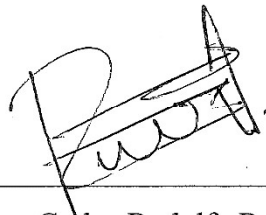
Tribunal Examinador:

(f)



Ing. Sergio Estuardo Barrera Urrutia

(f)



Ing. Carlos Rodolfo Ruíz Rivera

(f)



Inga. Alejandra Francisca Bonilla Barreda

Fecha de aprobación: Guatemala, 24 de mayo de 2013

# ÍNDICE

	Página
Lista de cuadros	xv
Lista de figuras	xvii
Resumen	xix
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
III. Justificación	5
IV. Marco teórico	
<b>A. CONCEPTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO</b>	<b>7</b>
1. Mantenimiento como fuente de rentabilidad	7
2. Tipos de mantenimiento	8
3. Mantenimiento preventivo	9
a. Visita programa	10
b. Inspección programada	10
4. Técnicas de mantenimiento	11
a. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	11
b. Análisis Causa Raíz (ACR)	11
c. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	12
d. Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO)	12
5. Análisis costo beneficio para un sistema de mantenimiento	13
a. Fiabilidad de ingeniería	14
b. Identificación de costos beneficios	14
1) Costo tangible	14
2) Costo intangible	14

3) Beneficio tangible	15
4) Beneficio intangible	15
6. Conceptos básicos de instrumentación	15
a. Control de procesos	15
b. Factores que afectan una medición	16
1) Exactitud de la medición	16
2) Precisión	16
3) Resolución	16
4) Repetibilidad	16
5) Reproducibilidad de la medición	16
6) Linealidad	16
7) Histéresis	17
8) Error de medición	17
c. Rango y span	17
d. Calibración	18
e. Patrones de calibración	18
1) Patrón	18
2) Patrón nacional	18
3) Patrón secundario	18
4) Patrón de trabajo	18
5) Buffer patrón	18
6) Trazabilidad de la medición	19
7. Documentación requerida para control de mantenimiento preventivo en equipos analíticos	19
a. Manual del fabricante	19
1) Manual de instalación	19
2) Manual de operación	19
3) Manual de mantenimiento	19
b. Certificaciones de calibración de equipo y patrones de calibración	20
c. Hoja de datos	20

d.	Hoja de especificaciones	20
e.	Hoja de calibración del instrumento	20
f.	Hoja de datos de seguridad de materiales	21
	1) Propósito de utilizar una MSDS	21
	2) Información de una MSDS	21
	3) Quien debe realizar una MSDS	22
	4) Norma de comunicación de peligros	22
 <b>B. TEORÍA DE EQUIPOS ANALÍTICOS LÍQUIDOS Y GASES PARA UNA PLANTA TERMOELÉCTRICA</b>		 23
1.	Analizador de pH	23
a.	Principio de funcionamiento	23
b.	Celdas de medición de pH	24
	1) Electrodo de medición	25
	2) Electrodo de referencia	26
2.	Analizador de conductividad	27
a.	Principio de funcionamiento	27
b.	Sensores o celda de conductividad	30
c.	Medidor o transmisor de conductividad	32
3.	Analizador de sílice	34
a.	Principio de funcionamiento	34
b.	Principio de operación	37
4.	Analizador de sodio	39
a.	Principio de funcionamiento	39
5.	Analizador de oxígeno	42
a.	Principio de funcionamiento	42
6.	Analizador de opacidad	44
a.	Descripción del funcionamiento de los componentes del sistema	44
b.	Principio de funcionamiento	45

c.	Principio de medición	47
1)	Transmisión	47
2)	Opacidad	48
3)	Calculo de opacidad en la salida de la chimenea	49
<b>C. APLICACIONES DE CRÍTICAS DE MEDICIÓN ANALÍTICA EN UNA PLANTA TERMOELÉCTRICA</b>		<b>50</b>
1.	Importancia de medición en analítica de liquido en plantas termoeléctricas	50
2.	Problemas por mal control químico en agua del ciclo agua-vapor	51
a.	Corrosión	51
1)	Corrosión por oxígeno	51
2)	Corrosión caústica	52
3)	Corrosión en líneas de condensado	52
b.	Incrustación	53
3.	Aplicaciones de pH en plantas termoeléctricas	54
4.	Analizador de sodio en proceso de tratamiento de agua	55
a.	Descripción del proceso	56
1)	Medición básica de análisis	56
2)	Lechos de intercambio catiónico	56
3)	Lechos mixtos	56
4)	Plantas de clarificación de condensado	56
b.	Puntos de medición	56
1)	Salida lecho de catión	56
2)	Salida lecho mixto	57
3)	Salida planta de clarificación del condensado	57
<b>D. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO</b>		<b>58</b>

1. Procedimiento de mantenimiento y calibración	58
a. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de pH	59
1) Mantenimiento	59
a) Procedimientos generales de mantenimiento al cuerpo del analizador de pH	59
b) Mantenimiento básico del sensor	59
c) Comprobación de electrodo de referencia	60
d) Limpieza de sensores de pH	61
e) Cuidados importantes en el mantenimiento	62
2) Calibración	62
a) Buffer de calibración	62
b) Error en buffer de calibración	63
c) Toma muestra de normalización de pH	63
d) Calibración de sensores de pH	63
e) Correcto almacenamiento de sensores de pH	65
b. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de conductividad	65
1) Mantenimiento	65
a) Procedimientos generales de mantenimiento al cuerpo del analizador de conductividad	65
b) Mantenimiento básico del sensor	65
2) Calibración	66
a) Calibración contra una solución estándar	66
b) Calibración contra un sensor de referencia y el analizador	66
c. Procedimiento de mantenimiento y calibración de un analizador de sílice	67
1) Medidas de seguridad en el mantenimiento y calibración	67
a) Advertencia	67
b) Precauciones en soluciones químicas	67
2) Mantenimiento	68
a) Programa de inspección	68

b) Mantenimiento programado	69
c) Mantenimiento anual	69
3) Calibración	70
d. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de sodio	70
1) Medidas de seguridad	70
a) Advertencia	70
b) Precauciones en soluciones químicas	71
2) Disoluciones químicas	72
3) Mantenimiento	73
a) Programa de inspección	73
b) Mantenimiento programado	73
c) Mantenimiento anual	75
4) Calibración	75
e. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de oxígeno	75
1) Medidas de seguridad	75
a) Peligros en la sonda	75
b) Precauciones en la sonda	76
c) Precauciones en el transmisor	77
2) Mantenimiento	77
a) Mantenimiento programado	77
3) Calibración	78
a) Calibración automática 1 punto	78
b) Calibración automática 2 puntos	78
c) Calibración desviación	79
d) Calibración manual-factor	79
e) Calibración manual dos puntos	79
f. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de opacidad	79
1) Mantenimiento	79
a) Limpiar partes externas de la unidad	80
b) Limpieza de la sonda	80

2) Calibración	80
2. Programa de mantenimiento	81
a. Programa mensual de mantenimiento	82
b. Plan de mantenimiento	83
1) Plan de mantenimiento de pH	83
2) Plan de mantenimiento de conductividad	84
3) Plan de mantenimiento de sílice	85
a) Inspección programada	85
b) Mantenimiento programado	86
c) Mantenimiento anual	87
4) Plan de mantenimiento de sodio	88
a) Inspección programada	88
b) Mantenimiento programado	89
c) Mantenimiento anual	90
5) Plan de mantenimiento de oxígeno	91
6) Plan de mantenimiento de opacidad	92
<b>E. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS ANALÍTICOS DE LÍQUIDOS Y GASES</b>	<b>93</b>
1. Costos obtenidos	95
a. Costos de implementación de equipo analítico	95
b. Costos tangibles	98
2. Beneficios esperados	103
a. Beneficios tangibles	103
b. Beneficios intangibles	103
V. Metodología	107
VI. Resultado	109

VII.	Análisis de resultados	111
VIII.	Conclusiones	113
IX.	Recomendaciones	115
X.	Bibliografía	117
XI.	Anexos	113
XII.	Glosario	159

## LISTA DE CUADROS

	Página
1. Problemas y sugerencias para limpieza de sensores de pH	61
2. Programa de mensual de mantenimiento	82
3. Equipo analítico a implementar en una planta	94
4. Equipo analítico a implementar en una planta	95
5. Inversión inicial de equipos analíticos de líquidos y gases	96
6. Costo general del mantenimiento anual de equipos analíticos	101
7. Costos de stock de repuestos de equipos analíticos	102



## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Estrategias y ventajas del mantenimiento	9
2. Confiabilidad operacional	12
3. Ejemplo de proceso	15
4. Ejemplo de un control de procesos	16
5. Balanza de pesos muertos modelo 1305D	18
6. Ejemplo de un buffer patrón de pH	19
7. Principio de operación de pH	24
8. Celda de medición de pH	25
9. Electrodo de medición	26
10. Electrodo de referencia	26
11. Solución acuosa conduciendo	28
12. Unidad de medición de conductividad	29
13. Restricción en la resistencia debida al cable de conexión de la celda	30
14. Representación gráfica de la constante de celda	31
15. Celda de conductividad detallada	31
16. Sensor de conductividad de contacto	32
17. Funcionamiento electrónico de un medidor de cuatro electrodos	32
18. Analizador de conductividad electrolítica de cuatro electrodos	33
19. Componentes principales de un analizador de sílice ABB Navigator 600	34
20. Espectro electromagnético	35
21. Proceso químico continuo de la medición en línea de un analizador de sílice	36
22. Esquema del proceso químico de la medición en línea de un analizador de sílice	36

23.	Principio de operación de un analizador de sílice de una sola muestra	37
24.	Analizador de sodio	39
25.	Principio de funcionamiento de un analizador de sodio	40
26.	Distribución de partes de analizador de sodio	41
27.	Componentes principales de un analizador de oxígeno para combustión	42
28.	Célula de zirconio	42
29.	Construcción de sonda	43
30.	Componentes de un sistema de opacidad	44
31.	Medición de opacidad	45
32.	Disco de desplazamiento angular	45
33.	Comparación de medición en opacidad	46
34.	Comprobar el punto cero en opacidad	46
35.	Comprobar span	47
36.	Relación entre la extinción, transmisión y opacidad	48
37.	Spans para determinar la opacidad	49
38.	Ejemplo de corrosión por oxígeno	51
39.	Ejemplo de corrosión cáustica	52
40.	Aplicación de sodio en una planta de desmineralización	55
41.	aplicación de analizador de sodio en planta de clarificación de condensado	57
42.	Comprobación de electrodo de referencia	61

## RESUMEN

La medición de control en línea de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la revolución industrial. El control que realizan los equipos analíticos son fundamentales para evitar costos de mantenimiento mayor en equipo crítico del proceso, este control trae gran cantidad de beneficios intangibles para la empresa.

Se realiza un programa de mantenimiento preventivo para los equipos analíticos, empleados en la medición de las propiedades de líquidos y gases, en una planta termoeléctrica. Inicialmente, este diseño de plan de mantenimiento va enfocado en la confiabilidad de los equipos de medición para tener un monitoreo en procesos que apliquen para esta medición.

En este documento se adquiere conocimiento de cada equipo crítico de la rama de la analítica, este incluye los principios de funcionamiento de cada equipo, así como la teoría de los sensores utilizados y transmisores. Otra información importante para las personas que realizan el mantenimiento es la aplicación que tiene cada equipo el proceso de una planta termoeléctrica. Tener este tipo de conocimiento ayuda a que el técnico pueda involucrarse más al equipo y contribuya con puntos de mejora.

Otro punto importante que es necesario conocer es la documentación que se debe llevar para el mantenimiento ya que son documentos que nos ayudan a llevar historiales de los equipos, fallas en ellos, parámetros de calibración, medidas de seguridad, entre otros. Dicha información ayuda a mantener los estándares establecidos en empresas certificadas.



# I. INTRODUCCIÓN

Guatemala, en los últimos años, ha tenido un significativo cambio en las tecnologías de generación de energía eléctrica, debido al problema en el nivel de las represas que tienen las empresas hidráulicas, la cual le ha impedido que generen a toda su capacidad. Las empresas hidráulicas por su bajo costo de operación y mantenimiento son la base de generación en Guatemala para que no haya un incremento en las tarifas del precio de energía eléctrica.

El Administrador de mercado mayorista debe suministrar la energía que Guatemala necesita para poder subsistir, lo cual ha traído un aumento en empresas termoeléctricas que utilizan como combustible el carbón. Actualmente el área de la costa sur cuenta con tres empresas termoeléctricas que ya tienen estables sus procesos y varios en proyecto.

La propuesta de este plan de mantenimiento de equipos analíticos de líquidos y gases va enfocada en la confiabilidad de las mediciones de las variables, debido a la necesidad de monitorear los parámetros químicos en el agua del proceso en una planta termoeléctrica. La analítica de gases para controlar la combustión y gases de escape, eso sin olvidar los controles ambientales que se deben llevar.

La metodología que se utilizó para argumentar este documento está basada en participación de calibración de equipos analíticos, manuales de operación de equipos utilizados en el proceso de plantas termoeléctricas, entrevistas a expertos y manuales del fabricante.



## II. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

1. Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para los equipos analíticos de líquidos y gases en una planta termoeléctrica.

### B. Objetivos específicos

1. Exponer la importancia de los equipos analíticos en el proceso de una planta termoeléctrica.
2. Análisis de variables críticas de medición/control en equipos analíticos.
3. Establecer los procedimientos de calibración necesarios para cada tipo de equipo analítico de líquidos y gases.
4. Análisis de falla en equipos analíticos.
5. Desarrollar la documentación necesaria para un mejor control del equipo analítico.
6. Realizar un análisis costo-beneficio de la implementación del programa de mantenimiento preventivo para los equipos analíticos de líquidos y gases en una planta termoeléctrica.



### III. JUSTIFICACIÓN

Este plan tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de medición de cada equipo analítico, ya que es de suma importancia que la medición sea confiable para la toma de una decisión cuando un parámetro sale de lo normal en la operación ya que alerta que hay un problema en el proceso.

La aplicación que tiene la analítica de líquidos en las plantas termoeléctricas es el monitoreo continuo de parámetros químicos en los ciclos de agua y vapor que son necesarios para garantizar la calidad del agua a utilizar en el proceso. Por otra parte, uno de los principales objetivos de la analítica de gases, es ayudar a mejorar la eficiencia en el proceso de combustión y monitoreo de emisiones de gases al ambiente.

La importancia de tener un plan de mantenimiento preventivo efectivo de equipos analíticos es evitar mediciones erróneas, que podrían ocasionar paros innecesarios en operación, provocar fallas prematuras en tuberías de calderas, problemas en álabes de turbinas de vapor, contaminación excesiva en el ambiente, mala combustión en caldera, daños al equipo, incrementar costos de mantenimiento y operación.

Una de las causas más comunes de la indisponibilidad de una planta de generación eléctrica es el fallo de tubos de caldera, condensadores, intercambiadores de calor o fallos en turbina de vapor por operar con los parámetros químicos de control fuera de las especificaciones de funcionamiento. Caldera, ciclo agua-vapor, turbina y otros consumidores de vapor se ven afectados enormemente por las condiciones químicas del agua y del vapor. Los mayores problemas en el rendimiento del circuito agua-vapor de las plantas están relacionados con la acumulación de depósitos porosos en la zona de agua de los tubos de caldera, Una parte de los depósitos provienen del arrastre de los productos de corrosión generados en los sistemas previos a la caldera; otra parte proviene de la corrosión de los propios tubos de la caldera; y una última parte proviene de compuestos que arrastra el propio vapor por utilizar una agua de alimentación al sistema que no cumple con los requerimientos deseables.



## IV. MARCO TEÓRICO

### A. CONCEPTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

El concepto general de mantenimiento engloba toda serie de actividades que se realizan en una empresa o industria con el objetivo de optimizar las condiciones de los elementos físicos (máquinas, instalaciones, equipos, etc.) que constituye la empresa.

Objetivos principales del mantenimiento:

- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles.
- Evitar accidentes e incidentes, y aumentar la seguridad para las personas.
- Prolongar la vida útil de los equipos.
- Asegurar que el equipo cumpla la función para la que fue diseñado, asegurando la disponibilidad y confiabilidad del mismo.
- Cumplir con los requisitos del sistema de calidad establecidos.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas de los equipos.

1. Mantenimiento con fuente de rentabilidad. Es importante que al momento de evaluar la gestión de mantenimiento, se definan claramente los objetivos que el mantenimiento pretende conseguir. Estos objetivos se fijarán en función de los objetivos de la empresa enfocados en rentabilidad. La mejor manera de saber si dichos objetivos se consiguen o no y cómo contribuyen a mejorar la competitividad de la empresa es cuantificarlos en términos monetarios.

El mantenimiento hoy en día se ve enfocado en garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficacia requerida de las unidades, equipos e instalaciones, asegurando la duración de su vida útil y minimizando los costos de mantenimiento, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente.

Hoy en día las empresas buscan garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia ya que con esto tendremos indicadores de que tiempo las unidades o equipos están en condiciones de servicio (disponibilidad), la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción (eficiencia) y estos factores críticos en la industria muestra el éxito de una gestión de mantenimiento.

La disponibilidad se ha de tener sólo cuando se requiere, lo cual no quiere decir que haya de ser por igual en todos los recursos (unidades), pues depende mucho de la criticidad de los mismos, y esa criticidad puede variar según las condiciones del mercado. Tener una disponibilidad demasiado elevada en recursos (unidades) que no la necesitan sólo ocasiona un exceso de costos, al hacer un uso excesivo de los recursos de mantenimiento.

La mejora la disponibilidad, eficiencia y la disminución de los costos de mantenimiento suponen el aumento de la rentabilidad de la empresa y por tanto tiene influencia directa sobre las utilidades.

2. **Tipos de mantenimiento.** Hay varios tipos de mantenimiento y la diferencia entre ellos va a depender de cuál sea su finalidad y estrategia del mismo. A continuación le detallaré los tipos de mantenimiento más utilizados sin entrar a gran complemento.

- **Mantenimiento correctivo:** Consiste en reacondicionar o sustituir partes en un equipo una vez que han fallado.
- **Mantenimiento preventivo:** Es la programación de inspecciones, ya sean de funcionamiento, seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación o calibración; y que debe ser realizada periódicamente en base a un plan establecido.
- **Mantenimiento predictivo:** Está basado en la condición del equipo y consiste en inspeccionar los equipos, a intervalos regulares, y tomar acciones para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas. Es decir que se realice un monitoreo de la condición del equipo y dependiendo del resultado de la inspección realizada se determine si el mismo necesita o no una reparación.
- **Mantenimiento proactivo:** Analiza la causa raíz de la repetibilidad de la avería, resolviendo aspectos técnicos de las mismas.

Figura 1 Estrategias y ventajas del mantenimiento



3. **Mantenimiento preventivo.** Este tipo de mantenimiento se define como el conocimiento sistemático del estado de la máquina y equipo, para realizar la planeación y programación de la serie de actividades a realizar; con el objetivo principal de mantener en óptimas condiciones estos elementos que operen de la mejor manera posible de forma segura, eficiente económica y especialmente para mantener el servicio que prestan y para el cual fueron creados. Lo cual ayuda a minimizar las averías en los equipos y evitar paros no programados o tiempos muertos de producción lo cual hace a la empresa caer en relación a la competencia.

A diferencia de los otros tipos de mantenimiento, el mantenimiento preventivo se lleva a cabo antes de que la falla se produzca y es por eso que se realiza a intervalos regulares. Este tipo de mantenimiento refleja las ventajas de la prevención sobre la resolución de situaciones de emergencia, lo cual está absolutamente probado en todos los órdenes.

El mantenimiento preventivo es de importancia crucial y ocupa un lugar de primer orden en la política del servicio técnico de infinidad de empresas en todo el mundo. Se considera un aspecto fundamental de la atención técnica que se brinda a los instrumentos y clientes. Que el equipo tenga una respuesta confiable depende de la gestión de mantenimiento preventivo.

Objetivos principales de mantenimiento preventivo:

- Se tiene el tiempo para planificar y programar las reparaciones
- Mantener los instrumentos en funcionamiento, acorde a las especificaciones originales.
- Dar al cliente la máxima disponibilidad y confiabilidad del equipo.
- Maximizar la vida útil del equipo.
- Evitar fallas inesperadas que detienen el servicio, trastornan al usuario, requieren atención urgente y pueden generar costos adicionales.
- Reducir costos operativos del servicio técnico.
- Disminuir la cantidad de llamados de emergencia y el tiempo que el servicio técnico destina a la resolución de los mismos.
- Se mantiene historiales de mantenimiento que ayudan a tener un mejor control de equipo.

a. **Visita programada a equipo.** Las visitas del equipo deben de ser programas o al verificar una condición no común en el equipo, esta tipo de vista se utiliza para verificar el estado del equipo, alarmas y correcto funcionamiento de él. Esto no involucra ningún tipo de desmontaje ya que estas visitas no son de mucho tiempo.

b. **Inspección programada.** Es una inspección realizada al equipo para verificar la condición del equipo, pero con la diferencia que si se realizan operaciones de desmontaje parcial o total. Su profundidad es mayor que en las visitas, pero es necesario efectuar paros o realizarlas durante el tiempo programado de interrupción de producción.

Al programar este tipo de inspección o cualquier actividad del mantenimiento preventivo se debe contar con el personal que efectuara el trabajo. Este personal puede ser interno o externo pero debe de cumplir con el conocimiento de funcionamiento del equipo que va a intervenir siguiendo los procedimientos de trabajo y manuales del fabricante para efectuar el mantenimiento de la manera correcta, eficiente y segura.

Un buen servicio de mantenimiento debe tener una parte de su tiempo ocioso o en tareas de planeamiento del mantenimiento, o en tareas de producción, con el objetivo de disminuir los costos de parada dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.

4. **Técnicas de mantenimiento.** El mantenimiento con el tiempo ha ido evolucionando y hoy en día existen infinitas de diferentes metodologías, técnicas y herramientas las cuales no ayudan a ser más eficientes, optimizar recursos, confiabilidad, disminuir costos, etc. Algunas de las más utilizadas entre otras pueden ser:

- Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO)
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) // (MCC)
- Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R)
- Análisis Causa raíz (ACR)
- Análisis de Criticidad (AC)
- Optimización Costo Riesgo (OCR)
- Inspección Basada en Riesgo (RBI)(IBR)

La función principal de todas estas técnicas es mejorar la confiabilidad operacional, a continuación nos referiremos muy brevemente a algunas de ellas.

a. **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).** Este tipo de técnica se enfocó a la respuesta a un incremento de costos y actividades del mantenimiento de las aeronaves (como preventivo). Surgió a finales de los años setenta y fue rápidamente aceptada en la industria, este tipo de técnica ayuda a reducir los costos y actividades del mantenimiento, adicional mejora la confiabilidad, disponibilidad y seguridad. Lo cual la hicieron muy valiosa para las industrias de distintas ramas, las industrias que más la adquirieron fue la militar, petrolera y generación de energía eléctrica.

Esta técnica requiere realizar un estudio e historial de funciones, fallas, modos y consecuencia de las fallas. Esto ayuda a realizar una decisión efectiva de los lapsos de tiempo y tipo de mantenimiento a realizar. Establece un orden de prioridades: la seguridad y ambiente, producción, costos de reparación. Esto ha hecho que sea una herramienta valiosa en las industrias que requieren elevados niveles de seguridad, generando a cambio de los esfuerzos, buenos resultados.

b. **Análisis Causa Raíz (ACR).** Este tipo de técnica permite tener una mejor visión para la solución del problema, con enfoque a corto y mediano plazo. Usa técnicas de investigación bastante exhaustivas, con la intención de eliminar las causas de los problemas/fallas. Su valor no sólo reside en la eliminación de grandes eventos, sino en la eliminación de los eventos crónicos, que tienden a devorar los recursos de mantenimiento. Al eliminar paulatinamente los problemas crónicos y pequeños, este genera tiempo para análisis más profundos (RCM, por ejemplo).

c. **Mantenimiento productivo total (TPM).** Este tipo de técnica requiere de una profunda cultura de trabajo en equipo y sentido de propiedad de los bienes por parte de los trabajadores. Conocido por los grandes beneficios que ha obtenido en empresas manufactureras. Demostró su poder en Japón y ha comenzado a diseminarse a lo largo del mundo. Hace un gran esfuerzo en el trabajo en equipos. Se apoya fuertemente en limpieza y lubricación como fuentes que eliminan problemas crónicos.

De no poseer estos se requiere de un fuerte trabajo en el cambio cultural. Está muy ligado a los conceptos de mejoramiento continuo de la calidad y filosofías cero defectos. Difícil de aplicar en empresas de procesos, debido en muchos casos a lo ambiguo que resultan los conceptos de calidad y defectos, por otra parte el problema cultural puede entorpecer la implantación a niveles de frustración. Donde se ha logrado su implantación exitosa, se han tenido grandes logros respecto a seguridad, ambiente, confiabilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento.

d. **Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO).** Esta técnica creada con la intención de agrupar las mejores prácticas de mantenimiento y operaciones con una orientación al negocio. Reconoce las limitaciones que el mantenimiento como función tiene para lograr una confiabilidad adecuada de las instalaciones. La siguiente figura 2 nos ayudara a tener una mejor visión del MCO.

Figura 2 Confiabilidad operacional



Donde el MTBF dice qué paradas son las más frecuentes para un proceso, y el MTTR cuáles son las más graves.

MTBF es el acrónimo de las palabras inglesas Medium Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos. El MTBF es el tiempo medio entre cada ocurrencia de una parada específica por fallo (o avería) de un proceso, o en otras palabras, la inversa de la frecuencia con que ocurre cada parada.

MTR es el acrónimo de las palabras inglesas Medium Time To Repair, o tiempo medio hasta haber reparado la avería.

Para mejorar los cuatro sectores nombrados en la Figura 2, el MCO divide las técnicas de mejoramiento:

- Diagnóstico: Aquí mediante uso de técnicas asociadas al manejo de riesgo se cuantifican las oportunidades a corto plazo (reactivas que es la técnica ACT) y mediano largo plazo (proactivas que aplican las técnicas TPM y RCM). Como resultado se obtiene una jerarquía de implementación. Aquí se hace uso de herramientas de análisis de criticidad y de oportunidades perdidas (a modo de ejemplo), estas permiten establecer las oportunidades de mejoramiento y que herramientas de control podrían usarse para capitalizar las oportunidades halladas.
- Control: Aquí se usa el RCM (que combina algunas ventajas del TPM con el RCM) como técnica proactiva y el ACR como técnica reactiva, también se puede hacer uso del IBR para equipos estáticos. Como resultado se obtienen una serie de tareas de mantenimiento, operaciones, rediseño a ejecutar para mejorar el desempeño. Estas técnicas de control por lo general son técnicas del tipo cualitativo y basadas en reglas fijas para la toma de decisión (por ejemplo: diagramas lógicos).
- Optimización: Aquí mediante el uso de herramientas avanzadas de cálculo costo riesgo se hallan los intervalos óptimos de mantenimiento, paradas de planta, inspecciones, etc. Se trata de técnicas del tipo numérico e involucran el modelado de los equipos y/o sistemas. Los resultados de implementar estas herramientas de esta manera son impresionantes en diversas industrias, logrando en algunos casos incluso la transformación de las empresas llevándolas a la implementación de Gerencia de Activos (Asset Management).

Grandes resultados se han encontrado en Centrales Eléctricas con la implantación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y con el Análisis Causa Raíz. Un requisito que no debe dejarse de cumplir es el establecimiento previo de prioridades antes de la ejecución de ambas técnicas (simultaneas).

5. Análisis de costos-beneficio de un sistema de mantenimiento. Dentro de cualquier empresa es necesario realizar un análisis de costos que implica la puesta en marcha de cualquier actividad, donde se ve implicada la rentabilidad que produce a la empresa. Este análisis tiene un enfoque al mantenimiento siendo importante ya que provoca que los elementos físicos de una empresa se encuentren en

óptimas condiciones, que permitirá el funcionamiento de la maquinaria con un costo mínimo de operación, se debe realizar un seguimiento de cada una de las maquinas y los gastos en los que incurran.

Para analizar un mantenimiento se debe de tener en cuenta los costos que implica realizarlo, se debe determinar los costos de mantenimiento previos a la implementación de la gestión de mantenimiento, basados en los costos obtenidos mediante el levantamiento de la información. Adicional se debe de llevar un historial de los mantenimientos realizados con anterioridad incluyendo los costos del mismo.

a. **Fiabilidad en la ingeniería.** La fiabilidad en el campo de la ingeniería es el estudio de la vida y el fallo de los equipos. Para la investigación de las causas por las que los dispositivos envejecen y fallan, El objetivo radica en que una mayor comprensión de los fallos de los dispositivos ayudará en la identificación de las mejoras que pueden introducirse en los diseños de los productos para aumentar su vida o por lo menos para limitar las consecuencias adversas de los fallas. Por tanto se da mucha importancia al diseño de los productos y a la innovación con nuevos rediseños.

La duración de un equipo está determinada por su diseño. Los métodos modernos de diseño están basados generalmente en descripciones científicas y matemáticas. La fiabilidad es una de las características del rendimiento de un sistema que se trata analíticamente en el proceso de diseño. La precisión en la evaluación de la fiabilidad de un diseño propuesto depende del conocimiento relativo al proceso de los fallos del producto.

b. **Identificación de costos y beneficios.** Los costos de un mantenimiento son la cuantificación en efectivo de todos los recursos que utilizara el mantenimiento para su desarrollo. Los beneficios son todas aquellas ganancias, ventajas, ayuda, etc. Que por su naturaleza son difíciles y costosas de cuantificar, pero tienen un gran impacto positivo sobre la empresa. La identificación de los beneficios puede justificar la inversión por realizar.

En la etapa de la identificación de los costos y los beneficios debemos clasificar tanto los costos como los beneficios en tangible e intangibles.

1) **Costo tangible.** Son los costos que fácilmente son presentados y cuantificados porque ya tienen asignado un valor asignado. Tales como el costo de un equipo analítico de sílice, costo de una multímetro, etc. En general representan el gasto de efectivo de la empresa.

2) **Costo intangible.** Son difíciles de estimar y podría ser que no se conozcan. Por ejemplo: perder la imagen en el mercado, no contar con la información oportuna en toma de decisiones, etc. Aunque estos no pueden ser cuantificados hay que incluir sus implicaciones dentro de la propuesta.

3) **Beneficios tangibles.** Son aquellas ventajas u oportunidades que se pueden cuantificar. En el caso del mantenimiento preventivo, nos referimos a los beneficios que se obtienen al aplicar ese mantenimiento al equipo analítico. Las cuantificaciones de estos beneficios por lo general no es fácil, y se puede estimar en diferentes medidas, como por ejemplo: tiempo ahorrado, confiabilidad del equipo, costos de operación, disminución de paradas innecesarias y, en general, incremento de la calidad del servicio.

4) **Beneficios intangibles.** Son aquellos beneficios que por su naturaleza son muy difíciles de cuantificar, pero de los que indiscutiblemente, la empresa se ve beneficiado al desarrollar la implementación del mantenimiento. Dentro de los beneficios intangibles podemos mencionar: mejoramiento de la imagen de la empresa, motivación del personal, satisfacción al cliente, etc.

6. **Conceptos básicos de instrumentación de procesos.** La instrumentación es una especialidad referente a los instrumentos de medición, principalmente a los utilizados industrialmente, y forma parte primordial dentro de un sistema enfocado al control de un proceso industrial, lo que generalmente un instrumentista es un especialista en instrumentación y control.

Un buen conocimiento de la especialidad redundará en una buena especificación y selección de la instrumentación óptima en un proceso industrial lo cual contribuirá como un factor de aumento de calidad y eficiencia en la producción.

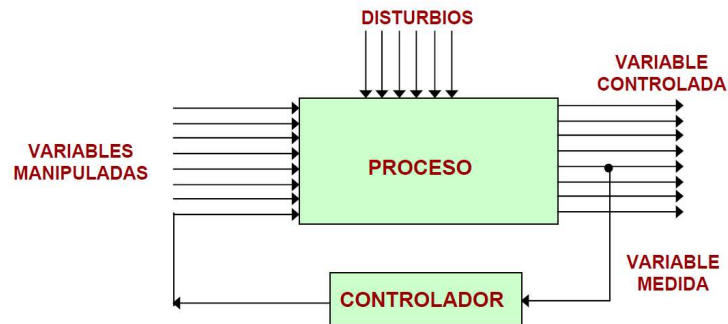
- a. **Control de proceso.** Hay dos conceptos importantes que se debe aprender los cuales son:
- **Proceso:** Un proceso es una parte de una planta de manufactura, en la cual, el material o la energía es convertida a otras formas de material o energía.
  - **Control.** Acción o conjunto de acciones que buscan conformar una magnitud variable, o conjunto de magnitudes variables, en un patrón determinado

Figura 3 Ejemplo de un proceso



Al final la definición de control de procesos es la regulación o manipulación de variables que influyen en el comportamiento de un proceso de una forma determinada para obtener un producto con una calidad y una cantidad deseadas de una manera eficiente.

Figura 4 Ejemplo de un control de procesos



b. Factores que afectan una medición (Ver anexo 1, página 119)

1) La exactitud de la medición. Es la concordancia entre un valor obtenido experimentalmente y el valor de referencia. Es función de la repetibilidad y de la calibración del instrumento.

2) La precisión. es el grado de concordancia entre una serie de determinaciones obtenidas de repetir la medición y se expresa como la desviación estándar relativa o el coeficiente de variación. Es función de la repetibilidad y la reproducibilidad.

3) La resolución de un instrumento. Es el mínimo valor confiable que puede ser medido en un instrumento.

4) La repetibilidad: Es la precisión de resultados de medición expresada como la concordancia entre determinaciones o mediciones independientes realizada bajo las mismas condiciones (operador, tiempo, aparato, lugar, método, etc.).

5) Reproducibilidad de la medición. Es la precisión de resultados de medición expresada como la concordancia entre determinaciones independientes realizadas bajo diferentes condiciones (operador, tiempo, aparato, lugar, método, etc.).

6) Linealidad. Se define como la cercanía con la cual una curva se aproxima a una línea recta. La linealidad es usualmente medida como una no linealidad y expresada como linealidad. Hoy en día algunos instrumentos tienen un ajuste de linealidad.

7) **Histéresis.** Es la medida de la diferencia en respuesta de un dispositivo o sistema al incrementar la señal de entrada de un valor mínimo a un valor máximo y, con respecto a cuándo se decremento de un máximo a un mínimo sobre el mismo rango.

8) **Errores de medición:** Un error de medición se debe porque hay una diferencia algebraica entre los valores indicados y los valores verdaderos de la variable medida. Existen diferentes tipos de errores:

- **Error de span:** En el error de span, la desviación del valor ideal varía en diferentes puntos a lo largo del rango del instrumento. Normalmente se incrementa, cuando la señal de entrada se incrementa.
- **Error de cero:** Un instrumento tiene un error de cero cuando todas las indicaciones del instrumento son consistentemente altos o consistentemente bajos a través del rango completo del instrumento cuando es comparado con la salida deseada.
- **Error de linealización:** Es cuando el resultado de la salida no presenta una línea recta con respecto al valor de entrada. El error de no linealidad puede ser corregido durante la calibración si el instrumento tiene un ajuste de no linealidad. Generalmente se recomienda tomar 5 puntos.

c. **Rango y Span:**

- **Rango.** Región entre los límites en los cuáles una cantidad es medida, recibida o transmitida, expresada al establecer los valores de rango mínimos y máximos.
- **LRV (Valor de rango mínimo).** El valor mínimo de la variable medida que un dispositivo esta ajustado para medir.
- **URV (valor de rango máximo).** El valor máximo de la variable medida que un dispositivo esta ajustado para medir.
- **Span.** Diferencia algebraica entre los valores máximo y mínimo.

d. **Calibración.** La calibración de un instrumento es el conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre valores indicados por un instrumento de medición o sistema de medición o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizada por los patrones. En forma simple se define como la comparación de las indicaciones de un instrumento contra un patrón, sin efectuar ningún ajuste.

e. **Patrones de calibración:**

1) **Patrón (de medición).** Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

2) **Patrón nacional (de medición):** Patrón reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

3) **Patrón secundario:** Patrón cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

4) **Patrón de trabajo:** Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia. En la Figura 5 se muestra un patrón de trabajo que es una balanza de pesos muertos que se utiliza para calibrar equipos de presión.

Figura 5 Balanza de pesos muertos modelo 1305D



5) **Buffer patrón.** Un buffer de calibración es igual a un patrón de trabajo ya que los dos sirven como patrón usado rutinariamente para calibrar con la diferencia que un buffer es una solución química y el otro es un equipo patrón.

Figura 6 Ejemplo de un buffer patrón de pH



6) Trazabilidad de la medición. Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas generalmente patrones nacionales o internacionales por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

## 7. Documentación requerida para control de mantenimiento preventivo en equipos analíticos

a. Manual del fabricante. Es un documento que contiene información técnica destinada a dar asistencia a las personas que utilizan un equipo o sistema en particular. Esta información específicamente la brinda el proveedor que brinda el equipo. Existen tres tipos de manuales del fabricante:

1) Manual de instalación: Las instrucciones que brinda un manual de instalación es manejo, almacenaje, dispositivos de seguridad por transporte, montaje, diagramas de instalación, entre otros.

2) Manual de operación. Las instrucciones que nos brinda un manual de operación en seguridad (operador y equipo), puesta en marcha, condiciones de trabajo del equipo, solución de problemas, entre otros.

3) Manual de mantenimiento. Las instrucciones que nos brinda un manual de mantenimiento son instrucciones de inspecciones (periodicidad), instrucciones de ajustes (seguridad, herramienta y expertaje), instrucciones de lubricaciones (seguridad, herramienta, consumibles y expertaje), instrucciones de monitores, instrucciones de reparación, listado de partes y diagramas del equipo.

b. **Certificados de calibración de equipo y patrones de calibración.** Un certificado de calibración es una herramienta útil que brinda el fabricante a sus clientes finales con la última calibración del equipo. Para las empresas que cuentan con un sistema de gestión es importante contar con cada uno de los certificados de calibración de los equipos. (Ver ejemplos de certificados de calibración de equipos y patrones de calibración en anexo 2 página 122 y anexo 3 página 123)

Las ventajas de un certificado de calibración:

- Confianza en el uso del instrumento
- Confiabilidad y trazabilidad de las mediciones
- Asegura que las características metrológicas de los instrumentos se mantienen
- Acredita el funcionamiento del instrumento ante terceros

c. **Hoja de datos de equipos.** Una hoja de datos es una tabla donde se introducen los datos de proceso mínimos necesarios para efectuar la especificación de un instrumento, como pueden ser: temperatura normal y máxima de operación, presión normal y máxima de operación, material de la tubería, tipo de fluido, diámetro de la tubería, etc.

Toda esta información es esencial para cada aplicación donde se va a colocar el equipo, ya que en distintos puntos de proceso la temperatura será distinta o presión y se debe de contemplar este tipo de información para tener el instrumento o equipo adecuado contemplando las medidas de seguridad. (Ver formato de hoja datos en anexo 4, página 124).

d. **Hoja de especificaciones.** Una hoja de este tipo especifica las características generales y específicas del instrumento para su compra. Para el llenado de esta hoja, es necesario conocer el tipo de instrumento que se ha seleccionado en base a las condiciones de operación plasmadas en las hojas de datos de instrumentos.

La hoja de especificación es un documento básico dentro de la ingeniería de proyecto, ya que fundamenta la compra y sirve de apoyo para las diferentes actividades subsecuentes de un proyecto, como los típicos de instalación, diagramas de alambrado, suministros de energía, etc. (Ver formato de hoja de especificaciones en anexo 5, página 125).

e. **Hoja de calibración del instrumento.** Una hoja de este tipo especifica la medición que se ha encontrado el equipo y que cambios se tiene después de realizarle la calibración. Este documento incluye el tipo de equipo, fecha que se calibro, No. De equipo, variable que se mide, señal de salida, tipo de elemento, etc. Todo este tipo de información es esencial para tener un historial de calibración de cada equipo y qué tipo de patrón o buffer de calibración se utilizo para calibrarlo. (Ver formato de calibración de instrumento en anexo 6, página 126).

f. Hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS siglas en inglés). Una Hoja de Datos de Seguridad de Materiales (MSDS por sus siglas en inglés de Material Safety Data Sheet) es un documento que contiene información sobre los compuestos químicos, identificación de peligros, primeros auxilios, medidas de lucha contraincendios, manipulación y almacenamiento, equipo de protección, control de exposición, los procedimientos de emergencia y los efectos potenciales a la salud relacionados con un material peligroso. Las MSDS contienen mucha más información sobre el material de la que aparece en la etiqueta del envase y el rombo de seguridad. Este tipo de documento debe ser preparado por el fabricante que brinda el producto. Del anexo 7 al 16 (desde la página 127 a la 157) se encuentran las hojas de datos de seguridad de los reactivos, solución limpiadora y buffer de calibración del analizador de sílice, el cual le ayudara a tener una referencia real de cómo se realiza una MSDS.

1) Propósito de utilizar las MSDS. A continuación se enlistan una serie de propósitos de las MSDS que sirven para informarle al usuario lo siguiente:

- La constitución química del material.
- Donde fue creado
- Problemas que puede causar en la salud al momento de ingerirlo, inhalarlo, contacto con los ojos, contacto con la piel.
- Las propiedades físicas del material o los efectos rápidos sobre la salud que lo hacen peligroso de manejar.
- El nivel de equipos de protección que se deben usar para trabajar de forma segura con el material.
- El tratamiento de primeros auxilios que se debe suministrar si alguien queda expuesto al material.
- La planificación por adelantado necesaria para manejar con seguridad los derrames, incendios y operaciones cotidianas.
- Cómo responder en caso de un accidente.

2) Información en una MSDS. A Continuación detallare catorce categorías de información que debe estar presente en una MSDS, pero la cantidad de categorías puede variar según la sustancia.

- Identificación de la sustancia y la empresa
- Composición/información de los componentes
- Identificación y clasificación de peligros
- Ingredientes peligrosos
- Propiedades físicas y químicas

- Información sobre peligros de incendio y explosión
- Información sobre peligros a la salud y primeros auxilios
- Indicaciones en caso de fuga o derrame
- Información sobre su reactividad
- Precauciones para uso y manejo seguros
- Control de la exposición, protección personal y protección específica para situaciones de emergencia.
- Información sobre transporte
- Información ecológicas
- Manipulación y almacenaje

3) ¿Quién debe utilizar una MSDS? Anteriormente el propósito de una MSDS era ayudar a los responsables de higiene industrial, ingenieros químicos y a los profesionales de la seguridad. Actualmente las MSDS son utilizadas por empleados técnicos o cualquier otra persona que requiera información sobre el material. Las MSDS deben de ir bien detalladas por el fabricante para no confundir al usuario final.

Las personas que estén involucradas en materiales o sustancias deben tener conocimiento de los peligros que presentan los materiales antes de comenzar a usarlos. Para la mayoría de las personas que trabajan con un material, hay secciones de la MSDS que le resultan más importantes que otras. Usted siempre debe leer el nombre del material, conocer los riesgos, entender los requerimientos de manejo y almacenaje seguros, y saber qué se debe hacer en caso de ocurrir una emergencia.

Algo importante sobre estos tipos de documento es la forma de almacenamiento. Ya que se debe ubicar de una manera fácil y ordenada para que el usuario no se le dificulte obtener la información que necesita.

4) Normas de comunicación de peligros. La norma de Comunicación de Peligros (en inglés, Hazard Communication standard) exige que los empleadores mantengan un inventario de los materiales peligrosos presentes en el sitio, que le proporcionen a los empleados entrenamiento constante sobre los peligros potenciales asociados con cada material, que obtengan y mantengan disponibles las MSDS en el sitio de uso de cada material, que establezcan métodos y tipos de etiquetas apropiados, y que le informen a los contratistas los peligros a que pueden quedar expuestos sus empleados en su área de trabajo.

## B. TEORÍA DE EQUIPOS ANALÍTICOS DE LÍQUIDO Y GASES UTILIZADOS EN PLANTAS TERMOELÉCTRICAS

1. **Analizador de PH.** La medición del pH proporciona una indicación representativa de las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).

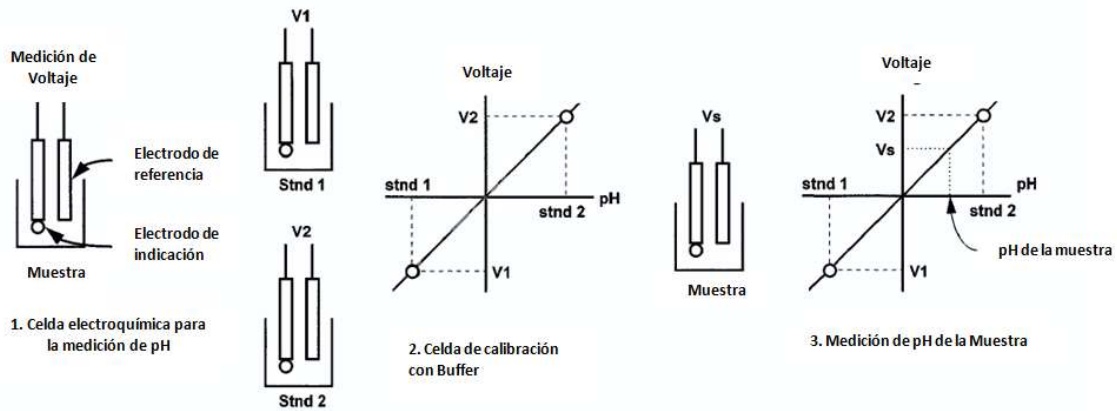
La razón de iones positivamente cargados de hidrógeno a los iones negativamente cargados de hidróxido decide el pH de una solución en una escala de 0 a 14 pH. Si la concentración de cada ión es igual, entonces se dice que el pH es neutral (con un valor de pH de 7), es decir ni ácido ni alcalino. Mientras más iones positivos hay presentes, la solución se vuelve más ácida (con valores de pH menores a 7), y, análogamente, mientras más iones de hidrógeno hay presentes, más alcalina se vuelve la solución (con valores de pH mayores a 7).

El pH se ha vuelto un parámetro de medición extremadamente común en la industria, tanto en pruebas de laboratorio como en línea. En las industrias termoeléctricas esta variable de proceso se requiere en un rango ideal de 8.5 a 9.0.

a. **Principio de funcionamiento.** La Figura 7 ilustra la definición operativa de pH. El punto de partida es una célula electroquímica. La célula consiste en un electrodo de indicación cuyo potencial es directamente proporcional al pH, un electrodo de referencia cuyo potencial es independiente del pH, y el líquido a ser medido. El voltaje total de la célula depende del pH de la muestra. Debido a diferentes electrodos que indican tener respuestas ligeramente diferentes de pH, el sistema de medición debe ser calibrado antes de su uso. El segundo paso en la definición operativa de pH es de calibración. El sistema se calibra mediante la colocación de los electrodos en soluciones de pH conocido y midiendo la tensión de la célula. Voltaje de la célula es una función lineal del pH, de modo que sólo dos puntos de calibración son necesarios. El paso final en la definición operativa es colocar los electrodos en la muestra, medir la tensión, y determinar el pH de los datos de calibración.

Es evidente que la determinación práctica de pH requiere soluciones patrón de pH conocido. Las soluciones estándares se llaman buffer, y los valores de pH que se les asigna definen la escala de pH. Hay un punto importante, sin embargo. La determinación de los valores de pH requiere hacer supuestos sobre las propiedades químicas y físicas de las soluciones electrolíticas. Supuestos ligeramente diferentes conducen a valores de pH ligeramente diferentes para la misma solución. Por lo tanto, las escalas de pH ligeramente diferentes pueden existir.

Figura 7 Principio de operación de PH (La figura muestra tres pasos en la determinación del pH. Los tres pasos constituyen la definición operativa de pH)



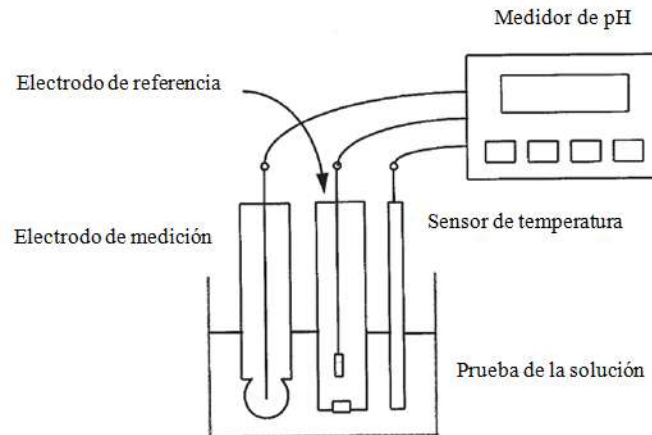
Fuente: Rosemount analytical, THEORY AND PRACTICE OF pH MEASUREMENT, 2010

b. Celdas de medición de pH. En casi todas las aplicaciones industriales, el pH se determina mediante la medición de la tensión de una celda electroquímica. La Figura 8 muestra un diagrama simplificado de una célula pH. La célula consta de un electrodo de medición, un electrodo de referencia, un elemento de detección de temperatura, y el líquido que está siendo medido. El voltaje de la célula es directamente proporcional al pH del líquido. El medidor de pH mide la tensión y utiliza un factor dependiente de la temperatura para convertir el voltaje de pH. Debido a que la célula tiene una resistencia interna alta, el medidor de pH debe tener una impedancia de entrada muy alta.

La Figura 8 muestra la medición separada y electrodos de referencia. En la mayoría de los sensores de proceso, los electrodos y el elemento de temperatura se combinan en un solo cuerpo. Tales sensores son a menudo llamados electrodos de combinación. El voltaje de la célula es la suma algebraica de los potenciales del electrodo de medición, el electrodo de referencia, y la unión líquida. El potencial del electrodo de medición depende sólo del pH de la solución. El potencial del electrodo de referencia no se ve afectada por el pH, por lo que proporciona una tensión de referencia estable. El potencial de unión líquida depende de manera compleja sobre la identidad y concentración de los iones en la muestra. Siempre está presente, pero si el sensor está diseñado adecuadamente, el potencial de unión líquida es generalmente pequeño y relativamente constante. Todos los tres potenciales dependen de la temperatura.

La construcción de los electrodos y los potenciales eléctricos asociados con ellos se discuten en las páginas 25 y 26.

Figura 8 Celda de medición de pH



Fuente: Rosemount analytical, THEORY AND PRACTICE OF pH MEASUREMENT, 2010

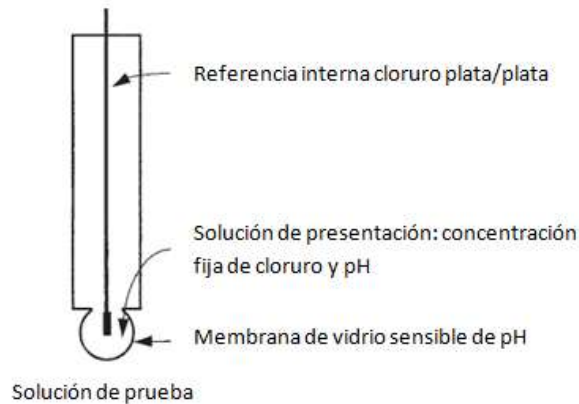
Nota: La célula consta de un electrodo de referencia y medición. El voltaje entre los electrodos es directamente proporcional al pH de la solución de prueba. La constante de proporcionalidad depende de la temperatura, por lo que un sensor de temperatura también es necesario. La RTD de platino de 100  $\Omega$  se usa comúnmente, aunque la RTD de platino 1000  $\Omega$ , y termistores también se utilizan.

1) Electrodo de medición. La Figura 9 muestra el funcionamiento interno del electrodo de medición. El corazón del electrodo es una pieza delgada de vidrio sensible al pH, que es soplado sobre el extremo de un tramo de tubo de vidrio. El vidrio sensible al pH, generalmente se llama una membrana de vidrio, da el electrodo su nombre común: electrodo de vidrio. Sellada dentro del electrodo es un buffer de solución de cloruro potásico a pH 7. Un trozo de alambre de plata con contactos dentro de la solución de cloruro de plata.

El alambre de plata-cloruro de plata combinados entre si, en contacto con la solución de llenado constituye un electrodo de referencia interno. Su potencial depende únicamente de la concentración de cloruro en la solución de llenado. Debido a que la concentración de cloruro es fija, el potencial de electrodo es constante.

Como muestra la Figura 9, la superficie exterior de los contactos de membrana de cristal líquido medido, y las superficies de contacto dentro de la solución de llenado. A través de un mecanismo complejo, un potencial eléctrico directamente proporcional al pH desarrolla en cada interface vidrio-líquido. Debido a que el pH de la solución de llenado se fija, el potencial en la superficie interior es constante. El potencial en la superficie exterior, sin embargo, depende del pH de la solución de prueba.

Figura 9 Electrodo de medición

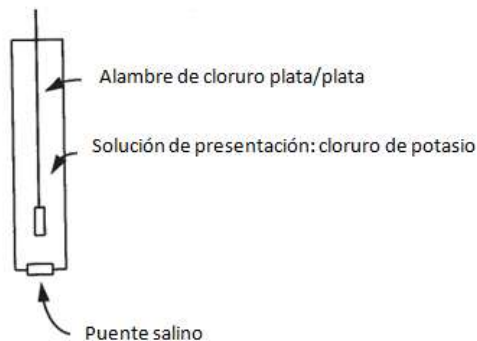


Fuente: Rosemount analytical, THEORY AND PRACTICE OF pH MEASUREMENT, 2010

Nota: El elemento esencial del electrodo de vidrio es una membrana de vidrio sensible al pH. Un potencial eléctrico desarrolla en las interfaces líquido-cristal. El potencial en la superficie exterior depende del pH de la solución de ensayo. El potencial en la superficie interior está fijado por el pH constante de la solución de llenado. En general, el potencial del electrodo de medición depende únicamente del pH de la solución de prueba.

2) Electrodo de referencia. Como muestra la Figura 10, el electrodo de referencia es un pedazo de alambre de plata chapada con cloruro de plata en contacto con una solución concentrada de cloruro de potasio a cabo en un tubo de vidrio o plástico. En muchos electrodos de referencia de la solución es un gel acuoso, no un líquido. Al igual que el electrodo dentro del electrodo de vidrio, el potencial de la referencia externa se controla por la concentración de cloruro en la solución de llenado. Debido a que el nivel de cloruro es constante, el potencial del electrodo de referencia es fijo. El potencial se modifica si los cambios de temperatura.

Figura 10 Electrodo de referencia



Fuente: Rosemount analytical, THEORY AND PRACTICE OF pH MEASUREMENT, 2010

Nota: La concentración fija de cloruro dentro del electrodo mantiene el potencial constante. Un puente de sal poroso en la parte inferior del electrodo permite el contacto eléctrico entre el electrodo de referencia y la solución de prueba.

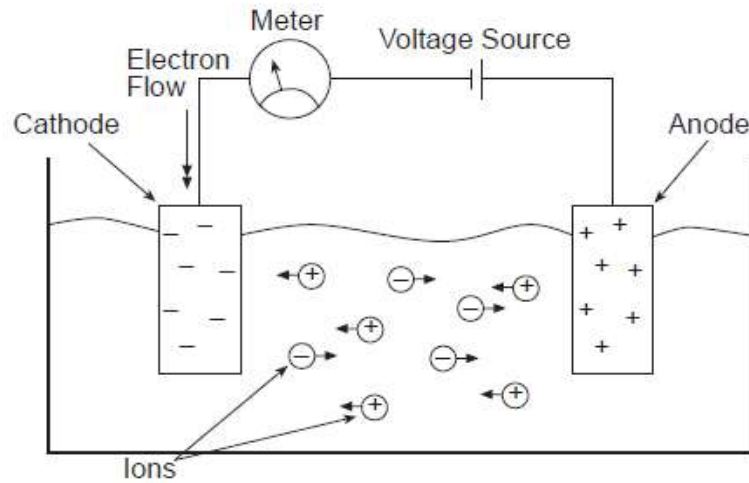
Electrodos industriales de referencia difieren de los tipos de laboratorio de una manera importante. Electroodos de laboratorio están disponibles con soluciones de llenado gelificadas o líquido. Electroodos industriales de referencia casi siempre han llenado gelificada soluciones. Gelificadas soluciones de llenado permitir a los sensores industriales para ser instalado en tuberías y tanques presurizados. El electrodo de referencia está sellado por encima del gel. Por lo tanto, muy poco líquido de proceso puede entrar en el electrodo de referencia y contaminarlo. Existe un inconveniente, sin embargo. El cloruro de potasio en el gel finalmente se agota. El gel no se puede reponer, así que después de un tiempo el sensor falla. Vida máxima de un sensor tipo gel es de aproximadamente 12 meses. La solución en rellenos de líquido electroodos se puede reponer, y estos electroodos tienen una vida de funcionamiento relativamente largos.

2. **Analizador de conductividad.** Un analizador de conductividad es de mucha utilización en múltiples industrias como una forma de medir la calidad de agua por medio de la concentración de una solución química. Un analizador de conductividad es un equipo electrónico compuesto de un elemento de conductividad y su principal objetivo es monitorear en línea la conductividad electrolítica, que es la habilidad de un líquido de dejar pasar corriente eléctrica y nos permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua. Este control es muy importante en plantas termoeléctricas.

a. **Principio de funcionamiento.** La medición de conductividad tiene dos requerimientos básicos:

- Una forma de pasar o inducir una pequeña corriente alterna a través de un volumen preciso de líquido a ser medido; esta función es lograda por la celda de medición de conductividad.
- Un instrumento capaz de proporcionar potencia a la celda de medición y de medir pequeños cambios de corriente eléctrica pasando a través de la solución, y por tanto operando relés electromecánicos o proporcionando medios de indicación, grabación o transmisión de una corriente proporcional a la conductividad electrolítica.

Figura 11 Solución acuosa conduciendo

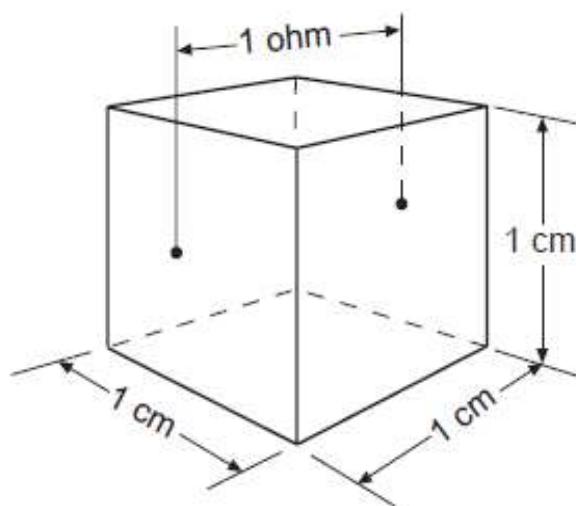


En la Figura 11, la corriente es transportada por iones, en contraste al flujo de electrones en conductores metálicos. El flujo de corriente en los electrolitos, con corriente directa aplicada, decrece rápidamente con el tiempo, parcialmente debido al gas envolviendo los electrodos, reduciendo su área superficial efectiva. Éste efecto es llamado “polarización”, y debe de ser prevenido antes de que las mediciones de conductividad electrolítica puedan ser de uso práctico.

El grado de polarización depende de la magnitud de la densidad de corriente por unidad de área y el tiempo durante el cual fluye. En la práctica, las mediciones de conductividad utilizan una fuente de alimentación de corriente alterna muy pequeña (onda senoidal), dando un flujo de corriente diminuto en cada dirección por un corto periodo insuficiente para causar un error significativo. El área de los electrodos también se mantiene tan grande como sea posible para reducir la densidad de corriente por unidad de área. Para medir la conductividad es necesario por tanto, tener un medidor de conductividad y una celda de medición.

Para medir la conductividad es necesario, tener un medidor de conductividad y una celda de medición. La celda acuerpa a los electrodos y la muestra. Dada la amplia variedad de aplicaciones existen diferentes tipos de celdas con diferentes geometrías, tamaños y materiales. Como ha sido indicado previamente, la conductividad electrolítica de una solución de muestra es una medida de la concentración de varios iones cargados, y por tanto, a medida que la concentración de estos iones se incrementa, la conductividad también se incrementa. Esto hace que la conductividad sea un parámetro más directo que la resistividad. La unidad de medición está basada en una celda de 1 cm. x 1 cm. x 1 cm. y que tiene una resistencia de 1 ohmio como se muestra en la Figura 12.

Figura 12 Unidad de medición de conductividad



Por definición, la conductividad de una porción de muestra de una solución entre electrodos está dada por:

$$G = I/Ra$$

Donde:

**G** es la conductividad en Siemens/cm.

**l** es la longitud de la muestra en cm

**a** es el área de la sección transversal en cm<sup>2</sup>

**R** es la resistencia de la muestra en ohms.

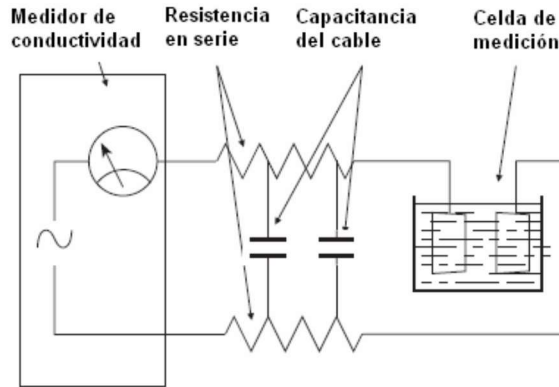
Ya que un Siemens es una medida muy grande de conductividad, es más frecuentemente expresarla en microSiemens/cm. ( $\mu\text{S/cm}$  o  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) que es la unidad más utilizado en plantas termoeléctricas.

La medición de la conductividad electrolítica es afectada por dos factores provocados por el cable de conexión entre el medidor de conductividad y la celda de medición Figura 13.

Los dos factores son:

- a) Resistencia en serie: El efecto es minimizado limitando la medición a un mínimo de 10 ohmios.
- b) El uso de voltaje AC para realizar la medición de conductividad. Como se menciono previamente, esto es usado para evitar los efectos de la polarización.

Figura 13 Restricción en la resistencia debida al cable de conexión de la celda



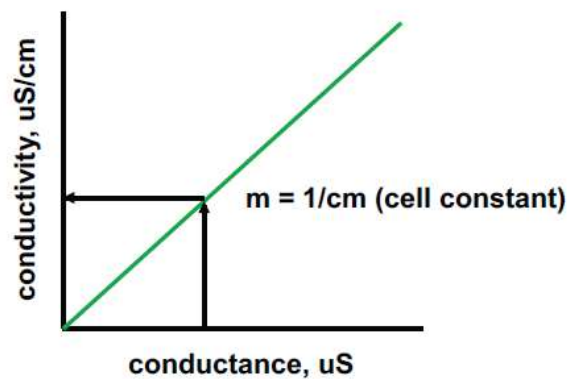
b. Sensores o celdas de conductividad. Un típico sensor de conductividad se compone de dos electrodos de metal separados por una distancia fija. Cuando el sensor se coloca en una solución de electrolito y una tensión alterna se aplica a los electrodos, una actual, llevado por el movimiento de iones en la solución, pasa entre los electrodos. La conductancia de la solución es la relación de la corriente a la tensión.

La conductancia depende de la concentración total de iones en la solución, así como de la longitud y área de la solución a través del cual pasa la corriente. Por lo tanto, incluso si la concentración de los iones sigue siendo el mismo, la conductancia cambiará si la longitud o área de los cambios de trayecto de la corriente. La geometría del trayecto de la corriente se define por la geometría del sensor, o célula constante. Multiplicando la conductancia por la célula corrige constantes para el efecto de la geometría del sensor en la medición. El resultado es la conductividad, que depende sólo de la concentración de iones en el electrolito solución.

La constante de celda es simplemente un factor de calibración que convierte conductancia (medido  $\mu\text{S}$ ) a la conductividad (medido en  $\mu\text{S} / \text{cm}$ ). Las unidades de la constante de celda son  $1/\text{cm}$ . La Figura 14 ilustra la relación. Tenga en cuenta que la pendiente de la recta de calibración es la constante de celda. Debido a que el campo eléctrico no se limita estrictamente entre los dos electrodos, no es posible calcular la constante de celda de las dimensiones del sensor. En su lugar, la constante de celda se debe medir colocando el sensor en la solución de haber conocido la conductividad y la medición de la conductancia.

La constante de celda se calcula dividiendo la conductividad por la conductancia. Normalmente, la constante de celda se mide en la fábrica. Cuando el sensor se coloca primero en el servicio, todo lo que se necesita es introducir la constante de celda en el analizador. Sin embargo, la constante de la celda puede cambiar con el tiempo, haciendo necesaria una recalibración.

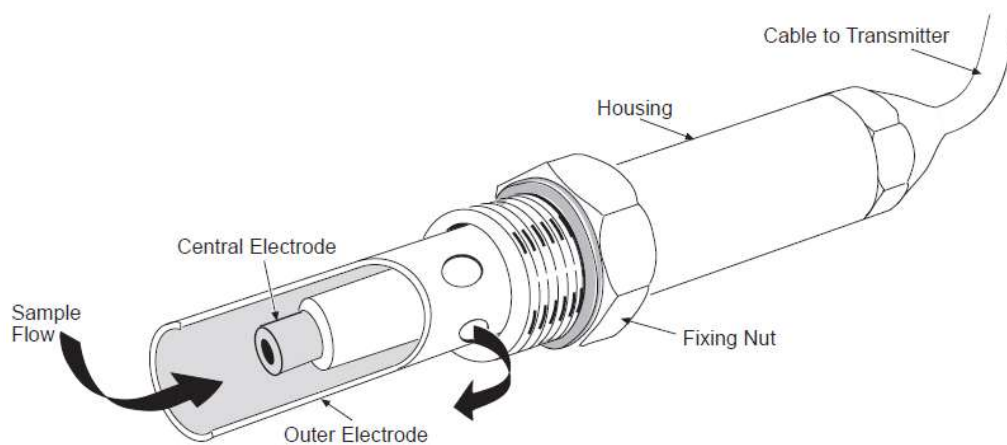
Figura 14 Representación gráfica de la constante de celda. El analizador mide la conductancia (eje x) y convierte el resultado a la conductividad (eje y) usando la línea de calibración. La pendiente de la línea calibración es la constante de celda.



Las celdas de conductividad caen dentro de dos categorías en términos de materiales de construcción: resina epóxica y acero inoxidable para funcionar en un amplio rango de aplicaciones. Estas categorías son divididas en don arreglos de montaje:

- Flow – line (o Flow – through) donde la celda está conectada directamente a la tubería;
- Atornillado, en donde la celda esta atornillada en la tubería o en la pared de un tanque;
- Removible, en donde son celdas atornillables que pueden ser removidas sin la necesidad de vaciar el tanque o aislar la muestra;
- Sumergible, en donde la celda está montada en un tanque abierto o canal.

Figura 15 Celda de conductividad detallada



En la actualidad existen varios tipos de sensores o celdas para la medición de conductividad y esto depende de la aplicación que se requiera en la industria. En la Figura 15 se muestra un sensor de conductividad modelo 400 que se utiliza en aplicaciones que van desde agua de alta pureza para limpiar el agua de refrigeración. Este modelo de sensor son ideales para su uso en lugares limpios, líquido no corrosivo que tiene conductividad de menos de unos 20.000 S/cm. Adicional es importante al momento de comprar un sensor de conductividad especificarlo detalladamente (constante de celda, presión, temperatura, conexión a proceso, etc.) esto es necesario ya que actualmente hay diversidad de modelos para distintas aplicaciones en la industria (Ver figura 16) la cuales de no hacerlo bien no tendremos una medición confiable y si tiene dudas consulte a su proveedor.

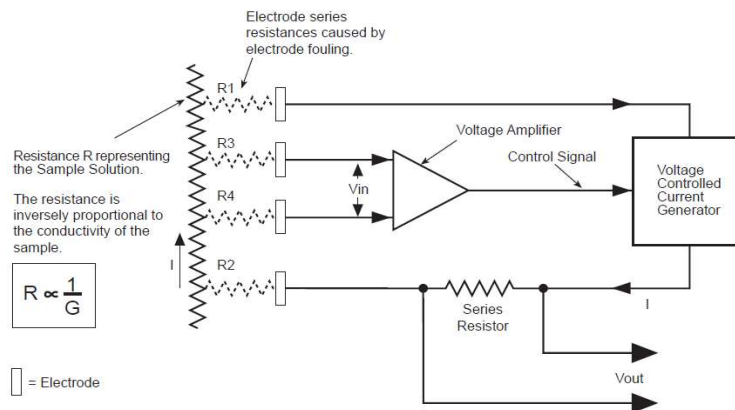
Figura 16 Sensor de conductividad de contacto (Modelo 400-12-60, Rosemount Analytical)



c. Medidor o transmisor de conductividad. Para la mayoría de aplicaciones, el método de medición con dos electrodos es bastante satisfactorio, pero hay situaciones cuando la solución cubre a los electrodos y produce un cambio aparente en la constante de celda. Tal cubrimiento puede ocurrir si la solución tiende a precipitar suciedad o películas de grasa.

Muchos métodos han sido desarrollados para sobrellevar las desventajas de la medición con dos electrodos, por ejemplo, electrodos auto limpiables, métodos capacitivos, inductivos y de multi electrodos. La mayoría de estos sistemas son en general costosos, excepto por el método con múltiples electrodos el cual ofrece la ventaja de ser relativamente simple y menos vulnerable a la contaminación de la celda.

Figura 17 Funcionamiento electrónico de un medidor de cuatro electrodos



El sistema utiliza una celda de cuatro electrodos con dos electrodos externos por donde una corriente es pasada a través de la solución de muestra, y dos electrodos internos que son utilizados para medir el voltaje resultante. La corriente entre los electrodos externos es regulada electrónicamente para mantener un voltaje constante en los electrodos internos. En común con todos los sistemas de medición de conductividad, se utiliza corriente alterna para prevenir los efectos de la polarización en la superficie del electrodo. A medida que la conductividad cambia, el cambio de la resistencia de la solución, trata de cambiar el voltaje entre los electrodos internos. Sin embargo, el amplificador de voltaje es utilizado para generar una señal de control que maneja al generador de corriente. De hecho, éste ajusta la corriente, manejándola a través de los electrodos de corriente para mantener constante el voltaje a través de los electrodos de voltaje.

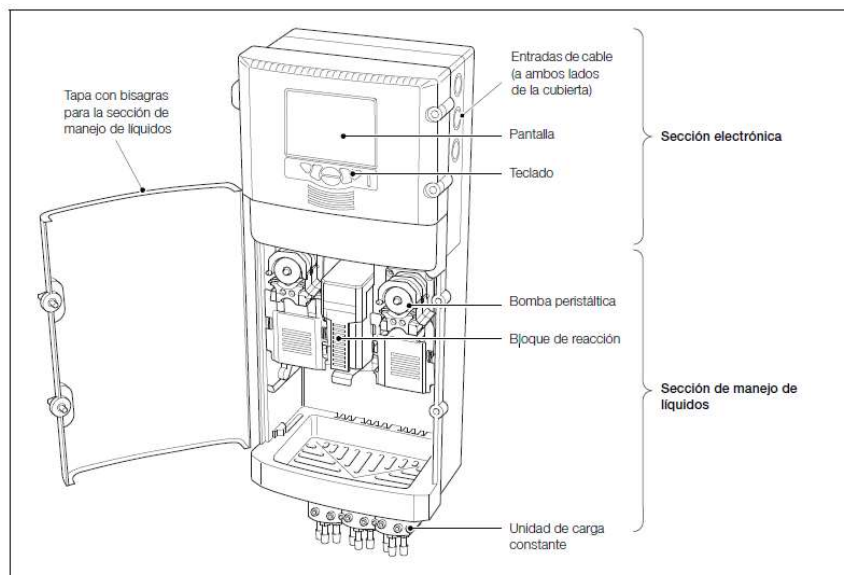
Figura 18 Analizador de conductividad electrolítica de cuatro electrodos, tipo TB84EC



Fuente: ABB Inc, Instruction manual IE67-84-2B

3. **Analizador de sílice.** Para la medición de sílice se utiliza un analizador colorimétrico para medir el nivel de sílice en agua de las plantas desmineralizadoras y generadoras de vapor. En la Figura 19 se muestra los componentes principales de un analizador de sílice de los más innovadores de ABB que son los que más se están utilizando en el país en plantas termoeléctricas y en plantas de agua desmineralizada.

Figura 19 Componentes principales de un analizador de sílice ABB Navigator 600



Fuente: ABB, manual del usuario IM/NAV6S-E Edición 3

a. **Principio de funcionamiento.** La medición de sílice de una muestra implica añadir diversas soluciones de reactivos químicos en un orden determinado bajo condiciones de temperatura constante. El resultado es un compuesto químico, en solución, que tiene un color característico (azul). La absorbencia de este compuesto es proporcional a la concentración de sílice en la muestra original, lo cual permite realizar la medición de forma óptica. Durante la medición, el analizador convierte la señal procedente del sensor en información, la cual se mostrará en pantalla.

El método de análisis de sílice se utiliza cuatro reactivos los cuales son:

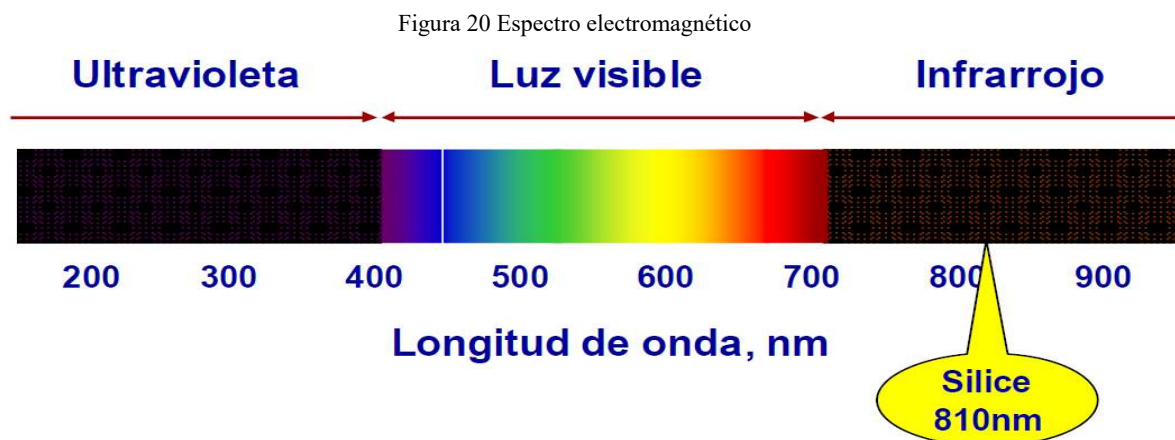
- Ácido cítrico/surfactante (ácido sulfúrico de 0.4M)
- Molibdato de amonio
- Ácido sulfúrico de 1.25M
- Ácido ascórbico

Los cuatro reactivos mencionados anteriormente se utilizan para el método Heteropoly Blue que se utiliza para medir sílice sensible al molibdato. Este método consiste en utilizar el reactivo molibdato de amonio es una solución ácida de molibdato que se añade a la muestra para que reaccione con el sílice y el

fosfato, liberando ácido molibdosilícico y molibdofosfórico. Añadir el reactivo con ácido cítrico/surfactante. El ácido cítrico enmascara el ácido molibdofosfórico presente y reacciona con el exceso de molibdato.

De esta manera, el molibdato no puede interferir, produciendo compuestos de color azul. El surfactante, un agente higrofórico, reduce la aparición de burbujas de aire en las paredes de la celda de muestras. Se mide la absorción de la luz a través de esta solución para determinar la absorción de referencia de muestras en blanco. El color que se forma a partir de este momento es equivalente al color final de una muestra con cero  $\mu\text{g/L}$  ó ppm de sílice. De esta manera se obtiene una referencia cero para compensar la turbidez de fondo y el color inherente a la muestra, los cambios en la lámpara colorimétrica y la contaminación de las paredes de la celda de muestra.

Se añade el reactivo ácido ascórbico que reduce el ácido molibdosilícico a una solución de color azul. La intensidad del color es directamente proporcional a la concentración de sílice de la muestra. Se mide la absorbencia de la luz a través de esta solución a 810 nm (Ver Figura 20). Esta absorbencia se compara con la absorbencia del blanco de referencia de la muestra y se calcula la concentración de sílice.



En la Figura 21 y Figura 22 se ejemplifica el proceso químico que realiza un analizador de sílice en la medición de una muestra usando el principio de funcionamiento anteriormente mencionado.

Figura 21 Proceso químico continuo de la medición en línea de un analizador de sílice.

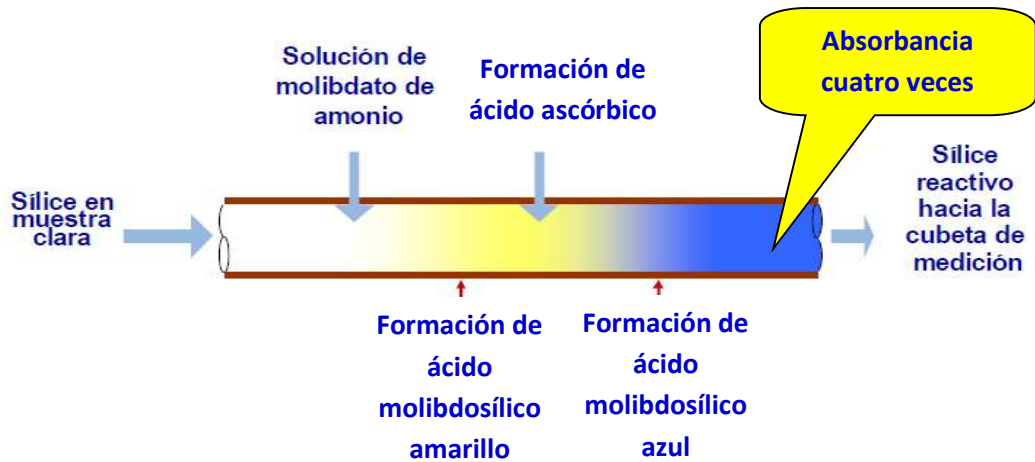
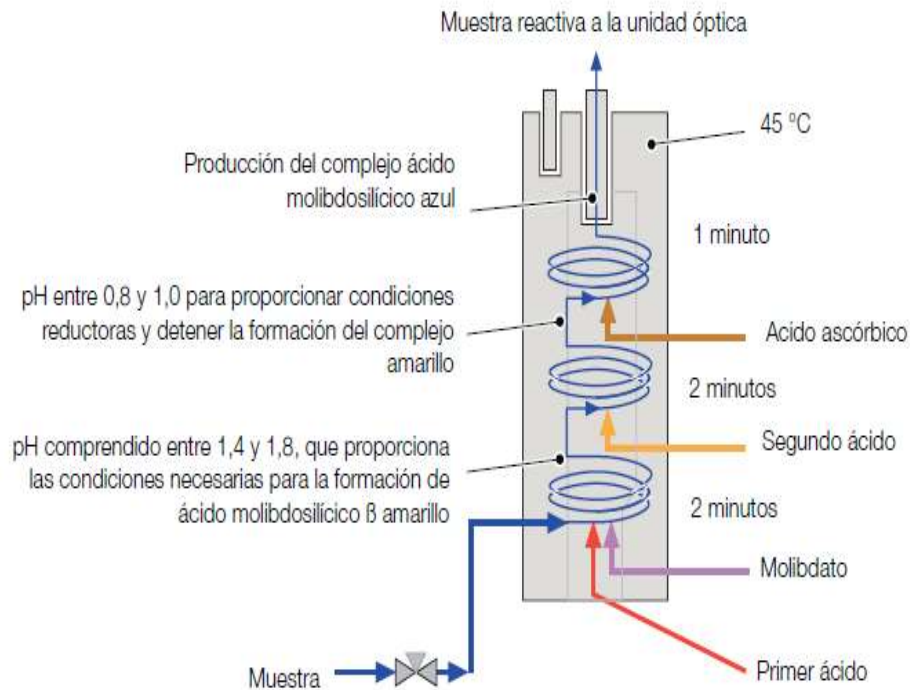


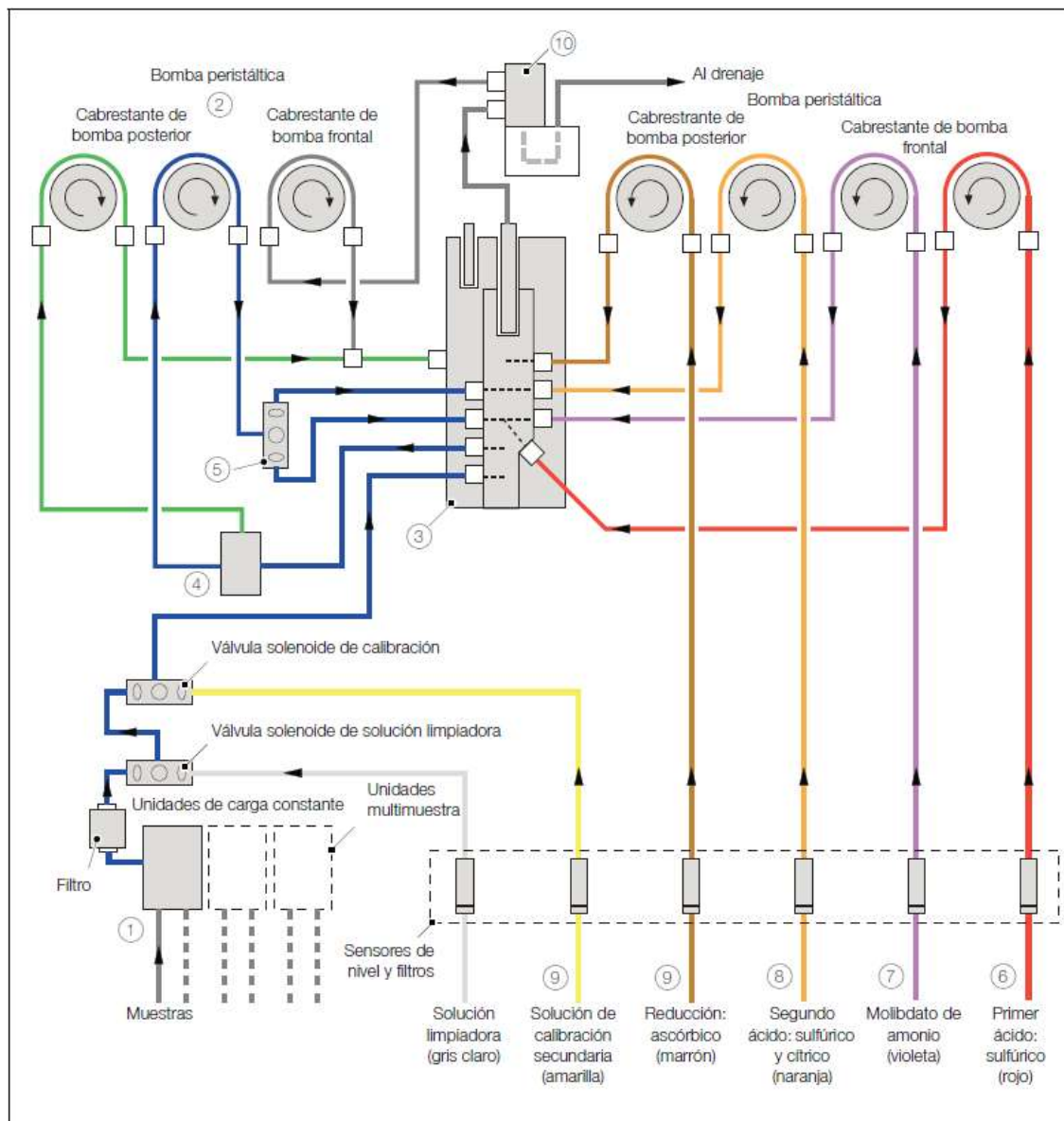
Figura 22 Esquema del proceso químico de la medición en línea de un analizador de sílice.



Fuente: ABB, manual del usuario IM/NAV6S-E Edición 3

b. Principio de operación. Se ejemplifica el principio de operación de una analizador de sílice para mejor entendimiento del principio de funcionamiento que tienen los equipos de este tipo. Según la Figura 23, la secuencia de muestreo durante el funcionamiento de muestras únicas ó de una sola muestra es como se describe a continuación:

Figura 23 Principio de operación de un analizador de sílice de una sola muestra



Fuente: ABB, manual del usuario IM/NAV6S-E Edición 3

- La muestra se retira de la unidad de carga constante (1) por la bomba peristáltica (2). Se coloca la unidad de carga constante con un interruptor "Sin muestra" que evita que el analizador pierda flujo de muestra;

- La muestra pasa a través del calentador dentro del bloque de reacción ③ donde se calienta antes de que se produzca la reacción.
- La muestra atraviesa el sistema antiburbujas primario ④ para eliminar las burbujas que se hayan podido formar.
- La válvula solenoide cero ⑤ envía la muestra a la primera bobina del bloque de reacción ③ donde se añade al reactivo 1 ⑥ (ácido sulfúrico) para reducir el pH de la muestra a un valor pH comprendido entre 1,4 y 1,8.
- Se añade el reactivo 2 ⑦ (molibdato de amonio) a la muestra acidificada. La solución de reactivo o de muestra queda retenida en la primera bobina del bloque de reacción para permitir que se forme el ácido amarillo beta-molibdosilícico; consulte la Figura 22 (proceso químico).
- Transcurridos 2 minutos, se añade el reactivo 3 ⑧ (ácido sulfúrico y ácido cítrico) para reducir el pH hasta un valor comprendido entre 0,8 y 1,0. La solución pasa a la segunda bobina de reacción del bloque de reacción donde se retiene otros 2 minutos para detener la formación de ácido beta-molibdosilícico y proporcionar las condiciones necesarias para que se dé la siguiente reacción (reducción); consulte la Figura 22 (proceso químico).
- Se añade el reactivo 4 ⑨ (una solución para reducción de ácido ascórbico) a la solución y se deja esta un minuto más en el bloque de reacción para permitir que el compuesto amarillo se reduzca al azul; consulte la figura 22 (proceso químico).
- Una vez que la solución está completamente formada, pasa a la cubeta ⑩ donde se mide ópticamente la intensidad del color (proporcional a la concentración de sílice original).

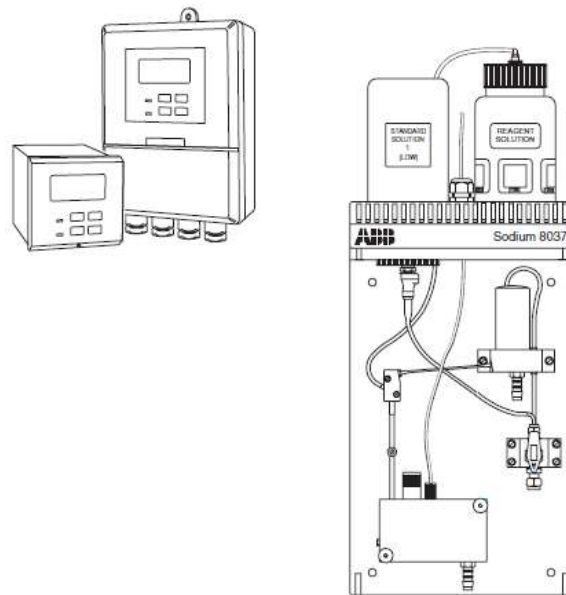
La secuencia menciona anteriormente ayuda a relacionar bien el método Heteropoly Blue con los analizadores de sílice, ya que es importante tener el conocimiento del principio de operación y principio de funcionamiento para realizar un buen mantenimiento, inspecciones y solucionar fallas en analizadores de sílice.

4. **Analizador de sodio.** Es un monitor en línea controlado por un microprocesador para la medición de sodio en una central generadora de vapor. Los puntos de muestreo comprenden salidas de lecho mixto en plantas de tratamiento de aguas, descarga de la bomba de extracción, alimentación de la caldera y vapor de la caldera debido a que el sodio es uno de los parámetros más importantes a ser medidos.

A pesar de que la medición de conductividad ha sido tradicionalmente utilizada para indicar los sólidos disueltos totales o contaminación química, le falta una sensibilidad adecuada. El sodio está presente en los compuestos críticos disueltos que incluyen cloro y sulfato que son encontrados en agua superficial utilizada para enfriamiento y tratamiento de aguas.

Desafortunadamente, los monitores de cloro en línea no son capaces de alcanzar las bajas concentraciones requeridas, y los monitores de sulfatos en línea no están disponibles en la actualidad. Estos parámetros pueden ser detectados indirectamente utilizando un monitor de sodio en línea que es muy sensible y que es una técnica de medición establecida. En la figura 24 se muestra un ejemplo de uno de los analizadores más utilizados en la industria.

Figura 24 Analizador de sodio



Fuente: ABB, Monitor de sodio IM/8037-E\_9

a. **Principio de funcionamiento.** La muestra entra en el monitor a través del accesorio de compresión de la válvula de conmutación de tres vías. A continuación, pasa a través de la válvula de conmutación hasta la unidad de carga constante que elimina el efecto de los cambios en la presión de la muestra y la velocidad del flujo. Cuando se pierde la muestra, el inicio automático está garantizado gracias a

un pequeño tubo flotante que se coloca a un lado dentro de la unidad de carga constante, y que a su vez permite al monitor funcionar en un flujo de muestra mayor. La muestra llega entonces a la pieza "T" y al tubo de retención de acero inoxidable, donde se le agrega un reactivo de vapor alcalino para elevar el valor del pH, antes de fluir a través de los electrodos de sodio y de referencia montados en la célula de flujo. Por último, la muestra sale de la célula de flujo a través del drenaje.

El potencial desarrollado entre el electrodo sensible a iones de sodio y el electrodo de referencia de plata o cloruro de plata es logarítmico con respecto a los cambios en la concentración de iones de sodio. La señal del par de electrodos se conecta al transmisor 8037. Un sensor de temperatura colocado en la célula de flujo detecta la temperatura de la muestra. El sensor se conecta al transmisor que compensa los cambios en la salida del par de electrodos en un intervalo de 5 °C a 55 °C.

Tras la conexión del tubo de calibración al recipiente de la disolución estándar, se realiza la calibración manual. Para ello, la válvula de conmutación de tres vías del panel de manejo de líquidos se cambia manualmente de la muestra a la disolución estándar. La calibración se inicia en el transmisor, donde es controlada por el microprocesador. La disolución estándar sigue el mismo camino que la muestra a través del panel de manejo de líquidos.

Figura 25 Principio de funcionamiento de un analizador de sodio

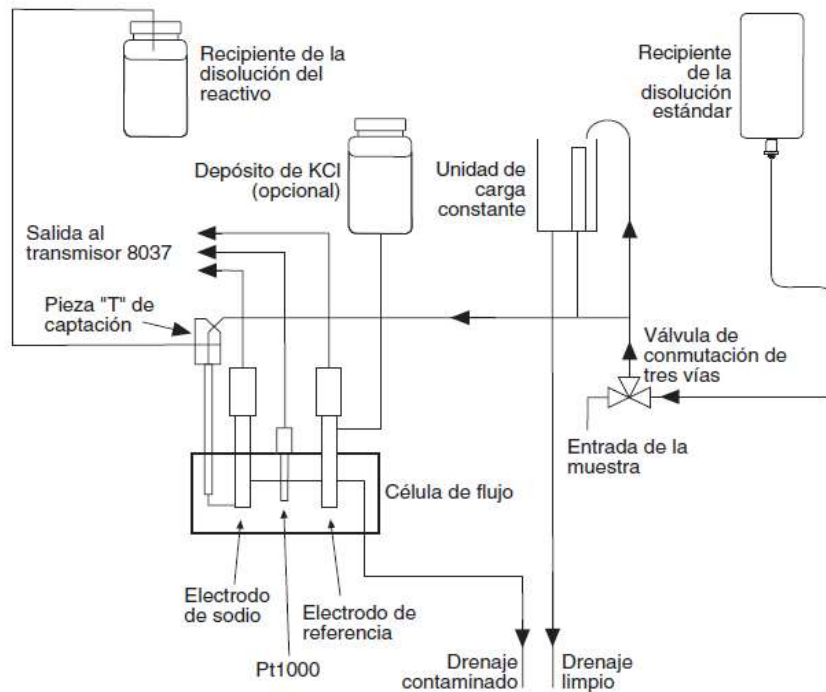
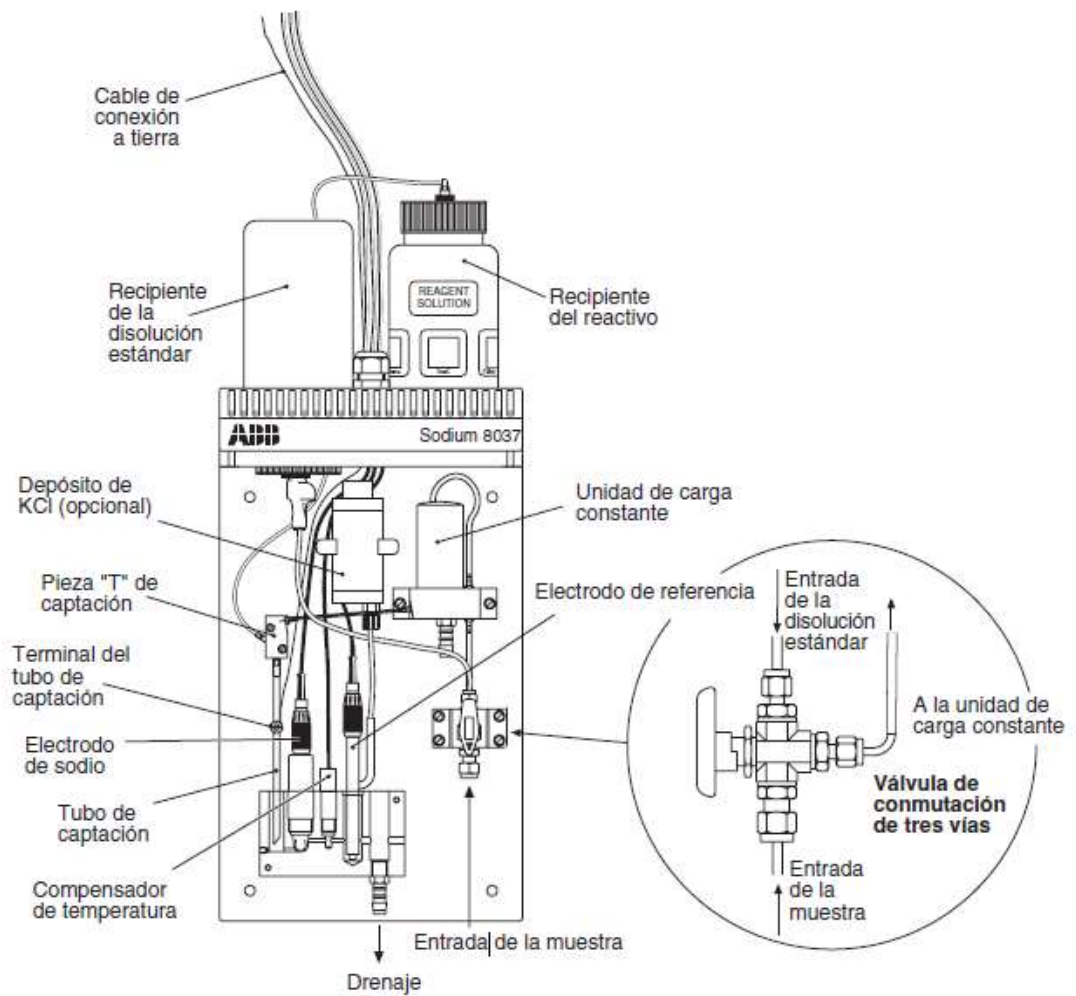


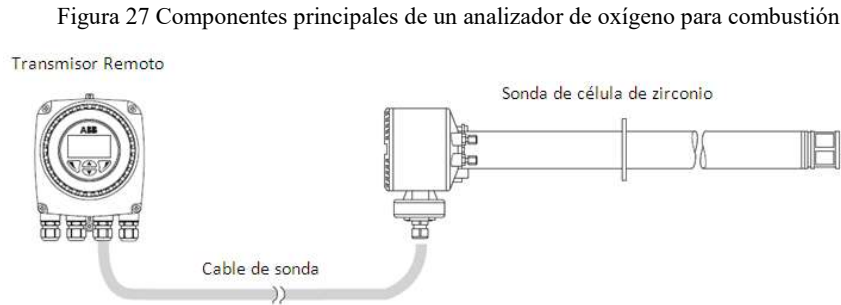
Figura 26 Distribución de partes de analizador de sodio



Fuente: ABB, Monitor de sodio IM/8037-E\_9

5. **Analizador de oxígeno.** La medición de oxígeno con precisión es crítica para el control de la combustión en calderas. Para alcanzar una eficiencia en la combustión óptima y reducir las emisiones, la proporción combustible/aire es muy crítica. Un exceso de oxígeno causa pérdidas térmicas a través de la chimenea de gases de escape, mientras que una deficiencia de oxígeno produce emisiones inaceptables.

En la Figura 27 se muestran los componentes de un analizador de oxígeno.



Fuente: ABB, Monitor de oxígeno DS/AZ20-ES

a. **Principio de funcionamiento.** El analizador de oxígeno cuenta con una sonda de una célula de zirconio (Figura 28) es un elemento sensor con forma de dedal dotado de electrodos internos y externos en su extremo cerrado. El electrodo interno está expuesto a los gases de combustión que entran por el extremo abierto de la célula; el electrodo externo recibe aire de referencia de una bomba o regulador y por tanto está expuesto a una presión parcial constante de oxígeno (20,95% O<sub>2</sub>). La célula se mantiene a una temperatura constante de 700 °C (1292 °F) por medio de un calentador y un termopar de control.

Figura 28 Célula de Zirconio



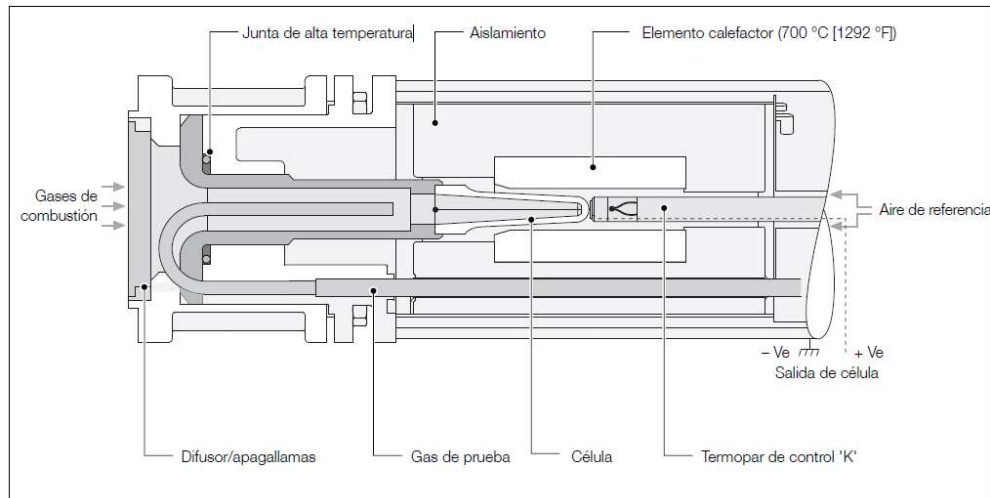
Fuente: ABB, Monitor de oxígeno DS/AZ20-ES

Como el zirconio es un electrolito que conduce sólo iones de oxígeno a temperaturas superiores a 600 °C (1112 °F), el voltaje generado entre los electrodos (la salida de la célula) está en función de la relación entre la diferencia de la presión parcial de oxígeno entre el electrodo de referencia y el electrodo de medición y su temperatura.

Por lo tanto, cualquier cambio en la presión parcial de oxígeno de los gases de combustión en el electrodo expuesto produce un cambio en el voltaje de salida de la célula tal como viene dado por la ecuación de Nernst (ecuación 1). El voltaje de salida de la célula aumenta logarítmicamente con la disminución del

oxígeno, ofreciendo así una alta sensibilidad con bajos niveles de oxígeno. En la Figura x se muestra como está construida la sonda con todos sus elementos.

Figura 29 Construcción de sonda



Fuente: ABB, Monitor de oxígeno IM/AZ20P-ES

Ecuación de Nernst (Ecuación 1)

$$EMF = KT \log_{10} (P1 / P2) + C$$

Donde:

P2 = la presión parcial del oxígeno en el gas medido en un lado de la celda.

P1 = la presión parcial del oxígeno en el gas de referencia en el otro lado.

T = la temperatura absoluta.

C = constante de la celda.

K = constante de una operación aritmética.

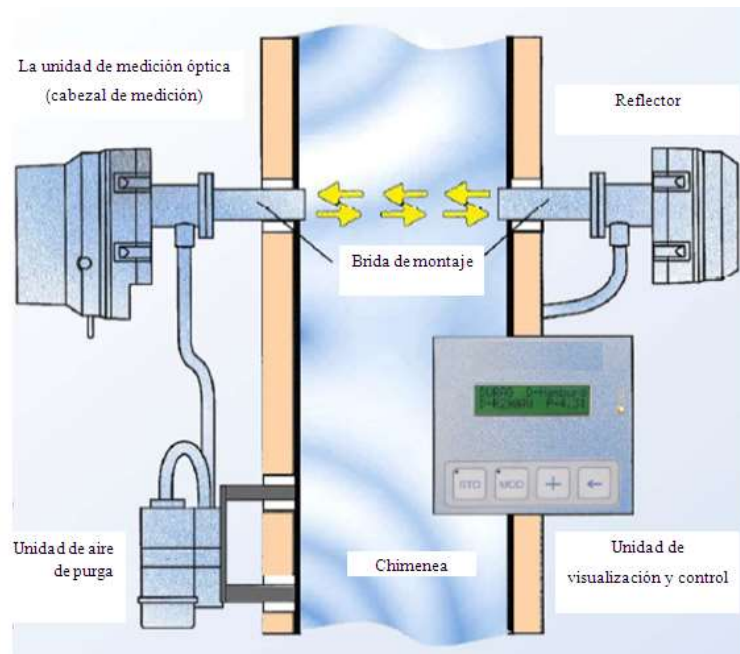
6. **Analizador de opacidad.** Se trata de un analizador “in situ” que monitoriza continuamente la opacidad y extinción de gases en chimeneas de la industria a fin de conocer en cada momento la eficacia de filtros de gas y la cantidad de partículas emitidas a la atmósfera. Funciona según el principio de transmisión óptica y determina el debilitamiento de un haz de luz de medida. El termino opacidad se utiliza típicamente para medir la materia en partículas (partículas de humo) en una chimenea.

Por definición, la opacidad es el oscurecimiento de un haz de luz por las partículas en el haz se trata de una medición de porcentaje. Por ejemplo, 0% de opacidad significa que no hay partículas y 100% de opacidad que significa que el haz de luz es completamente bloqueada por las partículas. Se trata de una relación lineal.

a. Descripción del funcionamiento de los componentes del sistema. El analizador de opacidad consta de varios componentes:

- La unidad de medición óptica (cabezal de medición)
- Reflector
- La unidad de aire de purga
- La unidad de visualización y control
- Tubos soldables con brida de ajuste

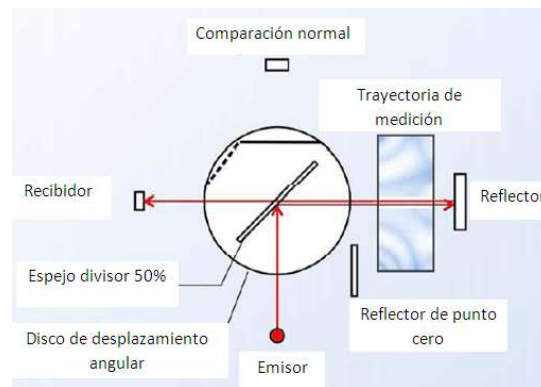
Figura 30 Componentes de un sistema de opacidad



b. Principio de funcionamiento. El analizador de opacidad funciona sobre la base del principio de transmisión. La cabeza de medición (receptor) y el reflector están equipados uno frente al otro. Por aplicación del principio de autocolimación, la medición de luz cruza la trayectoria de medición dos veces y la sensibilidad de medición es el doble (véase la Figura 31 medición).

La luz modulada emitida por el cabezal de medición cruza el camino de medición inicialmente hasta el reflector. Desde allí se refleja y cruza la trayectoria de medición por segunda vez. Mientras lo hace, la atenuación del haz de luz de medición, debido a las partículas de polvo es proporcional a la densidad de la partícula. La mancha uniforme de la luz que se refleja en el lado del reflector a medida que pasa a través de la trayectoria de medición es de un diámetro considerablemente mayor que la superficie del reflector. Esto hace que el ajuste sea más fácil y evita errores de medición si hay distorsión térmica de la cabeza de medición y superficies de montaje del reflector.

Figura 31 Medición de opacidad

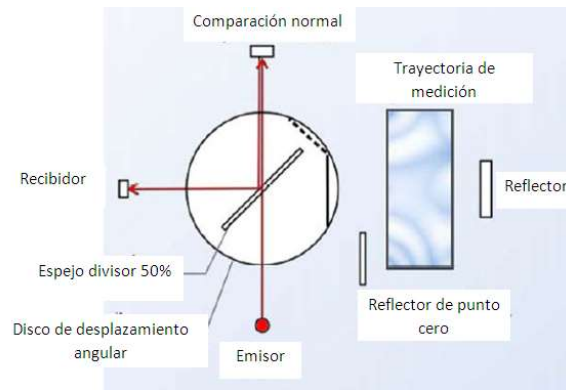


Los desvíos de intensidad inevitables del grabador óptico (receptor) y de la lámpara de estado sólido, es causada por el envejecimiento y los efectos de la temperatura, se compensan automáticamente por el dispositivo. Para ello, la luz se modula a 2 kHz del diodo de banda ancha se divide en un haz de luz de medición y un haz de luz de comparación (véase la Figura 33 Comparación de la medición). Un grabador óptico recibe la medición y comparación de las vigas de luz alternativamente. La transición entre la luz y la medición de luz comparación se realiza utilizando un motor paso a paso que gira el disco de desplazamiento angular (Figura 32 disco de desplazamiento angular) con el diafragma en frente del haz de luz hacia el trayecto de medición y, a continuación sólo permite la medición de la luz comparación. La diferencia entre las dos mediciones proporciona la corriente (lámpara) el envejecimiento y efectos de la temperatura, que de este modo se pueden filtrar fuera del resultado de la medición.

Figura 32 Disco de desplazamiento angular

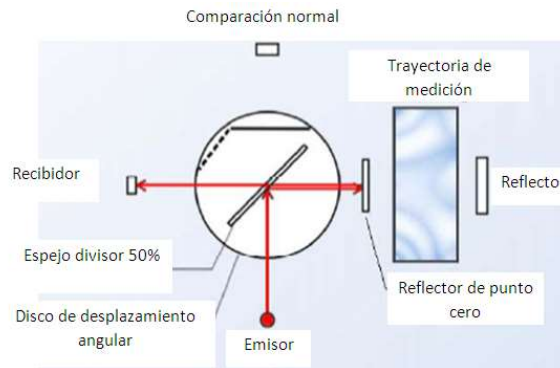


Figura 33 Comparación de medición en opacidad



El haz de luz cruza el camino hacia la trayectoria de comparación por dos segundos cada dos minutos. El valor de la comparación de la luz se digitaliza y se guarda para el periodo de medición de luz posterior. Una medición se realiza cada 0.5 de un segundo. Hay un amplificador común para el procesamiento de señales de medición y comparación de la luz.

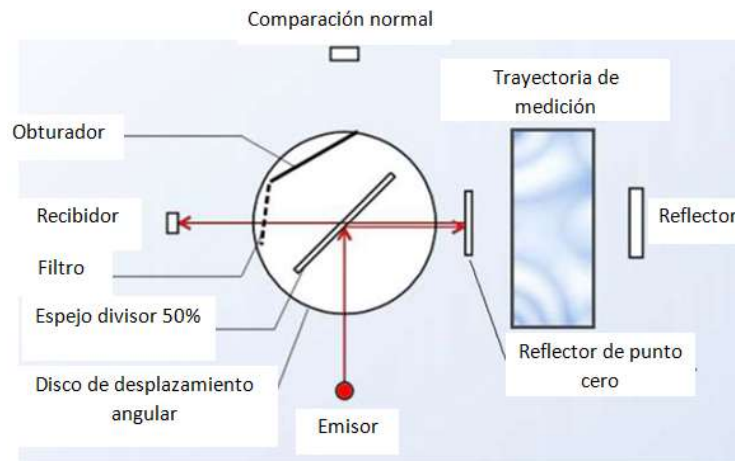
Figura34 Comprobar el punto cero en opacidad



Para comprobar el correcto funcionamiento la mayoría de los analizadores contienen un sistema de ciclo de control que se lleva a cabo en intervalos periódicos ajustables 1 a 99 horas. En este ciclo, la contaminación de las superficies ópticas y el span se miden automáticamente y se visualiza a través de un reflector de punto cero. En la comprobación de span (Figura 35) una chapa perforada (Figura 32 Disco de desplazamiento angular) de atenuación de la luz definida se mueve en el haz de medición y comprueba para ver que la atenuación medida está de acuerdo con que se define. En el cheque de punto cero (figura 34 comprobación del punto cero) el haz de medición se refleja directamente en frente del medio a medir. Por lo tanto, pasa a través de las lentes contaminadas y todos los componentes ópticos relevantes al igual que en la medición real. Los resultados de medición de las mediciones siguientes se corrigen por la magnitud de la diferencia medida (contaminación).

La electrónica de evaluación intermedios digitales determinar la transmisión en base a la luz de medición recibida y la intensidad de la luz comparación. Esto permite el cálculo de la opacidad o, como una medida lineal de la concentración del polvo, de la extinción. La extinción puede ser calibrado y se puede dar en  $\text{mg} / \text{m}^3$ . El resultado de la medición y de salida como una señal de corriente analógica.

Figura 35 Comprobar span



### c. Principio de medición

1) Transmisión. Si un haz de luz se transmite a través de un conducto de gases de combustión o de un conducto de extracción de polvo, la luz será cada vez más atenuada mayor es la densidad de polvo.

El principio de medición se basa en una comparación entre el haz de luz de comparación, que no está sujeta a los efectos del polvo, con el haz de luz de medición, que se atenúa debido a las partículas de polvo presentes en el conducto de gas de combustión que se está monitoreando. Un ordenador calcula el cociente del haz de luz de medición para el rayo de luz comparación.

Donde:

$I_0$ : Luz emitida

$I$ : luz recibida

$T$ : Transmisión

$Op$ : Opacidad

Ecuación 2:

$$\frac{I}{I_0}$$

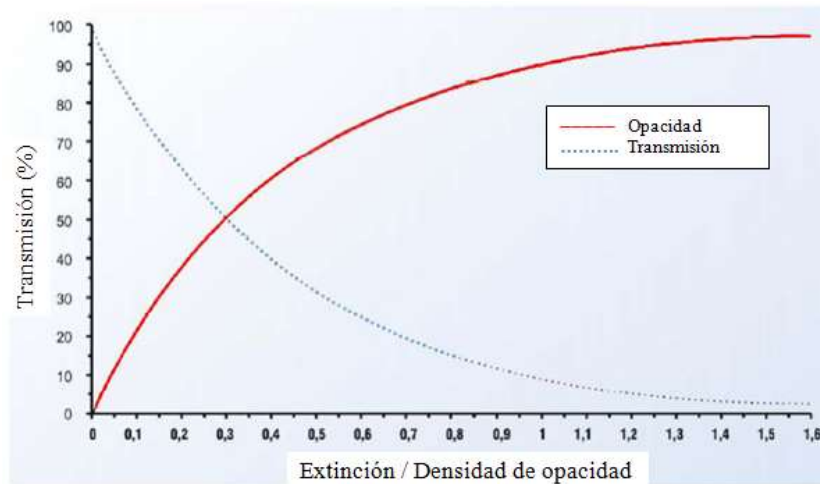
El grado de atenuación de la luz es el grado de transmisión T, con la relación de emisión a la luz recibida se da como un porcentaje.

Ecuación 3: 
$$\frac{I}{I_0} \times 100\% = T$$

2) Opacidad. La función contrario de transmisión es la difusión o la opacidad.

Ecuación 4: 
$$100\% - \frac{I}{I_0} \times 100\% = Op$$

Figura 36 Relación entre la extinción, transmisión y opacidad



El principio de autocolimación en los analizadores se basa en, significa que la luz de medición pasa dos veces a través del trayecto de medición en el punto de medición. Esto significa que la luz de medición dos veces sufre atenuación de la misma debido a las partículas de polvo presentes en el gas de combustión monitoreado.

Si un haz de luz se transmite a través de un conducto de gases de combustión o de un conducto de extracción de polvo, la luz será cada vez más atenuada y mayor es la concentración de polvo. Resultados de atenuación de la refracción y la difracción, que, en conjunto, se denominan extinción. Como regla general, la intensidad de la luz que disminuye exponencialmente con la longitud de la ruta de acceso que tiene un haz que pasa a través de ella.

3) Cálculo de opacidad en la salida de la chimenea. Si es necesario, la medición se puede evaluar como si la luz de medición se había pasado a través de la trayectoria de medición sólo una vez en la salida de la chimenea (en línea con la EPA de los EE.UU.). Por esta razón, el cálculo se requiere lo siguiente:

Donde:

Op = Opacidad en el punto de medición.

Op1 = Opacidad en el punto de medición mide utilizando el principio de autocolimación.

Op2 = Opacidad en la salida de la chimenea.

L1 = Diámetro de la pila en el punto de medición.

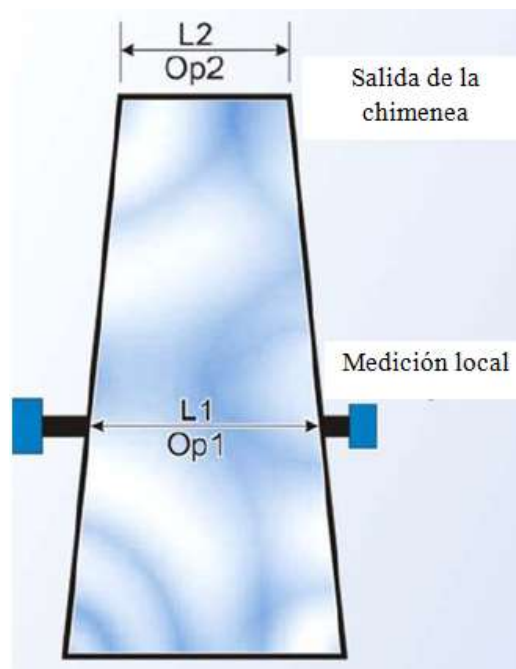
L2 = Diámetro de la salida de la chimenea.

Ecuación 5: 
$$Op1 = 1 - (1 - Op)^2$$

Si la atenuación doble de la luz de medición en el punto de medición se toma en cuenta, seguir la siguiente relación:

Ecuación 6: 
$$Op2 = 1 - (1 - Op1)^{L2/2xL1}$$

Figura 37 Spans para determinar la opacidad



## C.APLICACIONES DE VARIABLES CRÍTICAS DE MEDICIÓN ANALÍTICA EN PLANTAS TERMOELÉCTRICAS

1. Importancia de medición en la analítica de líquidos en plantas termoeléctricas. El tratamiento químico en el agua que se utiliza en plantas termoeléctricas debe llevar un monitoreo estricto para controlar alteraciones con características físico-químicas de una sustancia hasta adecuarlos a unos patrones predefinidos y deseados.

Hablar de control químico en una planta de generación eléctrica es hablar de la química del agua, los sistemas que se controlan en este tipo de plantas son circuitos de agua abiertos que son agua de circulación (Desde la torre de enfriamiento a condensador) y agua de alimentación de agua a calderas. El objetivo principal de un tratamiento químico en una planta de generación eléctrica es preservar la integridad de los materiales constituyentes de los diversos circuitos para mantener la operación de los sistemas de la planta en el nivel óptimo de disponibilidad, seguridad, fiabilidad, economía y eficiencia durante la vida útil de la instalación.

No llevar un control en el tratamiento de agua sobre los distintos sistemas tiene dos efectos perjudiciales: corrosión y formación de depósitos.

Para llevar a cabo los tratamientos químicos adecuados necesitaremos conocer dos condiciones fundamentales:

- Patrón químico deseado: Este viene dado por el tipo de material a utilizar, estos valores generalmente son aportados por los fabricantes de los equipos.
- Características físico-químicas originales de agua a tratar.
- Tipo de circuito (Abierto-Cerrado).
- Condiciones de funcionamiento (Temperatura, presión).

## 2. Problemas por mal control químico en aguas del ciclo agua-vapor

a. Corrosión. Para que esta aparezca, es necesario que exista presencia de agua en estado líquido. El vapor seco con presencia de oxígeno no es corrosivo, pero los condensados formados en un sistema de esta naturaleza son muy corrosivos.

En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada. La corrosión que produce el oxígeno suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema. A bajo valor de pH, el dióxido de carbono ataca por si mismo los metales del sistema y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno, cuando esta disuelto en el oxígeno. El oxígeno disuelto ataca las tuberías de acero al carbono formando montículos, bajo los cuales se encuentra una cavidad o celda de corrosión activa: esto suele tener una coloración negra, formando un óxido ferroso-férrico hidratado.

Los principales problemas de corrosión en tubería de caldera son la corrosión por oxígeno o pitting y la corrosión cáustica. A continuación se describe en qué consiste cada uno de estos tipos de corrosión.

1) Corrosión por oxígeno o pitting. Consiste en la reacción del oxígeno disuelto en el agua con los componentes metálicos de la caldera (en contacto con el agua), provocando su disolución o conversión en óxidos insolubles.

Figura 38 Ejemplo de corrosión por oxígeno



2) Corrosión cáustica. Se produce por una sobreconcentración local en zonas de elevadas cargas térmicas de sales alcalinas con la soda cáustica. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de cavidades profundas, semejantes al “pitting” por oxígeno, rellenas de óxidos de color negro, presentes solamente en las zonas de elevada liberación térmica (Hogar y sobrecalentadores) de una caldera. La corrosión cáustica puede ser prevenida manteniendo la alcalinidad, OH libre y pH del agua de la caldera dentro de los límites recomendados por el fabricante.

Figura 39 Ejemplo de corrosión cáustica



3) Corrosión en líneas de condensado. Las líneas de retorno de condensado, lógicamente no forman parte de una caldera, sin embargo, su corrosión tiene efectos sobre las calderas y puede ser prevenida con el tratamiento de agua. La corrosión de las líneas de retorno de condensado tiene efectos sobre una caldera, ya que, los óxidos (hematita) producidos son arrastrados a la caldera con el agua de alimentación. Toda caldera cuyo lado agua tiene un color rojizo presenta problemas de corrosión en las líneas de retorno de condensado.

La corrosión en las líneas de retorno de condensado se produce por la acción del ácido carbónico que en éstas se forma. La prevención de la corrosión en las líneas de retorno de condensado, puede ser conseguida mediante aminas neutralizantes que neutralizan la acción del ácido carbónica y aminas filmicas que protegen las líneas. Estas aminas son volátiles por lo que al ser dosificadas a las líneas de alimentación de agua, son arrastradas por el vapor producido en la caldera.

b. **Incrustación.** La formación de incrustaciones en el interior de las calderas suelen verse con mayor frecuencia que lo estimado conveniente. El origen de las mismas está dado por las sales presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor, las incrustaciones formadas son inconvenientes debido a que poseen una conductividad térmica muy baja y se forman con mucha rapidez en los puntos de mayor transferencia de temperatura.

Por esto, las calderas incrustadas requieren un mayor gradiente térmico entre el agua y la pared metálica que las calderas con las paredes limpias.

Otro tema importante que debe ser considerado en el fallo de los tubos ocasionados por sobrecalentamiento debido a la presencia de depósitos, aísla el metal del agua que los rodea pudiendo así sobrevenir desgarros o roturas en los tubos de la unidad con los perjuicios que ello ocasiona.

La sustancias formadoras de incrustaciones son principalmente el carbonato de calcio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio y sílice, esto se debe a la baja solubilidad que presentan estas sales y algunas de ellas como es el caso del sulfato de calcio, decrece con el aumento de la temperatura. Estas incrustaciones forman depósitos duros muy adherentes, difíciles de remover, algunas de las causas más frecuentes de este fenómeno son las siguientes:

- Excesiva concentración de sales en el interior de la unidad.
- El vapor o condensado tienen algún tipo de contaminación.
- Transporte de productos de corrosión a zonas favorables para su precipitación.
- Aplicación inapropiada de productos químicos

Una de las causas más comunes de la indisponibilidad de una planta de generación eléctrica es el fallo de tubos de caldera, condensadores, intercambiadores de calor o fallos en turbina de vapor por operar con los parámetros químicos de control fuera de las especificaciones de funcionamiento. Caldera, ciclo agua-vapor, turbina y otros consumidores de vapor se ven afectados enormemente por las condiciones químicas del agua y del vapor. Los mayores problemas en el rendimiento del circuito agua-vapor de las plantas están relacionados con la acumulación de depósitos porosos en la zona de agua de los tubos de caldera, Una parte de los depósitos provienen del arrastre de los productos de corrosión generados en los sistemas previos a la caldera; otra parte proviene de la corrosión de los propios tubos de la caldera; y una última parte proviene de compuestos que arrastra el propio vapor por utilizar una agua de alimentación al sistema que no cumple con los requerimientos deseables.

Como se ha dicho anteriormente, la corrosión y las incrustaciones son los efectos más perjudiciales de un control inadecuado, y tiene su efecto negativo en la producción de roturas, pérdidas de rendimiento, pérdidas de material, degradación, acelerada de elementos y desequilibrios en equipos rotatorios.

Podemos definir la corrosión como la reacción química o electroquímica que se producen entre un metal y el medio que provoca su degradación y la pérdida de sus propiedades. Esta corrosión se produce por el oxígeno disuelto en el agua por el dióxido de carbono o por ácidos, El ataque químico comienza en la superficie y se propaga hacia el interior, Diferentes zonas de la superficie metálica actúan como ánodo y cátodo. Los iones metálicos por difusión a través de la matriz metálica se oxidan en la zona anódica y los electrones difundidos de igual modo, reaccionan en el oxígeno disuelto en la zona catódica.

### 3. Aplicaciones de pH en plantas termoeléctricas

#### a. Aplicaciones de pH

##### 1) Agua de caldera

- Prevención de corrosión
- Mantiene la confiabilidad en los sistemas

##### 2) Pureza del vapor

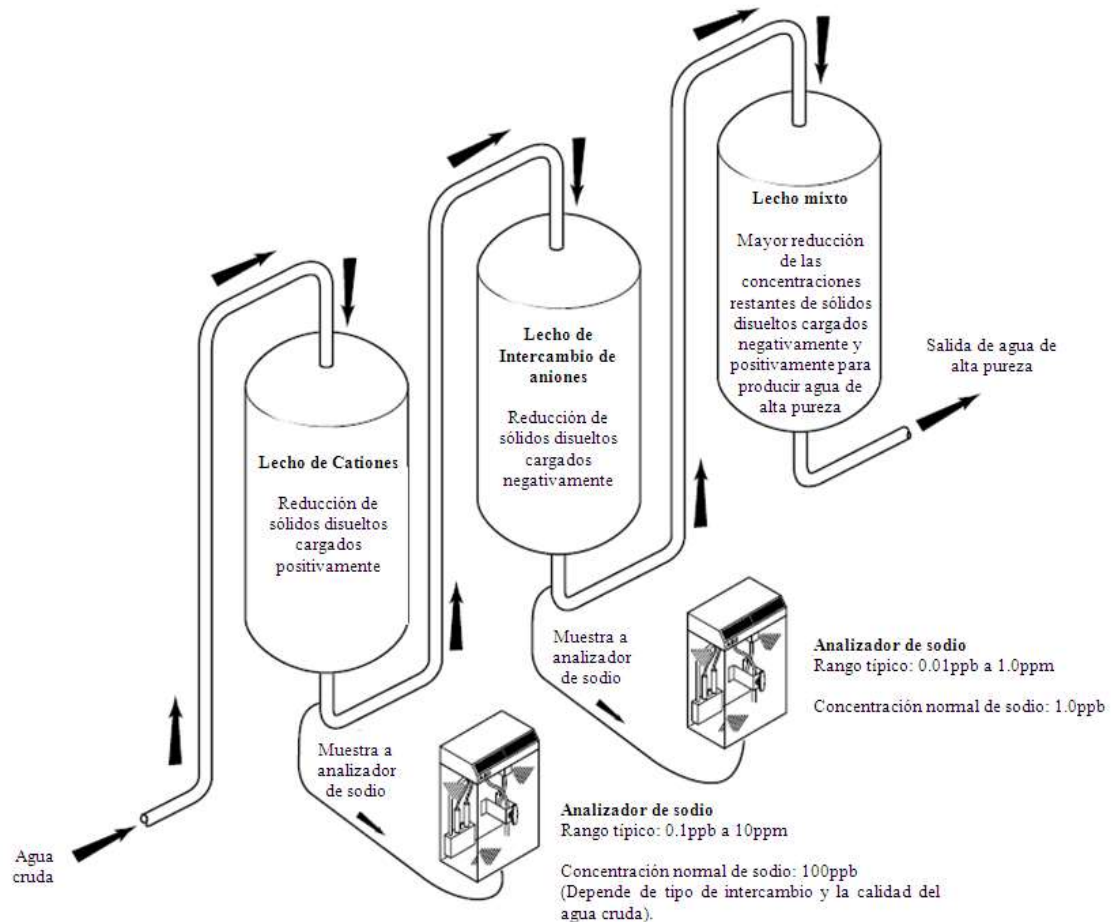
- Minimiza la purga (Costoso)
- Rango de medición de pH:  $8.55 < \text{pH} < 9.26$

##### 3) Monitoreo del condensado

- Ayuda a monitoreo de ingreso de sustancia extrañas

4. Analizador de sodio en proceso de tratamiento de agua. En el proceso de tratamiento de agua necesita utilizar un analizador de sodio ya que en dicho proceso se debe detectar el avance de sodio y para garantizar el agua de proceso es puro. Adicional ayuda a garantizar la planta opera a la máxima eficiencia y que la planta se mantenga a las normas especificadas.

La Figura 40 Aplicación de sodio en una planta de desmineralización



La Figura 40 muestra una planta de desmineralización simple donde aniones se intercambian con los iones hidroxilo y los cationes se intercambian con los iones de hidrógeno (por el uso de resinas de intercambio iónico) para producir agua desmineralizada, libre de minerales. Analizadores de sodio se utilizan para la monitorización continua de sodio en el agua de proceso.

a. Descripción del proceso

1) Medición básica de análisis. Todos los monitores de sodio en línea se basan en el uso de un electrodo selectivo de iones de sodio y un electrodo de referencia. La medición es muy similar a la de pH, con el par de electrodos también responder a los iones de hidrógeno y los cambios en la temperatura de la muestra.

La interferencia de iones de hidrógeno se controla elevando el pH de la muestra (la reducción de la concentración de iones de hidrógeno). Esto se logra mediante la adición de un álcali por lo general de gas amoníaco o una amina volátil. Los efectos de temperatura se reducen mediante el control de la temperatura y llevar a cabo la compensación automática de la temperatura. El analizador se calibra mediante el uso de soluciones de concentración de iones de sodio conocida, con el par de electrodos produciendo una salida en milivoltios proporcional a la concentración de iones de sodio.

2) Lechos de intercambio catiónico. Los cationes son intercambiados por iones de hidrógeno en el lecho hasta que se hayan eliminado todos los iones de hidrógeno en el lecho. En esta etapa (conocido como resina de lecho agotamiento) los niveles de sólidos disueltos en el agua se incrementará y será necesario la resina a ser regenerado haciendo pasar ácido (generalmente sulfúrico o clorhídrico) a reincorporar a los iones de hidrógeno en la resina.

3) Lechos mixtos. El lecho mixto contiene una mezcla de ambos cationes y resinas de intercambio aniónico para reducir aún más el contenido de sólidos disueltos, y por lo tanto producir la calidad de agua de relleno requerida.

4) Planta de clarificación del condensado (Condensate Polishing Plant CPP siglas en inglés). Este tipo de planta se utiliza principalmente cuando el agua de condensado se vuelve a retornar a la caldera. Se necesita el condensado de la turbina de vapor / condensador y purifica o pule para reducir las concentraciones de las impurezas tales como cloruro de sodio, sulfato, etc, que pueden haber entrado en el sistema a través de fugas de los tubos del condensador. Plantas de pulido de condensados (CPP – vea la figura 41 de la siguiente página) sólo eliminan normalmente pequeños niveles de contaminantes, por lo que sólo tiene una etapa de lecho mixto.

b. Puntos de medición

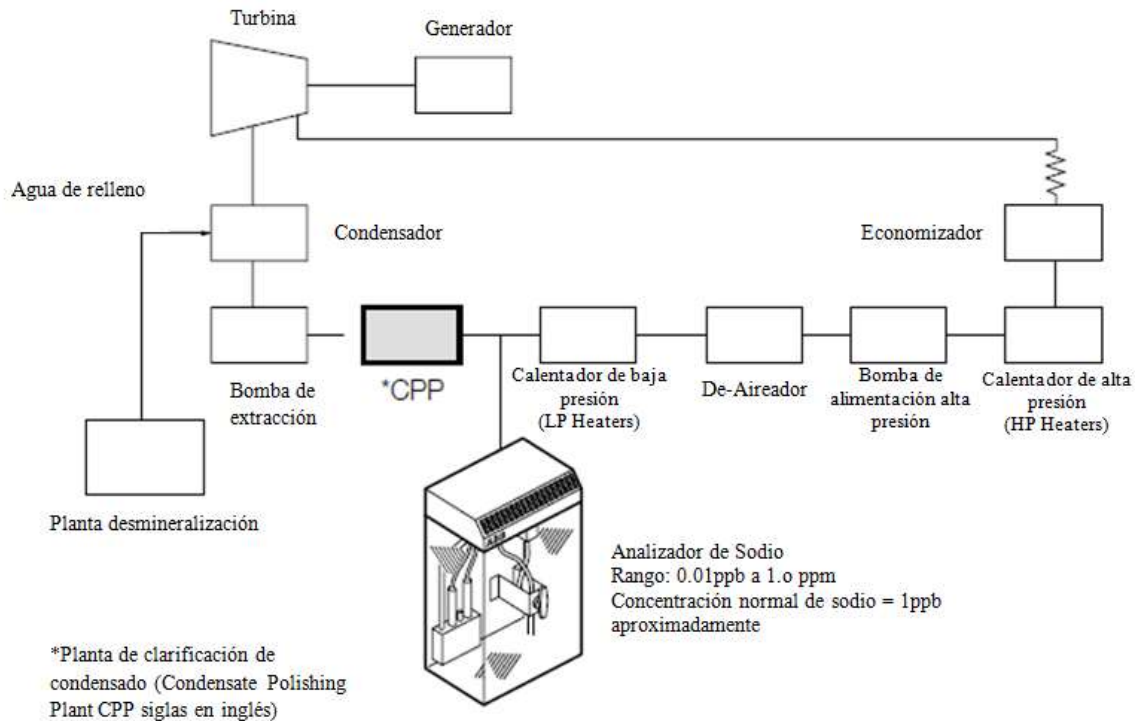
1) Salida Lecho de Cation. Los cationes monovalentes tales como sodio ( $\text{Na}^+$ ) son los primeros iones a gran avance cuando se produce el agotamiento de resina de cationes. La capacidad del

monitor de sodio para detectar niveles muy bajos de sodio hace que sea un método mucho más sensible de detección de agotamiento de resina de conductividad.

2) Salida lecho mixto. Aquí de nuevo, los monitores de sodio se utilizan para comprobar la calidad del agua final y detectar el agotamiento de la resina de intercambio catiónico en el lecho mixto. Es esencial que la concentración de sodio en el agua final se mantiene tan baja como sea posible para minimizar las pérdidas térmicas debido a la purga.

3) Salida-planta clarificación del condensado (CPP). Al igual que con la planta de desmineralización completa, el CPP tiene un monitor de sodio en la salida de la unidad de lecho mixto para detectar el agotamiento de la resina catiónica. Esto es particularmente importante en una vez que a través de calderas como cualquier sodio en el agua de alimentación después de la CPP se deposita en la caldera, provocando la corrosión y, potencialmente, la prematura parada del sistema.

La Figura 41 aplicación de analizador de sodio en planta de clarificación de condensado



## D.PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO

1. Procedimientos de mantenimiento y calibración. Desde hace tiempo, uno de los principales inconvenientes en las empresas, que genera una importante disminución en la productividad de las mismas, es que sus miembros hacen las cosas de diferentes maneras sin seguir una metodología única y uniforme. Cada uno apela al criterio propio, no siempre el mejor y/o a la memoria en ocasiones a muchos nos falla. Por este motivo, los resultados cuando se obtienen suelen diferir entre pares, áreas o plantas similares.

Para evitar los diferentes de problemas mencionados, la práctica más habitual y que mejores resultados ha dado globalmente es la documentación de procedimientos y procesos de cada sector/tarea, formando un Manual de Procedimientos (podemos también encontrarlo como Manual de Calidad). En él se definen las tareas e incumbencias de cada sector de la empresa, y los procedimientos detallados que deben llevarse a cabo para cada tarea específica y los afectados a las mismas (cargos o denominaciones dentro de la organización, no utilizar nombres propios). Esto permite delimitar responsabilidades, unificar criterios de trabajo, estandarizar las tareas y las capacitaciones a nuevos integrantes, registrar modificaciones y/o actualizaciones, etc.

En definitiva, lo que una empresa busca con esto es ser confiable y previsible para con sus clientes externos e internos, entregando productos y servicios idénticos (además de buenos, lógicamente), independientemente de quien lo produzca y en que planta o ubicación de la empresa se haga.

Como refuerzo para garantizar que las cosas se hagan de la misma manera en que están documentadas, se utilizan los controles o auditorías internas, que consisten en que personal idóneo en los procesos a auditar verifique objetivamente si las tareas realizadas se corresponden con lo especificado en la documentación, informando de las observaciones o no conformidades detectadas a los responsables, para hacer las correcciones adecuadas.

Es habitual que la redacción de un manual de procedimientos o calidad se realice como requisito para la certificación de normas de calidad (ISO 9000, por ejemplo), aunque la organización que encara un proceso de mejora mediante la documentación de sus procedimientos y detección de no conformidades debería, por su propio bien, tener en claro inicialmente si lo que desea es realmente ser más eficiente y confiable, o si solo quiere un lindo certificado colgado en la recepción de la empresa. A continuación se encuentran los procedimientos de calibración para mantenimiento preventivo de variables analíticas líquidos y grasas críticas para empresas termoelectricas.

a. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de pH

1) Mantenimiento (Frecuencia: 6 meses). Los analizadores de pH disponen de dos procedimientos generales de mantenimiento: los dirigidos al cuerpo del analizador y los dirigidos a la sonda detectora de pH (electrodos o sensores). Aunque en mantenimiento de los sistemas de medición de pH implica principalmente la limpieza y la calibración del sensor de pH. El propio analizador prácticamente no requiere mantenimiento.

a) Procedimientos generales de mantenimiento al cuerpo del analizador de pH.

- Examinar el exterior del equipo y evaluar su condición física general. Verificar la limpieza de las cubiertas y el ajuste de las mismas.
- Probar el cable de conexión y su sistema de acoples. Comprobar que se encuentran en buenas condiciones y que están limpios.
- Examinar los controles del equipo. Verificar que se encuentran en buen estado y que se pueden accionar sin dificultad.
- Confirmar que el indicador de encendido opere normalmente.
- Efectuar una prueba de funcionamiento midiendo el pH de una solución conocida.
- Inspeccionar las corrientes de fuga y la conexión a tierra.

b) Mantenimiento básico del sensor. Si le falta líquido de proceso al sensor, la limpieza frecuente puede ser necesaria. Si el proceso no contiene un alto nivel de sólidos en suspensión, la necesidad de limpieza regular será menor.

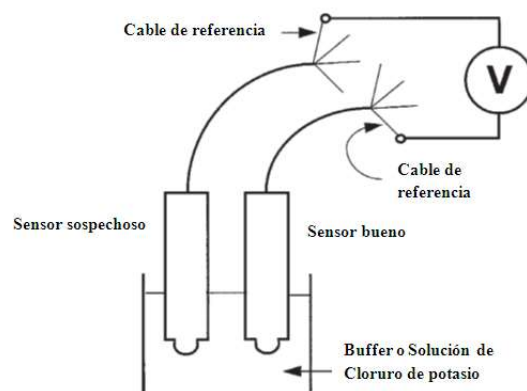
El sensor tiene diagnóstico de medición, si está disponible, también puede ayudar a indicar cuando un sensor necesita limpieza. A menudo, un aumento en el vidrio o la impedancia de referencia indica el electrodo se está convirtiendo en una falta.

- Retirar el electrodo detector de la solución buffer de almacenamiento.
- Enjuagar el electrodo detector con abundante agua destilada.
- Retirar la cubierta superior del electrodo detector.
- Llenar el electrodo detector con una solución saturada de cloruro de potasio (KCl). Utilizar la jeringa o aplicador que acompaña la solución de KCl. El llenado se efectúa a través del conducto que protege la tapa superior del electrodo. Verificar que la punta de la jeringa no toque el interior del electrodo.
- Envolver una pequeña parte de la tapa superior del electrodo para cubrir la apertura superior del mismo.
- Usar la punta de la aguja de la jeringa para perforar el área de la tapa que cubre la abertura, a fin de permitir que exista un equilibrio de presiones entre el interior y el exterior del electrodo.
- Enjuagar el electrodo con agua destilada.
- Mantener el electrodo dentro de la solución buffer de almacenamiento, siempre que no está en uso.

c) Comprobación de electrodo de referencia. Algunos procesos contienen sustancias, por ejemplo, sulfuros, que envenenan el electrodo de referencia. Envenenamiento altera el potencial del electrodo de referencia. Por ejemplo, el envenenamiento por sulfuro convierte el electrodo de referencia un electrodo de plata / cloruro de plata en un electrodo de sulfuro de plata / plata, causando un cambio en el potencial de varios cientos de milivoltios.

Una buena manera de comprobar si hay envenenamiento es comparar el voltaje del electrodo de referencia con un electrodo de plata / cloruro de plata que es conocida por ser bueno. El electrodo de referencia de un nuevo sensor es la mejor opción. Para comprobar el electrodo sospechoso, colocar los dos sensores en un vaso de precipitado que contiene buffer o una solución de cloruro de potasio. Conecte la referencia conduce a un voltímetro y medir la diferencia de potencial. Si el electrodo sospechoso es bueno, la diferencia debe ser no más de aproximadamente 20 mV. Consulte la Figura 42. Un electrodo de referencia contaminado por lo general requiere sustitución.

Figura 42 Comprobación de electrodo de referencia



Fuente: Rosemount Analytical, Theory and Practice of pH Measurement Manual, Dic 2010 Rev D

d) Limpieza de sensores de pH. La clase de limpieza requerida por el electrodo depende del tipo de contaminante que lo haya podido afectar. Se resumen a continuación en la tabla x los problemas más comunes.

Cuadro 1 Problemas y sugerencias para limpieza de sensores de pH

Problemas	Sugerencia de limpieza
Limpieza general	Utilizar un chorro de agua de una botella de lavado para enjuagar los sólidos de la punta del sensor. Si el agua no funciona, limpie suavemente el bulbo de vidrio y la unión de líquido con un paño suave, trapo, hisopo con punta de algodón o un cepillo de cerdas suaves.
Aceites y grasas	Lavar la ampolla de vidrio con una solución de detergente suave y enjuague bien con agua
Escala limpia (escalas de carbonato de sulfato y productos de corrosión)	Si la limpieza de la punta del sensor con un hisopo de algodón o trapo no elimina la escala de remojo del bulbo de vidrio sólo en una solución de 5% de ácido clorhídrico. Para preparar la solución de ácido, añadir 15 ml de ácido clorhídrico concentrado a 85 ml de agua con agitación constante. Mantenga el ácido lejos de la unión líquida y desde cualquier parte de acero inoxidable del sensor. Enjuague el sensor completamente con agua desionizada. Algunas escalas (por ejemplo sulfato de calcio), no se puede quitar fácilmente con ácido. Remojar el bulbo de vidrio en una solución al 2% de EDTA disódico durante unos cinco minutos puede ser útil. Porque el vidrio EDTA ataque soluciones, evitar largos periodos de inmersión

Cuando se utiliza ácido o solventes alcalinos, mantenga el disolvente fuera de la unión líquida. Si los contactos de solvente de limpieza de la unión, los iones de hidrógeno (ácido disolvente) o iones de hidróxido (disolvente alcalino) se difundirán en el cruce.

Debido a hidrógeno y iones hidróxido tienen una movilidad mucho mayor que la de otros iones, que producen un gran potencial de unión. Cuando el electrodo se remonta en el servicio, los iones hidrógeno o hidróxido lentamente difundirse fuera de la unión, haciendo que el potencial de unión líquida y la lectura del pH a la deriva. Puede tomar horas o días para que la lectura se estabilice. Siempre vuelva a calibrar el sensor después de la limpieza. Si el sensor se limpia con un detergente o ácido, remojar el sensor en buffer de pH 4 durante al menos una hora antes de la calibración.

#### e) Cuidados importantes en el mantenimiento

- No golpear el electrodo. Dado que su estructura generalmente es de vidrio y este material es muy frágil. Se rompe antes de que se deforme por lo que es necesario manipularlo de forma cuidadosa, evitando que sufra golpes, choques o caídas.
- Recordar que el electrodo es un elemento de consumo y que tiene una vida útil limitada.
- Mientras no esté en uso, mantener el electrodo dentro de la solución buffer de almacenamiento.

## 2) Calibración

a) Buffer de calibración. Los buffer son soluciones estándar formuladas para mantener un pH conocido, a pesar de las pequeñas cantidades de contaminación. Los buffer de calibración utilizan dos soluciones buffer, por lo general 3 unidades de pH, que permite que el analizador de pH a calcular de nuevo la pendiente y el valor cero para ser utilizado para derivar el pH de las señales de temperatura y milivoltios.

La pendiente y el valor cero derivado de un buffer de calibración proporcionan una indicación de la condición del electrodo de vidrio a partir de la magnitud de su pendiente, mientras que el valor cero da una indicación de envenenamiento de referencia o potencial de asimetría. En general, el buffer de calibración puede demostrar lo bien que el sensor de pH responde al pH.

La persona que realice el mantenimiento debe tener conocimiento de la manipulación y uso de los buffer de calibración. En el anexo 7 al 9 (página 127 a 138) se encuentran las MSDS de tres buffer de calibraciones más utilizadas para la calibración de sensores de pH (Buffer pH 4, 7 y 10).

b) Error en buffer de calibración. Las soluciones buffer tienen un valor de pH indicado a 25 ° C, pero cuando ese valor es 7 o por encima de ese pH, el pH real de el búfer se cambian con la temperatura. Los valores de la solución buffer a temperaturas distintas de 25 ° C por lo general se enumeran en la botella. El valor de pH a la temperatura de calibración debe ser utilizado o los errores en la pendiente y los valores cero, calculan la calibración, que dará como resultado. Una alternativa es utilizar la función de "reconocimiento de búfer" en los analizadores de pH modernas, que corrige automáticamente el valor del buffer utilizado por el analizador de la temperatura.

Otro tipo de error de calibración puede ser causado por calibraciones buffer hecho de prisa, que no puede permitir que el sensor de pH responda plenamente a la solución buffer. Esto provocará errores, especialmente en el caso de un sensor de pH caliente no está dado el tiempo suficiente para enfriar a la temperatura de la solución buffer. Analizadores de pH actuales tienen una característica de "memoria intermedia de estabilización", que impide que el analizador de aceptar una lectura de buffer de pH que no ha alcanzado un nivel prescrito de estabilización.

c) Toma muestra de normalización de pH. La normalización es un ajuste a cero simple de un analizador de pH para que coincida con la lectura de una muestra de la solución de proceso usando un analizador de laboratorio o de pH portátil. Es muy útil para poner a cero un potencial de unión líquida, pero algunos se deben tener precaución cuando se utiliza el ajuste a cero. Una normalización sencilla no demuestra que el sensor de pH está respondiendo a un pH de la muestra, como lo hace una buffer de calibración. En algunos casos, un electrodo de pH roto puede dar lugar a una lectura de pH creíble, que puede entonces ser normalizados a un valor de muestra tomada al azar.

d) Calibración de sensores de pH. Muchos usuarios consideran calibración como parte del mantenimiento de rutina. La pregunta que surge es ¿con qué frecuencia deben ser calibrado los sensores? la frecuencia a la cual los sensores deben ser calibrados se puede determinar solamente por la experiencia. Muchos factores influyen en la frecuencia de calibración. Los sensores instalados en corrientes de procesos sucios o corrosivos generalmente requieren una calibración más frecuente que los sensores utilizados en agua limpia.

Sensores de medición de valores de pH extremos, en particular de pH alto, requieren también una calibración más frecuente que los sensores de medición intermedio pH. La anchura de la gama de control de pH o ORP y las consecuencias de una condición de fuera de los límites tiene una gran influencia en la

frecuencia de calibración. El rango más estrecho es el control y mayor es la sensibilidad del proceso a controlar excursiones, más a menudo el sensor debe ser comprobado.

Utilice el siguiente procedimiento para determinar con qué frecuencia se debe calibrar un sensor de pH.

- Calibre el sensor. Anote la fecha de calibración y la respuesta del sensor en los buffer. Es decir, después de la calibración, colocar el sensor de nuevo en los buffer y registrar el pH y la lectura de la temperatura en cada buffer. También tenga en cuenta el valor de la referencia de desplazamiento y la pendiente.
- Instalar el sensor en la corriente de proceso.
- Después del periodo adecuado (dos semanas para un proceso limpio, una semana para un proceso sucio o agresivo) quite el sensor y comprobar su rendimiento en los buffer. Registrar el pH y lecturas de temperatura. El funcionamiento del sensor en buffer después de que ha estado en servicio se llama la condición encontrada. Mantener un buen registro de datos que se han encontrado es un paso importante para determinar la frecuencia de calibración.
- Si los datos encontrados son aceptables, no volver a calibrar el sensor. Lleve la unidad al proceso. Continuar comprobación de la calibración de la misma o ligeramente en un intervalo más largo.
- Si los datos brindados no son aceptables, volver a calibrar el sensor. Después de la calibración, compruebe la respuesta del sensor en cada buffer y registrar los resultados. También tenga en cuenta la referencia offset y la pendiente. Devuelva el sensor de servicio. Compruebe el sensor de nuevo después de un período más corto que el seleccionado inicialmente. Por ejemplo, si el primer intervalo fue dos semanas, repetir la verificación después de una semana.

- Después de un tiempo se hará evidente que la sonda tiene calibración. La frecuencia de calibración mínima se determinará con las calibraciones que sean brindadas.
- Compruebe la calibración del sensor por lo menos varias veces durante el intervalo de calibración regular. Realice visitas al equipo para comprobar el sensor se encuentra todavía en la calibración y validación de las mediciones de procesos realizados desde la última calibración o verificación de la calibración.

e) Correcto almacenamiento de sensores de pH. Fuera de sensores de servicio de pH deben guardarse húmedo. Buffer de pH 4 a la que se ha añadido una pequeña cantidad de cloruro de potasio es la mejor solución de almacenamiento. No almacenar sensores en agua desionizada o buffer alcalinos. Si se seca un sensor durante el almacenamiento, remojo durante la noche en buffer pH 4 suele restaurar la capa de cristal hidratado y la unión de referencia.

#### b. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de conductividad

1) Mantenimiento (Frecuencia: 6 meses). Los analizadores de conductividad disponen de dos procedimientos generales de mantenimiento: los dirigidos al cuerpo del analizador y los dirigidos a la sonda sensor de contacto.

a) Procedimientos generales de mantenimiento al cuerpo del analizador de conductividad.

- Examinar el exterior del equipo y evaluar su condición física general. Verificar la limpieza de las cubiertas y el ajuste de las mismas.
- Probar el cable de conexión y su sistema de acoples. Comprobar que se encuentran en buenas condiciones y que están limpios.
- Examinar los controles del equipo. Verificar que se encuentran en buen estado y que se pueden accionar sin dificultad.
- Confirmar que el indicador de encendido opere normalmente.

- Efectuar una prueba de funcionamiento midiendo la conductividad de una solución conocida.
- Inspeccionar las corrientes de fuga y la conexión a tierra.

b) Mantenimiento básico del sensor

- Retirar el electrodo detector del punto de medición.
- Enjuagar el electrodo detector con abundante agua destilada y limpiar con paño limpio.
- Mantener el electrodo dentro de la solución buffer de almacenamiento, siempre que no está en uso.

2) Calibración

Hay dos maneras de calibrar los sensores de conductividad. El sensor se puede calibrar contra una solución de conductividad conocida o puede ser calibrado contra un sensor y el analizador calibrado previamente. Normalmente, el sensor debe ser calibrado en un punto cerca del punto medio del rango de trabajo de calibración de los constantes cambios de la célula.

a) Calibración contra una solución estándar. Calibración contra una solución estándar es sencilla. Coloque el sensor en el estándar y ajustar el analizador para que coincida con la lectura de la conductividad conocida. Para eliminar los errores relacionados con la temperatura, desactivar la compensación de temperatura y calibrar mediante la conductividad de la norma a la temperatura de medición. La mayoría de los estándares de conductividad son soluciones de cloruro de potasio, por lo que incluso si los datos de temperatura y la conductividad no se encuentran en la etiqueta, los datos son fácilmente disponibles en libros de referencia.

Patrones de conductividad son susceptibles a la contaminación de dióxido de carbono atmosférico. El dióxido de carbono se disuelve en agua formando ácido carbónico y el aumento de la conductividad por tanto como 1,5 S / cm. Para minimizar los errores de contaminación, evitar el uso de normas con una conductividad menor de aproximadamente 150 S / cm. (Ver MSDS en anexo 10, página 139).

b) Calibración contra un sensor de referencia y el analizador. La mejor manera de calibrar un sensor de proceso contra una referencia es dejar que el flujo de líquido de proceso a través de

los sensores conectados en serie y ajustar el proceso de lectura para que coincida con el analizador de referencia. Desactivar la compensación de temperatura en ambos analizadores elimina los errores de compensación de temperatura. Para asegurarse de que la temperatura es la misma en ambas sondas, mantener alto caudal de la muestra y el tubo. Utilice tubos de interconexión limpia para evitar la contaminación.

Debido a que el sistema está protegido de la contaminación atmosférica, el método es ideal para la calibración de sensores utilizados para medir muestras de baja conductividad. Un procedimiento alternativo consiste en tomar una muestra al azar del líquido de proceso y medir su conductividad en el taller o laboratorio. Debido a que la temperatura de la muestra es probable que cambie durante la medición, se requiere la compensación de temperatura. Es importante que la medición de la temperatura tanto en el proceso y el analizador de referencia deben ser exacta y que los algoritmos de corrección de temperatura sean idénticos.

c. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de sílice

1) Medidas de seguridad para el mantenimiento y calibración. Antes de realizar cualquier mantenimiento y calibración considerar las siguientes medidas de seguridad.

a) Advertencia

- Asegúrese de que se utiliza el equipo de protección personal (EPP) como guantes y protección ocular durante el servicio de mantenimiento y de que los derrames se limpian con agua de alta pureza.
- Siga todas las indicaciones de las hojas de datos de seguridad del buffer de calibración, soluciones limpiadoras y reactivos utilizadas. Vea el anexo 11 al 16 (página 140 a 157) donde se encuentran dichas MSDS.

b) Precauciones en soluciones químicas

- Tenga cuidado de no contaminar las soluciones.
- Cuando reemplace soluciones, debe vaciar y enjuagar las botellas de solución de reactivo con agua de gran pureza antes de volverlas a llenar.

- No añada solución a botellas que ya contengan producto.
- Se deben cerrar bien las tapas para impedir que entre polvo, ya que este puede contener sílice.
- El rendimiento del analizador depende en gran medida de la integridad de estas soluciones, por lo que es muy importante preparar, almacenar y manejar las botellas con cuidado por lo cual es importante seguir los pasos de las MSDS de los reactivos utilizados en los equipos analíticos.

## 2) Mantenimiento

### a) Inspección programada: (Frecuencia: 1 mes)

En los analizadores de sílice es importante realizar inspecciones programadas para verificar las siguientes condiciones:

- Caudal de la muestra: Verificar el flujo de la muestra sea el adecuado según lo el nivel óptimo que indique el manual de instrucciones de equipo de sílice que tenga en su empresa.
- Inspección de reactivos: Verificar que los reactivos no estén contaminados y ver el nivel en el cual se encuentran.
- Verifique que no haya pérdidas, en especial alrededor de las conexiones de las tuberías de la muestra y de las tuberías de drenaje.
- Inspeccione todos los componentes de las tuberías y de la sección de manejo de líquidos para verificar que no haya pérdidas y no estén deteriorados.
- Compruebe que no haya mensajes de mal funcionamiento en la pantalla del analizador.

- Comprobación visual de burbujas de aire, esta verificación es importante ya que al haber cualquier burbuja en el proceso la medición podía ser errónea.

b) Mantenimiento programado (Frecuencia 3 meses)

- Realizar una limpieza manual del sistema para que el analizador vuelva a sus condiciones óptimas de funcionamiento.
- Reemplazo de reactivos: Cuando reemplace los reactivos, debe vaciar y enjuagar las botellas de solución de reactivo con agua de gran pureza antes de volverlas a llenar. Luego llenarlo con los reactivos nuevos manteniendo las medidas de seguridad anteriormente mencionadas.
- Reemplazo de filtro de muestra y reactivos: El filtro de la muestra y de reactivos impide la entrada de partículas grandes en la sección analítica. Para reemplazar el filtro, este debe de estar dañado o de color amarillo.
- Realizar la calibración de cero y span, después de realizar por completo el mantenimiento preventivo.

c) Mantenimiento anual (Frecuencia anual). Adicional de los dos mantenimientos anteriores es necesario efectuar un mantenimiento anual el cual se debe de seguir los siguientes pasos:

- Realizar limpieza exterior del equipo.
- En el mantenimiento anual se debe de reemplazar mangueras del reactivo, solución limpiadora y buffer de calibración.
- Reemplazo de solución limpiadora y buffer de calibración.
- Reemplazo de piezas de bomba peristáltica, filtros y otras partes importantes del analizador.

- Después de haber realizado los incisos a, b y c escritos anteriormente; Se debe de realizar todos los pasos del mantenimiento programado.

3) Calibración. La tecnología en los analizadores de sílice es bastante avanzada, lo cual la calibración se realiza in situ y solo se debe indicar al analizador que tipo de calibración se necesita hacer y el automáticamente realiza la secuencia de calibración. A continuación se detalla los tipos de calibración.

- Línea de base (2 puntos, reajuste cero): ejecuta una calibración cero y una secundaria. Se calcula un nuevo factor de calibración y se reajusta la desviación del cero a 0,0 ppb. Realice esta rutina solamente después de sustituir los reactivos o tras un servicio anual. Esta rutina sólo puede iniciarse manualmente.
- Cero (1 punto): se precisa para compensar cualquier desviación del cero. Se realiza con frecuencia para garantizar que se alcancen mediciones precisas de sílice. Siempre se debe llevar a cabo una calibración del cero después de una secuencia de limpieza.
- Secundaria (1 punto): se precisa si se ha reemplazado la solución de calibración secundaria o para comprobar su sensibilidad.
- Cero y secundaria (2 puntos): compensa cualquier desviación del cero o cambios en la sensibilidad del analizador al sílice. No es necesario que se realice con tanta frecuencia como la del cero (1 punto), ya que la mayoría de las desviaciones afectan al cero más que a la sensibilidad.

#### d. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de sodio

1) Medidas de seguridad. Antes de realizar cualquier mantenimiento y calibración considerar las siguientes medidas de seguridad.

##### a) Advertencia

- Asegúrese de que se utiliza el equipo de protección personal (EPP) como guantes y protección ocular durante el servicio de mantenimiento y de que los derrames se limpian con agua de alta pureza.
  
- Disolución concentrada en amoníaco: Este reactivo sólo deber utilizarse bajo una campana de extracción. Causa quemaduras e irrita los ojos, el sistema respiratorio y la piel. Use guantes de goma y gafas protectoras. En climas cálidos la presión aumenta en el contenedor cargado de amoníaco y, por lo tanto, se debe aflojar la tapa con cuidado.
  
- La dietilamina es un líquido incoloro extremadamente inflamable e irritante, con un fuerte olor a amoníaco. Se debe manejar con cuidado en todo momento. También se deber tener en cuenta lo siguiente:
  - Evite inhalar el vapor y el contacto con la piel o los ojos.
  
  - Trabaje bajo una campana de extracción, utilizando guantes de goma y protección en los ojos.
  
  - En caso de fuego, apáguelo con un pulverizador de agua, espuma, polvo seco o dióxido de carbono.
  
  - En caso de derrame, cierre todas las fuentes de ignición posibles y ordene a los demás que se mantengan a una distancia segura. Limpie el derrame con mucha agua, para diluirlo. Ventile bien la zona para evaporar cualquier líquido restante y dispersar el vapor.
  
  - Los vertidos del monitor contienen dietilamina (si se utiliza este reactivo), por lo que se debe evitar el contacto con los mismos.

b) Precauciones en soluciones químicas

- Tenga cuidado de no contaminar las soluciones.

- Cuando reemplace soluciones, debe vaciar y enjuagar las botellas de solución de reactivo con agua de gran pureza antes de volverlas a llenar.
- No añada solución a botellas que ya contengan producto.
- El rendimiento del analizador depende en gran medida de la integridad de estas soluciones, por lo que es muy importante preparar, almacenar y manejar las botellas con cuidado por lo cual es importante seguir los pasos de las MSDS de los reactivos utilizados en los equipos analíticos.

2) Disoluciones químicas. Las disoluciones del reactivo y la calibración que se especifican en este apartado son necesarias para mantener el monitor en funcionamiento. Las disoluciones se deben almacenar en recipientes de plástico y, siempre que sea posible, deben estar recién hechas.

- Disolución del reactivo: Se pueden usar dos disoluciones de reactivo alternativas, dependiendo del límite inferior requerido para la medición. La disolución concentrada de amoníaco ajusta el pH de la muestra a 10,7 y es apropiada para mediciones de iones de sodio a  $0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$  (aproximadamente). En concentraciones menores, la interferencia de iones de hidrógeno se vuelve significativa y se debería utilizar un reactivo de una disolución de dietilamina al 50%. De esta manera se ajusta el pH de la muestra entre 11,2 y 11,5 y se pueden realizar mediciones en concentraciones inferiores a  $0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$ .
  - Disolución concentrada de amoníaco: Se recomienda una disolución de volumen en agua al 35%, pero se pueden utilizar concentraciones menores, hasta un mínimo de volumen en agua al 30%.
  - Disolución de dietilamina al 50%: Coloque 500 ml de agua de alta pureza dentro del contenedor del reactivo y con cuidado agregue 500 ml de dietilamina de grado reactivo analítico.

Remueva la disolución y déjela enfriar a temperatura ambiente antes de colocar la tapa del contenedor.

### 3) Mantenimiento

#### a) Inspección programa (Frecuencia: 1 mes)

- Verifique el estado de los reactivos del analizador
- Verifique que su funcionamiento sea el adecuado
- Verifique alamas o errores que muestre la pantalla del analizador
- Verifique electrodo de medición, electrodo de referencia y elemento de temperatura.

#### b) Mantenimiento programado (Frecuencia: 3 meses)

- Reemplace el recipiente de la disolución del reactivo. No se debe permitir que el nivel de la disolución disminuya a menos de tres cuartos. En instalaciones de temperatura ambiente baja y para concentraciones de sodio bajas, la disolución debe reemplazarse con mayor frecuencia.
- Electrodo de referencia. Utilice la disolución que acompaña al producto para rellenar el electrodo:
  - En las versiones con depósito, compruebe el nivel del depósito del electrodo de referencia y si está por debajo de los 10 mm, añada disolución.
  - En las versiones sin depósito, asegúrese de que el nivel del depósito está por encima del tope de la celda de flujo y añada disolución si es necesario.
- Se deberán llevar a cabo los siguientes procedimientos:
  - Cuando la concentración de sodio sea superior a  $1 \mu\text{g kg}^{-1}$ , realice una calibración doble.

- Cuando la concentración de sodio sea inferior a  $1 \mu\text{g kg}^{-1}$ , aplique el siguiente procedimiento de reactivación/de agua fuerte antes de realizar una calibración doble.

Nota. Cuando se utiliza durante periodos prolongados en concentraciones bajas, la pérdida de iones de sodio de la superficie del electrodo acelera el proceso de envejecimiento del electrodo, lo que se refleja en un tiempo de respuesta lento, un nivel bajo de pendiente y dificultad para responder a niveles bajos. La calibración puede ser errónea debido a la respuesta lenta y a la reproducibilidad deficiente.

- El procedimiento de reactivación minimiza los problemas de estas fuentes.

- Extraiga el electrodo de sodio de la célula de flujo y deslice hacia fuera la manga y la junta tórica; no es necesario separar el cable del electrodo.
- Prepare dos vasos de precipitados de plástico, uno con aproximadamente 50 ml de disolución de agua fuerte, y el otro con unos 200 ml de agua de alta pureza.
- Sumerja el electrodo en la disolución de agua fuerte durante 60 ( $\pm 5$ ) segundos y, a continuación, enjuáguelo con agua de alta pureza.
- Deseche la disolución de agua fuerte diluyéndola completamente con mucha agua. Utilice disolución de agua fuerte recién preparada cada vez.
- Coloque la junta tórica y la manga y vuelva a colocar el electrodo en la célula de flujo. Haga funcionar el monitor durante una o dos horas en una muestra de bajo nivel de sodio antes de intentar la calibración. No se necesitará una calibración posterior hasta el próximo procedimiento de reactivación.

Precaución. Es importante no exceder el tiempo de inmersión en agua fuerte ya que el rendimiento del electrodo puede deteriorarse permanentemente.

c) Mantenimiento anual (Frecuencia anual)

- Compruebe el estado de todas las tuberías de plástico y reemplácelas en caso necesario.
- Limpie la célula de flujo y el compensador de temperatura Pt1000 para eliminar todo resto de impurezas. Para extraer el compensador de temperatura, desenrosque la manga del compensador y saque el compensador de la célula de flujo. Al reemplazar el compensador, asegúrese de que la junta tórica está en su sitio, debajo de la brida del compensador, y de que la arandela del deslizador se encuentra encima de la brida.
- Realice todos los pasos del mantenimiento programado

4) Calibración. La tecnología en los analizadores de sodio es bastante avanzada por lo cual la calibración de estos equipos se realiza in situ y solo se debe indicar al analizador que tipo de calibración se necesita hacer y el automáticamente realiza la secuencia de calibración. A continuación se detalla los tipos de calibración.

Se pueden realizar calibraciones simples o dobles, dependiendo de las condiciones de funcionamiento. La pendiente del electrodo de sodio es relativamente estable, por lo tanto no es necesario efectuar con frecuencia una calibración doble. Antes de empezar la secuencia de calibración automática, enjuague los recipientes de la disolución estándar con agua de alta pureza y vuelva a llenarlos con disolución estándar nueva. Si se debe llevar a cabo una calibración simple sólo se necesita una disolución. Si se va a realizar una calibración doble, se recomienda utilizar primero la disolución de menor valor.

e. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de oxígeno

1) Medidas de seguridad

a) Peligros en la sonda

- Cuando está en funcionamiento, el final de la célula de la sonda alcanza temperaturas de hasta 100 ° C (212 ° F). Permita que la celda que alcance la temperatura ambiente antes de comenzar los procedimientos de mantenimiento.

- No intente retirar una sonda a menos que el sistema que se utiliza se ha cerrado y aislado.
- No intente retirar una sonda sin la aprobación del personal autorizado.
- Antes de retirar la sonda del hogar de la caldera, preparar la caldera para la eliminación de la sonda, de acuerdo con las regulaciones de seguridad del sitio.
- Coloque una brida ciega en el proceso si es necesario.

b) Precauciones en la sonda

- Limpiar las superficies exteriores de la sonda minuciosamente para evitar la contaminación de los conjuntos interiores.
- Si la sonda ha estado en servicio, las partes expuestas a los gases del proceso pueden estar contaminados con sustancias corrosivas o peligrosas. Consulte con los operadores del proceso de posibles contaminantes.
- Aceite, grasa, crema de manos, e incluso la piel grasa pueden contaminar la estructura interna de la sonda provocando poca estabilidad y lectura incoherente. Al manipular cualquier pieza sonda, tenga cuidado con la introducción de contaminantes.
- No doble la estructura interna - el calentador y termopar / electrodo aisladores son frágiles y se dañan o rompen si se doblan.
- Manejar con cuidado los componentes internos, mantenerlos limpios y asegurarse de superficies de contacto no se dañen durante los procedimientos de mantenimiento.
- No someta la sonda a los golpes de martillos o con objetos afilados.

- No vuelva a usar las piezas dañadas, utilice sólo piezas de repuesto nuevas.

c) Precauciones en el transmisor

- Antes de desmontar el transmisor, limpiar las superficies exteriores del transmisor a fondo.
- Manejar con cuidado los componentes internos, mantenerlos limpios y asegurarse de superficies de contacto no se dañen durante los procedimientos de mantenimiento.
- No exponga el transmisor a golpes de martillos o con objetos afilados.
- No vuelva a usar las piezas dañadas, utilice sólo piezas de repuesto nuevas.

2) Mantenimiento

a) Mantenimiento programado (Frecuencia: 1 año)

- Comprobación de la resistencia del calentador: Si la resistencia medida está fuera del rango, compruebe el cableado del calentador y, si es necesario, reemplace el calentador.
- Comprobar el elemento de temperatura: Compruebe que el conjunto de termopar/electrodo este aislado de la tierra o cuerpo de la sonda. Si no se encuentra aislado, comprobar si hay cortocircuitos en el alambrado interno de la sonda.
- Comprobación del aislamiento de la celda: Verificar que en celda las conexiones estén aislados. Si no se encuentra aislado, el cableado interno de la sonda puede estar a tierra.
- Extracción de la celda

- Retire el tubo de inyección de gas de prueba alojado en el interior de la celda este debe guardarse pues se montara nuevamente.
- Cuidadosamente intentar retirar la celda a partir del alojamiento utilizando la mínima fuerza posible.
- Si no se mueve y se atasca en el cuerpo de la sonda gírela hacia los lados suavemente hasta que suelte - no gire más de 2 a 3 mm.
- Si esta acción no libera la celda y esta soldada al conjunto termopar/ electrodo, es decir al contacto helicoidal retirar con cuidado el termopar hasta que la punta de la celda ya este visible y utilice un cuchillo afilado para cortar entre la célula y el contacto helicoidal para separar ambos de la soldadura.
- Proceda con sumo cuidado para no dañar ambos materiales.

3) Calibración. Los analizadores de oxígeno es un equipo muy avanzado el cual realiza la calibración automáticamente. A continuación se le dará los pasos de las distintas calibraciones.

a) Calibración automática 1 punto: Calibración automática de un solo punto de desviación de calibración.

- Se comparan los valores de los dos gases de prueba y se realiza una calibración de desviación usando el gas de prueba que resulte más próximo al aire (20,95 %).
- Si los valores de los dos gases de prueba son idénticos, se utilizará el gas 1 de prueba.

b) Calibración automática 2 puntos: Calibración automática de dos puntos de desviación y factor de calibración.

- Realiza una calibración de pendiente y desviación utilizando ambos gases de prueba.

c) Calibración desviación: Calibración manual de un solo punto de desviación de calibración

- Se comparan los valores de los dos gases de prueba y se realiza una calibración de desviación usando el gas de prueba que resulte más próximo al aire (20,95 %).
- Si los valores de los dos gases de prueba son idénticos, se utilizará el gas 1 de prueba.

d) Calibración manual-factor: Calibración manual de un solo punto de factor de calibración.

- Se comparan los valores de los dos gases de prueba y se realiza una calibración de factor utilizando el gas de prueba más alejado del aire.
- Si los valores de los dos gases de prueba son idénticos, se utilizará el gas 2 de prueba.

e) Calibración manual dos puntos: Calibración manual de dos puntos de desviación y factor de calibración

- Realiza una calibración de pendiente y desviación utilizando ambos gases de prueba.

#### f. Procedimiento de mantenimiento y calibración de analizador de opacidad

1) Mantenimiento (Frecuencia: 1 año). El analizador requiere poco mantenimiento. Los periodos entre los trabajos de mantenimiento varían en base a las condiciones de la instalación. La presión, condiciones climáticas y ambientales, así con el tipo de medidas tomadas, determinaran la frecuencia de mantenimiento.

En todas las instalaciones, deberá hacerse un control de mantenimiento básico. Esto incluye un control del sistema de trampillas de seguridad, en su caso.

a) Limpiar las partes externas de la unidad.

- Chequear la función de las trampillas de seguridad.
- Controlar los filtros: Los cartuchos de los filtros pueden ser limpiador muchas veces antes de que necesiten ser reemplazados. Los intervalos de mantenimiento dependerán de la calidad del aire usado.
- Limpiar la ventana de salida: después de abrir los cierres de la carcasa, se pueden abrir la cabeza de medida y el reflector. Utilizar paños de limpieza óptica para limpiar las superficies ópticas.
- Cualquier residuo o concentración en las bridas de montaje debe quitarse. La contaminación sobre la trampilla de seguridad puede limpiarse con un cepillo o un paño y un disolvente limpiador que se seque sin dejar residuo (por ejemplo, líquido para lavavajillas). Nunca utilice un disolvente que dañe el aluminio.

b) Limpieza de la sonda

- En condiciones normales de funcionamiento, el sensor de la sonda no necesita mantenimiento. En el caso de un defecto de filtro, la sonda del sensor se debe tomar hacia abajo y la sonda de lanza / aislador de limpiarse con un paño. Si se produce sedimentación compacta debido a la alta humedad relativa en el gas o como un resultado de polvo adherente, la limpieza se debe realizar a intervalos regulares.

2) Calibración. Estos analizadores son fáciles la calibración solo se debe de colocar los 3 patrones de calibración para comprobar la medición del analizador.

2. Programa de mantenimiento. En los capítulos anteriores hemos hablado de teoría del mantenimiento, teoría de equipos analíticos y aplicaciones. Estos temas son base para poder realizar un programa de mantenimiento idóneo para una empresa termoeléctrica.

El objetivo principal de desarrollar un programa de mantenimiento es el siguiente:

- Existe una adecuada planificación y programación de los mantenimientos, en coordinación con los mantenimientos generales de la empresa, así no se afecta la producción.
- Confiabilidad de medición de los equipos, debido a que se produce menor probabilidad de error de medición.
- Prolongar la vida útil del equipo.
- Menor probabilidad de fallas del equipo.
- Ayuda a llevar una mejor gestión de repuestos, buffer patrón, reactivos, etc.
- Confiabilidad de equipo y por ende, confianza en la operación la cual está cumpliendo con los rangos permitidos químicamente (aplica para líquidos) y cumple con parámetro óptimos para el medio ambiente (gases).

La planificación de un programa de mantenimiento preventivo debe ser considerada muy detalladamente ya que éste debe tener éxito. De nada sirve crear un programa de mantenimiento preventivo si esto no mantiene la maquinaria en perfectas condiciones y con mediciones confiable. Por lo tanto, para que tenga éxito en sus actividades, el programa de mantenimiento preventivo se debe tratar bajo el ciclo de Deming: planificar, hacer, verificar y actuar.

a. Programa mensual de mantenimiento. En el Cuadro 2 se encuentra el programa mensual de mantenimiento para equipos analíticos incluyendo todas las aplicaciones críticas de medición en una planta termoeléctrica.

Cuadro 2 Programa de mensual de mantenimiento

PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO													
Variable de medición	Aplicación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
pH	Agua de enfriamiento						MP						MP
pH	Condensado de turbina						MP						MP
pH	tanque de condensados a pulidoras de condensado						MP						MP
Conductividad	Unidad 1 de anión						MP						MP
Conductividad	Unidad 2 de anión						MP						MP
Conductividad	Unidad 3 de anión						MP						MP
Conductividad	Unidades 1 de lechos						MP						MP
Conductividad	Unidades 2 de lechos						MP						MP
Conductividad	Regeneración de						MP						MP
Conductividad	Agua de enfriamiento						MP						MP
Conductividad	Condensado de turbina extracción de vapor						MP						MP
Conductividad	tanque de condensados a pulidoras de condensado						MP						MP
Conductividad	Condensador a receptor de condensados						MP						MP
Conductividad	Pulidor 1 de condensado						MP						MP
Conductividad	Pulidor 2 de condensado						MP						MP
Conductividad	Pulidor 3 de condensado						MP						MP
Conductividad	Entrada bomba de pulidores de condensado						MP						MP
Conductividad	Salida de bombas de pulidores de condensado						MP						MP
Sodio	Unidades de catión	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MA
Sodio	Unidades de anión	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MA
Sílice	Unidades de anión	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MA
Sílice	Unidades de lechos	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MP	IP	IP	MA
Oxígeno	Medición de oxígeno de hogar en caldera												MA
Opacidad	Medición de particulado en gases de combustión												MA

Referencia	
IP	Inspección programado
MP	Mantenimiento programado
MA	Mantenimiento anual

b. Plan de mantenimiento. A continuación se encuentran todos los planes de los equipos analíticos de líquido y gases con sus tareas reales, tiempos óptimos para realizar tarea, herramienta de trabajo, mano de obra, etc. Esto es bien aplicado en la industria de generación de energía eléctrica y otras plantas que tengan estas variables críticas.

1) Plan de mantenimiento analizador de Ph

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Empresa</b>	
1	Mantenimiento programado para analizador de pH	Nombre de la empresa	
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	6 meses	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador (considerar bloqueo propio)	00:10	
30	Verificar cualquier medida de seguridad (tuberías en funcionamientos, energías peligrosas, potencia eléctrica).	00:05	
40	Desmontaje de transmisor y electrodo de pH	00:05	
50	Mantenimiento y limpieza a transmisor de pH (Ver procedimiento de pH)	01:00	
60	Mantenimiento y limpieza a electrodo de pH (Ver procedimiento de pH)	01:00	
70	Calibración de transmisor con soluciones buffer (Ver procedimiento de pH), llenar hoja de calibración del equipo	01:00	
80	Armado e instalación de transmisor y electrodo de pH en ubicación de medición	00:20	
90	Prueba operativa con el sistema de control	00:15	
100	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
110	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
120	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
130	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
		<b>Tiempo total</b>	<b>04:45</b>
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Horas</b>	
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases	4:45	
Ayudante	Ayudante instrumentista	4:45	
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
40, 80	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar	Para montaje y desmontaje del equipo	
50, 60	Paños limpio y agua desmineralizada	para realizar limpieza al equipo	
70	Multímetro de medición		
70	Buffer patrón pH 4	Ver MSDS anexo x	
70	Buffer patrón pH 7	Ver MSDS anexo x	
70	Buffer patrón pH 10	Ver MSDS anexo x	

## 2) Plan de mantenimiento analizador de conductividad

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>		<b>Empresa</b>
2	Mantenimiento programado para analizador de conductividad		Nombre de la empresa
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	6 meses	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
No.	Tarea	Duración	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador (considerar bloqueo propio)	00:10	
30	Verificar cualquier medida de seguridad (tuberías en funcionamientos, energías peligrosas, potencia eléctrica).	00:05	
40	Desmontaje de transmisor y sensor de contacto de conductividad	00:05	
50	Mantenimiento y limpieza a transmisor de conductividad (Ver procedimiento de conductividad)	01:00	
60	Mantenimiento y limpieza a sensor de contacto de conductividad (Ver procedimiento de conductividad)	01:00	
70	Calibración de transmisor con soluciones buffer (Ver procedimiento de conductividad), llenar hoja de calibración	00:45	
80	Armado e instalación de transmisor y sensor de contacto de conductividad en ubicación de medición	00:20	
90	Prueba operativa con el sistema de control	00:15	
100	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
110	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
120	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
130	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
		<b>Tiempo total</b>	<b>04:30</b>
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>		<b>Horas</b>
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases		4:30
Ayudante	Ayudante instrumentista		4:30
HERRAMIENTA			
Tarea	Herramienta, otros.	Descripción	
40, 80	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar	Para montaje y desmontaje del equipo	
50, 60	Paños limpio y agua desmineralizada	para realizar limpieza al equipo	
70	Multímetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
70	Buffer patrón de bajo rango	Ver MSDS anexo x	

## 3) Plan de mantenimiento analizador de sílice

## a) Inspección programada

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>		<b>Empresa</b>
3	Inspección programa de analizador de sílice		Nombre de la empresa
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	1 mes	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo	00:05	
20	Verificar caudal de la muestra	00:05	
30	Verificar niveles de reactivo y estado del mismo	00:05	
40	Inspeccionar componentes del analizador	00:05	
50	Ver mensajes de error o alarmas	00:05	
60	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
70	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:05	
Tiempo total			00:35
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>		<b>Horas</b>
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases		00:35
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
30	Paños limpio	para realizar limpieza al equipo	
50	Multímetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
20, 40	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## b) Mantenimiento programado

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>		<b>Empresa</b>
4	Mantenimiento programado para analizador de sílice		Nombre de la empresa
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	3 meses	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador	00:10	
30	Verificar cualquier medida de seguridad (tuberías en funcionamientos, energías peligrosas, potencia eléctrica).	00:05	
40	Limpieza externa de analizador de sílice	00:30	
50	Reemplazo de reactivos y almacenamiento de reactivos anteriores	01:00	
60	Reemplazo de filtros de reactivos, buffer de calibración y solución limpiadora	00:25	
70	Calibración de dos puntos de analizador (llenar hoja de calibración)	01:00	
80	Prueba operativa con el sistema de control	00:15	
90	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
100	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
110	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
120	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
		<b>Tiempo total</b>	<b>04:15</b>
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>		<b>Horas</b>
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases		4:15
Ayudante	Ayudante instrumentista		4:15
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
40	Paños limpio	para realizar limpieza al equipo	
50	Reactivos	Ver MSDS anexo x	
70	Multímetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
80	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## c) Mantenimiento anual

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Empresa</b>	
5	Mantenimiento anual para analizador de sílice	Nombre de la empresa	
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	1 año	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador	00:10	
30	Verificar cualquier medida de seguridad (tuberías en funcionamientos, energías peligrosas, potencia eléctrica).	00:05	
40	Limpieza externa de analizador de sílice	00:30	
50	Reemplazo de reactivos y almacenamiento de reactivos anteriores	01:00	
60	Reemplazo de solución limpiadora y buffer de calibración	00:20	
70	Reemplazo de filtros de reactivos, buffer de calibración y solución limpiadora	00:20	
80	Reemplazo de accesorios del analizador	01:00	
90	Calibración de analizador cero y span (llenar hoja de calibración)	00:45	
100	Prueba operativa con el sistema de control	00:15	
110	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
120	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
130	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
140	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
Tiempo total			05:15
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Horas</b>	
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases	5:15	
Ayudante	Ayudante instrumentista	5:15	
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
40	Paños limpio	para realizar limpieza al equipo	
50	Reactivos, solución limpiadora y buffer de calibración	Ver MSDS anexo x	
70	Multímetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
80	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## 4) Plan de mantenimiento analizador de sodio

## a) Inspección programa

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Empresa</b>	
6	Inspección programa de analizador de sodio	Nombre de la empresa	
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	1 mes	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo	00:05	
20	Verificar funcionamiento de analizador	00:05	
30	Verificar niveles de reactivo y estado del mismo	00:05	
40	Inspeccionar componentes del analizador	00:05	
50	Ver mensajes de error o alarmas	00:05	
60	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
70	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:05	
Tiempo total			00:35
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Horas</b>	
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases	00:35	
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
30	Paños limpio	para realizar limpieza al equipo	
50	Multimetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
20, 40	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## b) Mantenimiento programado

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Empresa</b>	
7	Mantenimiento programado para analizador de sodio	Nombre de la empresa	
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	3 meses	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador	00:10	
30	Verificar cualquier medida de seguridad (tuberías en funcionamientos, energías peligrosas, potencia eléctrica).	00:05	
40	Limpieza externa de analizador de sodio	00:30	
50	Reemplazo de reactivos y almacenamiento de reactivos anteriores	00:30	
60	Prueba de electro de referencia	01:00	
70	Calibrar el analizador con una calibración doble (llenar hoja de calibración)	01:00	
80	Prueba operativa con el sistema de control	00:15	
90	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
100	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
110	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
120	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
		<b>Tiempo total</b>	<b>04:20</b>
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Horas</b>	
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases	4:20	
Ayudante	Ayudante instrumentista	4:20	
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
40	Paños limpio	para realizar limpieza al equipo	
70	Multímetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
50	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## c) Mantenimiento anual

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Empresa</b>	
8	Mantenimiento anual para analizador de sodio	Nombre de la empresa	
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	1 año	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador	00:10	
30	Verificar cualquier medida de seguridad (tuberías en funcionamientos, energías peligrosas, potencia eléctrica).	00:05	
40	Limpieza externa de analizador de sodio	00:40	
50	Reemplazo de reactivos y almacenamiento de reactivos anteriores	00:30	
60	Comprobar tuberías y realizar reemplazo si es necesario	00:30	
70	Limpieza de célula de flujo y compensador de temperatura (Pt100)	00:20	
80	Prueba de electro de referencia	01:00	
90	Calibrar el analizador con una calibración doble (llenar hoja de calibración)	01:00	
100	Prueba operativa con el sistema de control	00:15	
110	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
120	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
130	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
140	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
Tiempo total			05:20
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Horas</b>	
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases	5:20	
Ayudante	Ayudante instrumentista	5:20	
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
40	Paños limpio	para realizar limpieza al equipo	
90	Multimetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
50	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## 5) Plan de mantenimiento analizador de oxígeno

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>		<b>Empresa</b>
9	Mantenimiento programado de analizador de oxígeno		Nombre de la empresa
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	1 año	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
No.	Tarea	Duración	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador	00:10	
30	Seguir medidas de seguridad del procedimiento de calibración y mantenimiento del analizador de oxígeno	00:25	
40	Desmontaje del analizador	00:30	
50	Instalación de flange ciego en el proceso donde se encuentra montada la celda	00:15	
60	Limpieza externa e interna	01:00	
70	Comprobación de la resistencia del calentador	00:20	
80	Comprobación de elemento de temperatura	00:20	
90	Comprobación de aislamiento de la celda	00:20	
100	Mantenimiento de la celda	00:50	
110	Mantenimiento del transmisor	00:45	
120	Armado y montaje del analizador	00:30	
130	Calibración del analizador de oxígeno (llenar hoja de calibración)	00:45	
140	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
150	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
160	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
170	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
		<b>Tiempo total</b>	<b>07:00</b>
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>		<b>Horas</b>
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases		7:00
Ayudante	Ayudante instrumentista		7:00
HERRAMIENTA			
Tarea	Herramienta, otros.	Descripción	
60	Paños limpio	para realizar limpieza al equipo	
70, 80	Multímetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
40, 50, 120	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## 6) Plan de mantenimiento analizador de opacidad

PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>Plan de trabajo</b>	<b>Descripción</b>		<b>Empresa</b>
10	Mantenimiento programado de analizador de opacidad		Nombre de la empresa
DETALLES			
<b>Estado</b>	Es el estado que se encuentra el trabajo	<b>Supervisor</b>	Nombre del supervisor de instrumentación y control
<b>Frecuencia</b>	1 año	<b>Cuadrilla</b>	Nombre del instrumentista responsable
<b>Inicio</b>	Fecha de inicio de mantenimiento	<b>Entrega</b>	Fecha de entrega del mantenimiento
TAREAS DE PLAN DE MANTENIMIENTO			
<b>No.</b>	<b>Tarea</b>	<b>Duración</b>	
10	Realizar orden de trabajo y preparación de herramienta de trabajo	00:10	
20	Bloqueo y etiquetado del equipo a intervenir por el operador	00:10	
30	Seguir medidas de seguridad del procedimiento de calibración y mantenimiento del analizador de opacidad	00:25	
40	Limpieza de partes externas del analizador	01:30	
50	Limpieza de filtros	00:30	
60	Verificar el sistema de soplado y tubería	00:20	
70	Limpieza de la sonda	00:30	
80	Calibración con patrón de calibración de opacidad (llenar hoja de calibración)	01:00	
90	Limpieza y orden en área de trabajo	00:10	
100	Remover bloqueo y etiquetado por el operador	00:05	
110	Cierre de permiso de trabajo	00:05	
120	Documentar mantenimiento en permiso de trabajo para cierre definitivo	00:20	
Tiempo total			05:15
PLANIFICACION			
Mano de obra			
<b>Especialidad</b>	<b>Mano de obra</b>		<b>Horas</b>
I	Instrumentista con conocimiento en equipo analítico de líquidos y gases		5:15
Ayudante	Ayudante instrumentista		5:15
HERRAMIENTA			
<b>Tarea</b>	<b>Herramienta, otros.</b>	<b>Descripción</b>	
40, 50, 70	Equipo de limpieza	para realizar limpieza al equipo	
80	Patron de Calibracion (15.5% Nominal Opacity)		
80	Patron de Calibracion (24.7% Nominal Opacity)		
80	Patron de Calibracion (41.6% Nominal Opacity)		
80	Multimetro de medición	Medición de corriente y voltaje	
	Destornilladores, llaves cola de corona, cinta de aislar		

## E. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS ANALÍTICOS DE LÍQUIDOS Y GASES

Es importante para cualquier tipo de empresa realizar un análisis financiero para analizar los costos que implica la puesta en marcha de cualquier actividad a realizar, la misma se verá reflejada en la rentabilidad que produce a la empresa. Con respecto al mantenimiento es muy importante porque provoca que el equipo se encuentre en óptimas condiciones, el cual permitirá que la medición que realice sea confiable y de beneficio para la empresa.

Para realizar el presente proyecto se debe de tener en cuenta los costos que implica implementar este proyecto y el seguimiento de mantenimiento que se debe de hacer. Para ello se debe determinar los costos de mantenimientos previos a la implementación de la gestión del mantenimiento, basados en los costos obtenidos mediante el levantamiento de la información.

Los costos de mantenimiento preventivo en los analizadores de líquidos y gases dependen de varios factores:

- El tipo y complejidad del instrumento.
- El fabricante de la pieza o los kits necesarios.
- El tiempo y el personal necesarios.

A continuación se encuentra el Cuadro 3 que muestra los tipos de aplicaciones que se encuentran en una planta termoeléctrica y el equipo necesario a utilizar. Esta tabla nos ayuda como referencia para obtener los costos de implementación y costos de mantenimiento anual. Esta información fue obtenida en el capítulo C, página 50 de este documento.

Cuadro 3 Equipo analítico a implementar en una planta

Variable de medición	Descripción del equipo	Aplicación	Área	Observaciones
pH	Analizador de pH	Agua de enfriamiento	Torre de enfriamiento de agua	
pH	Analizador de pH	Condensado de turbina	Agua de condensados	Necesita sistema de enfriamiento
pH	Analizador de pH	tanque de condensados a pulidoras de condensado	Agua de condensados	Necesita sistema de enfriamiento
Conductividad	Analizador de conductividad	Unidades de anión	Tratamiento de agua	Se utilizan 3 unidades debido al consumo de agua desmineralizada
Conductividad	Analizador de conductividad	Unidades de lechos mixtos	Tratamiento de agua	Se utilizan 2 unidades debido al consumo de agua desmineralizada
Conductividad	Analizador de conductividad	Regeneración de químicos	Tratamiento de agua	
Conductividad	Analizador de conductividad	Agua de enfriamiento	Torre de enfriamiento de agua	
Conductividad	Analizador de conductividad	Condensado de turbina extracción de vapor	Agua de condensados	Necesita sistema de enfriamiento
Conductividad	Analizador de conductividad	tanque de condensados a pulidoras de condensado	Agua de condensados	Necesita sistema de enfriamiento
Conductividad	Analizador de conductividad	Condensador a receptor de condensados	Agua de condensados	
Conductividad	Analizador de conductividad	Pulidores de condensado	Agua de condensados	Se utilizan 3 unidades debido al consumo de agua desmineralizada
Conductividad	Analizador de conductividad	Pulidores de condensado	Agua de condensados	
Conductividad	Analizador de conductividad	Pulidores de condensado	Agua de condensados	
Sodio	Analizador de sodio	Unidades de catión	Tratamiento de agua	
Sodio	Analizador de sodio	Unidades de anión	Tratamiento de agua	
Sílice	Analizador de sílice	Unidades de anión	Tratamiento de agua	

## Continuación de Cuadro 3

Variable de medición	Descripción del equipo	Aplicación	Área	Observaciones
Sílice	Analizador de sílice	Unidades de lechos mixtos	Tratamiento de agua	
Oxígeno	Analizador de oxígeno	Medición de oxígeno de hogar en caldera	Calderas	
Opacidad	Analizador de opacidad	Medición de particulado en gases de combustión	Chimenea	

## 1. Costos obtenidos. Los costos obtenidos en este documento se dividen en tres.

a. Costos de implementación de equipo analítico. Los costos de implementación se dividen en dos cuadros, el Cuadro 4 muestra los costos de herramienta que se debe utilizar en los mantenimientos y el Cuadro 5 muestra los costos de implementación de los equipos analíticos en una planta termoeléctrica.

Cuadro 4 Equipo analítico a implementar en una planta

Herramienta	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Juego de llaves cola de corona (pulg.)	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
Juego de llaves cola de corona (mm)	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
Multímetro de medición	1	Q 8,000.00	Q 8,000.00
Juego de destornilladores	1	Q 750.00	Q 750.00
Juego de ajustables	1	Q 350.00	Q 350.00
<b>Total</b>			<b>Q 12,100.00</b>

Cuadro 5 Inversión inicial de equipos analíticos de líquidos y gases

No.	Descripción del equipo	Cantidad a solicitar	Costo unitario	Costo total	Observaciones
Medición de pH					
1	Transmisor de pH	3	Q 9,200.00	Q 27,600.00	Analizador de pH inteligente
2	Sensor de pH	3	Q 4,000.00	Q 12,000.00	
3	Instalación y puesta en marcha	3	Q 1,000.00	Q 3,000.00	
4	Enfriador de muestra	2	Q 1,500.00	Q 3,000.00	Aplica para análisis de pH en condensados
Medición de conductividad					
5	Transmisor de conductividad	15	Q 9,000.00	Q 135,000.00	Analizador de conductividad inteligente
6	Sensor de conductividad	15	Q 5,000.00	Q 75,000.00	Sensor de contacto
7	Instalación y puesta en marcha	15	Q 1,000.00	Q 15,000.00	
8	Enfriador de muestra	2	Q 1,500.00	Q 3,000.00	Aplica para análisis de pH en condensados
Medición de sodio					
9	Analizador de sodio	2	Q 120,000.00	Q 240,000.00	Analizador multimuestra
10	Rotámetro (0-500mL/min)	2	Q 5,000.00	Q 10,000.00	
11	Instalación y puesta en marcha	2	Q 7,000.00	Q 14,000.00	
12	Filtro de retención de partículas	2	Q 1,500.00	Q 3,000.00	
13	Reactivo amoníaco en solución de 32% para análisis (1 Lt.)	10	Q 460.00	Q 4,600.00	
14	Buffer de bajo rango 100ppb (1 Lt.)	10	Q 440.00	Q 4,400.00	
15	Buffer de alto rango 10ppb (1 Lt.)	10	Q 440.00	Q 4,400.00	

Continuación de Tabla 5

No.	Descripción del equipo	Cantidad a solicitar	Costo unitario	Costo total	Observaciones
Medición de sílice					
16	Analizador de sílice	2	Q 130,000.00	Q 260,000.00	Analizador multimuestra
17	Rotámetro (0 -500 mL/min)	2	Q 5,000.00	Q 10,000.00	
18	Instalación y puesta en marcha	2	Q 7,000.00	Q 14,000.00	
19	Filtro de retención de partículas	2	Q 1,500.00	Q 3,000.00	
20	Reactivo 1-ácido sulfúrico 0.4M (1 Lt.)	4	Q 500.00	Q 2,000.00	
21	Reactivo 2-Molibdato de amonio (1 Lt.)	4	Q 500.00	Q 2,000.00	
22	Reactivo 3-ácido sulfúrico 1.25M (1 Lt.)	4	Q 500.00	Q 2,000.00	
23	Reactivo 4-ácido ascórbico (1 Lt.)	4	Q 500.00	Q 2,000.00	
24	Solución limpiadora NaOH (1 Lt.)	2	Q 460.00	Q 920.00	
25	buffer patrón de sílice (200ppb ±5)	2	Q 460.00	Q 920.00	
Medición de oxígeno					
26	Analizador de oxígeno	1	Q 41,000.00	Q 41,000.00	Analizador incluye elemento y transmisor
27	Conjunto de calentador de sonda	1	Q 6,800.00	Q 6,800.00	
28	Cable de la sonda	1	Q 2,150.00	Q 2,150.00	
29	Instalación y puesta en marcha	1	Q 15,000.00	Q 15,000.00	
Medición de Opacidad					
30	Analizador de opacidad	1	Q 180,000.00	Q 180,000.00	Analizador incluye transmisor, filtro, receptor y complementos requeridos.
31	Instalación y puesta en marcha	1	Q 30,000.00	Q 30,000.00	
<b>Costo total del equipo</b>				<b>Q. 1,095,790.00</b>	

b. Costos tangibles. En el capítulo anterior muestra los procedimientos de calibración y mantenimiento y programa de mantenimiento, el cual nos ha servido de referencia para obtener los costos tangibles. A continuación se encuentran los costos de los planes de trabajo hablados anteriormente y en el Cuadro 6 se encuentra la integración de todos los costos. Dando como resultados los costos tangibles de este mantenimiento.

Costos de plan de trabajo No.1						
Mantenimiento programa de analizador de pH						
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	
Buffer patrón	Buffer pH 4	500ml	1	Q 115.00	Q	115.00
Buffer patrón	Buffer pH 7	500ml	1	Q 115.00	Q	115.00
Buffer patrón	Buffer pH 10	500ml	1	Q 115.00	Q	115.00
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	4.45	Q 32.00	Q	152.00
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	4.45	Q 15.00	Q	71.25
						Q 568.25

Costos de plan de trabajo No.2						
Mantenimiento programa de analizador de conductividad						
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	
Buffer patrón	Buffer de bajo rango	230 ml	1	Q 300.00	Q	300.00
Buffer patrón	Buffer de alto rango	230ml	1	Q 250.00	Q	250.00
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	4.30	Q 32.00	Q	144.00
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	4.30	Q 15.00	Q	67.50
						Q 761.50

Costos de plan de trabajo No.3						
Inspección programa de analizador de sílice						
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	0.35	Q 32.00	Q	18.56
						Q 18.56

Costos de plan de trabajo No.4						
Mantenimiento programa de analizador de sílice						
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	
Reactivo	Reactivo 1-ácido sulfúrico 0.4M	1 lt	2	Q 500.00	Q	1,000.00
Reactivo	Reactivo 2-Molibdato de amonio	1 lt	2	Q 500.00	Q	1,000.00
Reactivo	Reactivo 3-ácido sulfúrico 1.25M	1 lt	2	Q 500.00	Q	1,000.00
Reactivo	Reactivo 4-ácido ascórbico	1 lt	2	Q 500.00	Q	1,000.00
Repuesto	Filtro de soluciones y reactivo	6	1	Q 113.00	Q	113.00
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	4.15	Q 32.00	Q	134.40
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	4.15	Q 15.00	Q	63.00
						Q 4,310.40

Costos de plan de trabajo No.5					
Mantenimiento anual de analizador de sílice					
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Reactivo	Reactivo 1-ácido sulfúrico 0.4M	1 lt	2	Q 500.00	Q 1,000.00
Reactivo	Reactivo 2-Molibdato de amonio	1 lt	2	Q 500.00	Q 1,000.00
Reactivo	Reactivo 3-ácido sulfúrico 1.25M	1 lt	2	Q 500.00	Q 1,000.00
Reactivo	Reactivo 4-ácido ascórbico	1 lt	2	Q 500.00	Q 1,000.00
Soluciones	Solución limpiadora NaOH	1 lt	1	Q 460.00	Q 460.00
Buffer de calibración	buffer patrón de sílice (200ppb ±5)	1 lt	1	Q 460.00	Q 460.00
Repuesto	Filtro de soluciones y reactivo	6	1	Q 115.00	Q 115.00
Repuesto	Juego anual de reemplazo	1	1	Q 3,990.00	Q 3,990.00
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	5.15	Q 32.00	Q 166.40
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	5.15	Q 15.00	Q 78.00
					Q 9,269.40

Costos de plan de trabajo No.6					
Inspección programa de analizador de sodio					
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	0.35	Q 32.00	Q 18.56
					Q 18.56

Costos de plan de trabajo No.7					
Mantenimiento programa de analizador de sodio					
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Reactivo	Reactivo amoniaco en solución de 32% para análisis	1 lt	3	Q 460.00	Q 1,380.00
Buffer de calibración	Buffer de bajo rango 100ppb	1 lt	3	Q 440.00	Q 1,320.00
Buffer de calibración	Buffer de alto rango 10ppb	1 lt	3	Q 440.00	Q 1,320.00
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	4.15	Q 32.00	Q 134.40
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	4.15	Q 15.00	Q 63.00
					Q 4,217.40

Costos de plan de trabajo No.8					
Mantenimiento anual de analizador de sodio					
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Reactivo	Reactivo amoniaco en solución de 32% para análisis	1 lt	3	Q 460.00	Q 1,380.00
Buffer de calibración	Buffer de bajo rango 100ppb	1 lt	3	Q 440.00	Q 1,320.00
Buffer de calibración	Buffer de alto rango 10ppb	1 lt	3	Q 440.00	Q 1,320.00
Repuesto	Electrodo de referencia	1	1	Q 8,000.00	Q 8,000.00
Repuesto	Electrodo de sodio	1	1	Q 8,000.00	Q 8,000.00
Repuesto	Juego anual de reemplazo	1	1	Q 2,500.00	Q 2,500.00
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	5.15	Q 32.00	Q 166.40
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	5.15	Q 15.00	Q 78.00
					Q 22,764.40

Costos de plan de trabajo No.9					
Mantenimiento programado de analizador de oxígeno					
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Repuesto	Kit de reemplazo	1	1	Q 11,000.00	Q 11,000.00
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	7.00	Q 32.00	Q 224.00
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	7.00	Q 15.00	Q 105.00
					Q 11,329.00

Costos de plan de trabajo No.10					
Mantenimiento programado de analizador de opacidad					
Tipo de costo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mano de obra	Instrumentista especial	hrs	5.15	Q 32.00	Q 166.40
Mano de obra	Ayudante instrumentista	hrs	5.15	Q 15.00	Q 78.00
					Q 244.40

Cuadro 6 Costo general del mantenimiento anual de equipos analíticos

Descripción del equipo	Aplicación	Tipo de plan de mantto.	Cant. de mantto. al año	Costo unitario del mantto.	Costo total del mantto.
Analizador de pH	Agua de enfriamiento	1	2	Q 568.25	Q 1,136.50
Analizador de pH	Condensado de turbina	1	2	Q 568.25	Q 1,136.50
Analizador de pH	tanque de condensados a pulidoras de condensado	1	2	Q 568.25	Q 1,136.50
Analizador de conductividad	Unidad 1 de anión	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Unidad 2 de anión	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Unidad 3 de anión	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Unidades 1 de lechos mixtos	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Unidades 2 de lechos mixtos	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Regeneración de químicos	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Agua de enfriamiento	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Condensado de turbina extracción de vapor	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	tanque de condensados a pulidoras de condensado	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Condensador a receptor de condensados	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Pulidor 1 de condensado	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Pulidor 2 de condensado	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Pulidor 3 de condensado	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Entrada bomba de pulidores de condensado	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00
Analizador de conductividad	Salida de bombas de pulidores de condensado	2	2	Q 761.50	Q 1,523.00

## Continuación de Cuadro 6

Descripción del equipo	Aplicación	Tipo de plan de mantto.	Cant. de mantto. al año	Costo unitario del mantto.	Costo total del mantto.
Analizador de sílice	Unidades de anión	3	8	Q 18.56	Q 148.48
		4	3	Q 4,310.40	Q 12,931.20
		5	1	Q 9,269.40	Q 9,269.40
Analizador de sílice	Unidades de lechos mixtos	3	8	Q 18.56	Q 148.48
		4	3	Q 4,310.40	Q 12,931.20
		5	1	Q 9,269.40	Q 9,269.40
Analizador de sodio	Unidades de catión	6	8	Q 18.56	Q 148.48
		7	3	Q 4,217.40	Q 12,652.20
		8	1	Q 22,764.40	Q 22,764.40
Analizador de sodio	Unidades de anión	6	8	Q 18.56	Q 148.48
		7	3	Q 4,217.40	Q 12,652.20
		8	1	Q 22,764.40	Q 22,764.40
Analizador de oxígeno	Medición de oxígeno de hogar en caldera	9	1	Q 11,329.00	Q 11,329.00
Analizador de opacidad	Medición de particulado en gases de combustión	10	1	Q 244.40	Q 244.40
<b>Costo total al año</b>					<b>Q 133,493.72</b>

En el Cuadro 7 se encuentran los costos de repuestos que podrían fallar en los equipos, estos no se ubican en el Cuadro 6 debido que son repuestos que no se incluyen en los mantenimientos pero son necesarios como stock en la empresa.

Cuadro 7 Costos de stock de repuestos de equipos analíticos

Descripción del equipo u otro	Total de equipos en planta	Descripción del costo	Cant.	Costo unitario del mantto.	Costo total del mantto.
Analizador de pH	3	Sensor de pH	1	Q 4,000.00	Q 4,000.00
Analizador de conductividad	15	Sensor de conductividad	2	Q 5,000.00	Q 10,000.00
Analizador de sílice	2	Juego de repuesto de tubos para reactivos	1	Q 2,700.00	Q 2,700.00
Analizador de oxígeno	1	Conjunto de elemento de temperatura	1	Q 4,000.00	Q 4,000.00
Analizador de Opacidad	1	Tarjeta electrónica	1	Q 13,000.00	Q 13,000.00
<b>Total</b>					<b>Q 33,700.00</b>

2. **Beneficios esperados.** Para llevar a cabo el análisis financiero de tal forma que se observe la integración de los costos de implementación y mantenimiento preventivo contra la generación de energía eléctrica, fue necesario establecer la clasificación de los beneficios, con base en la posibilidad de traducirlos en términos de dinero; para lo cual se estableció lo siguiente:

a. **Beneficios tangibles.** De acuerdo a la información que actualmente se tiene y que ha sido analizada, es muy difícil cuantificarlo a corto plazo por lo cual la justificación principal donde es viable este mantenimiento se encontrará en beneficios intangibles.

b. **Beneficios intangibles.** A continuación se analizan los beneficios intangibles planteados desde un punto de vista cualitativo, que nos indica los beneficios de implementar el mantenimiento preventivo a los equipos analíticos.

- El beneficio mayor que se encuentra en este tipo de mantenimiento es la confiabilidad del equipo, de allí se deriva cualquier tipo de beneficio.
- Problemas control químico de agua-vapor a calderas:

En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada. La corrosión que produce el oxígeno suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema.

A bajo valor de pH, el dióxido de carbono ataca por si mismo los metales del sistema y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno, cuando esta disuelto en el oxígeno. El oxígeno disuelto ataca las tuberías de acero al carbono formando montículos, bajo los cuales se encuentra una cavidad o celda de corrosión activa: esto suele tener una coloración negra, formando un óxido ferroso-férrico hidratado.

Al haber este tipo de problema puede ser que haya corrosión por oxígeno ó corrosión caustica.

Si el control no se detecta a tiempo es necesario reemplazar la tubería del área afectada. Este tipo de problema afecta a la generación y deja a la empresa fuera de línea por un buen lapso de tiempo. Este tipo de problema no se resuelve rápidamente se necesita reemplazar la tubería por lo cual es necesario detener la operación. Dependiendo la magnitud del problema puede estar fuera de línea la generadora por 5 días a 3 meses. El costo de reparación es muy elevado tanto la mano de obra, tiempo de reparación como el costo de la tubería de 4' que oscila entre \$20 a \$35 dependiendo de la especificación de la tubería.

- Costo de oportunidad

Cuando una empresa tiene problemas en su operación u otra circunstancia mencionada anteriormente, la empresa sale de línea por ende deja de generar. El no vender esa energía al mercado mayorista se denomina costo de oportunidad, he promediado el costo de la potencia de las 3 principales generadoras termoeléctricas del país. Por lo cual el costo de oportunidad de no generar sería \$84.16 Mw/H

- Multa por incumplimiento de potencia firme

El Administrador del Mercado Mayorista (AMM) lleva el control mensual del tiempo total de las interrupciones de generación de cada generador, la cual al final de cada mes se envía el dato el total de la energía que incumplió con la potencia firme el valor de la multa es \$8.90 Kw/H del mes.

- Operación:

Operativamente el tener sistemas de medición en línea de equipo analítico propicia:

- confiabilidad en las mediciones analíticas
- Contar con la información en tiempo real lo cual será base para una mejor toma de decisiones.
- Mantener la calidad del agua de alimentación de enfriamiento, condensados y alimentación en la empresa.
- Mantener parámetros químicos en el agua.
- Mantener parámetros aceptables en las partículas en el medio ambiente.
- Tener un mejor control en la optimización de combustible fósil para quemar en la caldera, mantener una buena combustión con el análisis de oxígeno.

- Mantenimiento de equipo:

Al mejorar los sistemas de control se asegura la información necesaria para mejorar la rutina de mantenimiento preventivo, mediante el análisis de tendencias de comportamiento de las variables críticas, y su comportamiento histórico, con lo cual se puede prever el mal funcionamiento del equipo y adecuar los planes de mantenimiento.

- Personal en instalaciones:

El contar con equipos modernos provoca que se tenga una mejor en la distribución de tareas y como consecuencia una optimización en el personal.

- Información en tiempo real:

El valor de la información analítica en tiempo real es una ayuda importante de monitoreo y control la cual nos permite tener tendencias de medición y registro históricos. Esto permite tomar mejores decisiones tanto operativas, de mantenimiento, de acciones correctivas, etc.



## V. METODOLOGÍA

La siguiente propuesta de mantenimiento preventivo, es una investigación de campo de tipo descriptiva, por ser flexible permite sujetarse a esquemas de razonamiento lógico, es decir permite hacer análisis sistemático de un problema, con el propósito de describir, explicar sus causas y efectos, entender su naturaleza y factores constituyentes o predecir su ocurrencia. Los datos de interés son recogidos en forma directa por el propio investigador.

Técnicas de recolección de datos: para la recolección de información se utilizaran las técnicas:

Observaciones directas.

- Participación en calibraciones de equipos analíticos.
- Reporte de laboratorio en área de químicos.
- Observación de equipo analítico en funcionamiento.

Consultas de literaturas

- Investigación bibliográfica.
- Entrevistas realizadas a expertos.
- Manuales de usuario por el fabricante.
- Manuales de operación y mantenimiento páginas WEB.
- Manuales de operación de equipos utilizados en el proceso de plantas termoeléctricas.



## VI. RESULTADOS

Un control en el tratamiento de agua en una empresa es de vital importancia para poder monitorear los parámetros establecidos para el proceso el cual hay que tener el equipo en óptimas condiciones para que su medición sea confiable.

La medición de opacidad no es una variable crítica en operación, pero es un control necesario que se debe de llevar para monitorear el particulado de los gases de escape de la caldera que salen en la chimenea para poder tener un registro que la empresa está teniendo un control en la operación y no sale de los parámetros establecido por el ministerio de ambiente.

Para realizar una buena combustión se necesita aire, fuego y combustible por lo cual en analizador de oxígeno nos ayuda a tener un mejor control y eficiencia en la combustión de la caldera. El análisis de los gases de la combustión ofrece un medio para determinar las concentraciones de contaminantes y para ajustar al máximo rendimiento las instalaciones de calor.

Todos los puntos hablados anteriormente son por lo cual se venden todos los analizadores de líquidos y gases, pero para que esas mediciones sean confiables es necesario realizarle adecuadamente su mantenimiento en periodos adecuados para que el equipo se encuentre en óptimas condiciones.



## VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La implementación de todos los equipos analíticos que se necesitan en el proceso de una planta termoeléctrica tiene un elevado costo. Del igual manera que su mantenimiento ya que este equipo necesita un estricto control de mantenimiento y se debe cumplir en periodos óptimos para reemplazos de elementos, reactivos, buffer patrón, repuestos, dependiendo del tipo de analizador que se vaya a intervenir.

Los de equipos en línea ayudan a tener un control en los rangos de medición para los proceso de agua, vapor y gases de combustión en una planta termoeléctrica. Donde el operario puede tomar una decisión inmediata y con confianza cuando un equipo indique que se ha salido del rango de una variable de medición y así evitar que haya dañados en los equipos o mejorar la eficiencia.

Un ejemplo en la analítica de gases es el monitoreo del oxígeno que ayuda a que la operación tenga una mejor eficiencia en sus calderas, se tendrá un mejor control en la combustión y en el monitoreo de opacidad y un mejor control de partículas en los gases de escape que contribuirá con el medio ambiente, ya que es un control necesario solicitado por el Ministerio de Medio Ambiente. En el caso de la analítica de líquidos podemos monitorear la calidad de agua que se está ingresando en las tuberías de la caldera y poder evitar incrustaciones en las tuberías. Es allí donde la implementación y el mantenimiento de equipos se hacen rentables por la confiabilidad que da en el proceso.



## VIII. CONCLUSIONES

La importancia de mantener en perfecto estado el equipo analítico de una planta Termoeléctrica ya que de éstos equipos depende en gran parte un buen control de todo el proceso de producción de energía, aparte de generar también datos importantes que tienen gran relevancia en la disponibilidad de los equipos.

La importancia de poder analizar las variables críticas del proceso agregando que con los resultados de estos análisis podemos tomar acciones de control, es un gran aporte que paga cualquier inversión hecha en el equipo analítico. La información recabada por estos equipos nos da una gran base no solo para la operación puntual del proceso sino para proyectarnos a un regular y largo plazo.

Los procedimientos para las calibraciones son de suma importancia para establecer un estándar de ejecución, facilita el entrenamiento y garantiza el óptimo funcionamiento de estos equipos.

El equipo analítico no solo debe al mantenimiento preventivo, sino que hay que establecer una rutina predictiva del mismo, haciendo una trazabilidad de sus mediciones respecto de pruebas en laboratorio con equipos patrones equivalentes, luego con estos resultados ir haciendo los análisis de fallas y aplicar correcciones.

No se puede olvidar la importancia de documentar: Manuales de mantenimiento, Manuales de Usuario, Records de funcionamiento, repuestos, etc. Todo esto dará una buena base para mantener los equipos e incluso ir dando una mejora a ellos o sustituirlos por otras tecnologías que se acoplen mejor a la necesidad.

El costo de aplicar una atención adecuada a estos equipos analíticos es una preocupación para la administración de una planta termoeléctrica ya que normalmente el mantenimiento al pie de la letra del manual es muy costoso, por tal razón es importante optimizar dicha actividad.



## IX. RECOMENDACIONES

Es importante que el personal que trabaje en el mantenimiento de los equipos analíticos de líquidos y gases tenga el conocimiento del principio de funcionamiento de cada equipo y la aplicación que tiene en una planta termoeléctrica. Si no cuenta con el conocimiento se debe de capacitar. Porque son equipos caros y delicados los cuales se deben trabajar cuidadosamente. Adicional el conocimiento es esencial para que siga los procedimientos de calibración y mantenimiento garantizando que el mantenimiento preventivo se realiza de una forma adecuada.

Toda la documentación que se realice de los mantenimientos, así como hojas de calibración, manuales del fabricante, MSDS, hojas de especificaciones, hoja de datos es necesario que se almacene e identifique correctamente para que la búsqueda y consulta de dichos documentos sean fáciles de encontrar.

El personal que manipule reactivos o buffer de calibración haya leído y comprendido las hojas de datos de los químicos, ya que es de vital importancia para su seguridad y la de los demás. Otro punto es que el personal sea capacitado de los riesgos que puede encontrar en una planta de tratamiento, ya que se maneja diferente tipos de químicos que son perjudiciales para la salud del trabajador.



## X. BIBLIOGRAFÍA

ABB Instrumentation, Inc. 2010. *Monitor de sodio*. DS/8037–ES Rev. G

ABB Instrumentation, Inc. *Analizador de sílice Navigator 600 para sílice*. IM/NAV6S–E Edición 3

ABB Instrumentation, Inc. *Combustion Oxygen Monitor. Endura AZ20 Series Probe*. IM/AZ20M–EN Issue 1. Págs. 50

ABB Instrumentation, Inc. *Electrolytic Conductivity Measurement technical note*. Febrero 1999.

ABB Instrumentation, Inc. *Monitor de oxígeno para combustión. Sonda de la serie Endura AZ20*. IM/AZ20P–ES Edición 1. Págs. 32

ABB Instrumentation, Inc. *Monitor de sodio*. IM/8037–E\_9

AMM, *Ley general de electricidad*, Págs. 58

AMM, *Norma de coordinación comercial No. 2 (Oferta firme de los generadores)*, Págs. 26

Crison. *Teoría de la Conductividad*. Págs. 84

DURAG. *Filter Monitor*. D-FW 231. 101866/20. Págs. 16

DURAG. *Manual de Servicio*. D-R 290. 08/2001. Págs. 36

DURAG. *Monitor de Partículas y Opacidad*. D-R 290. Págs. 59

*Heerdter Landstr. 193*. ABB Automation Products GmbH

Rodríguez Nuria y Martínez William. *Planificación y evaluación de proyectos*. Páginas: 468

Rosemount Analytical. August 2004. *The Theory of pH Measurement*. ADS 43-002/rev.A

Rosemount Analytical. *Application data sheet calibrating contacting conductivity sensors* ADS 43-024. July 2010, 4 pages.

Rosemount Analytical. January 2010. *Theory and Application of Conductivity*. ADS 43-018/rev.D

*Rosemount Analytical*. March 2012. Instruction Manual. PN 51-1056/rev.I

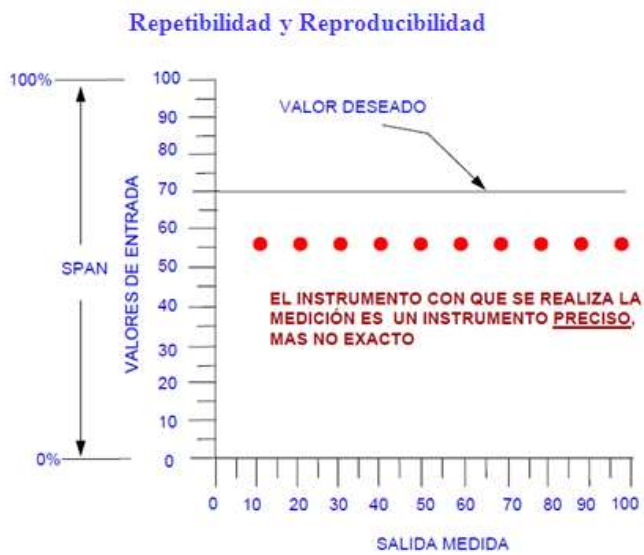
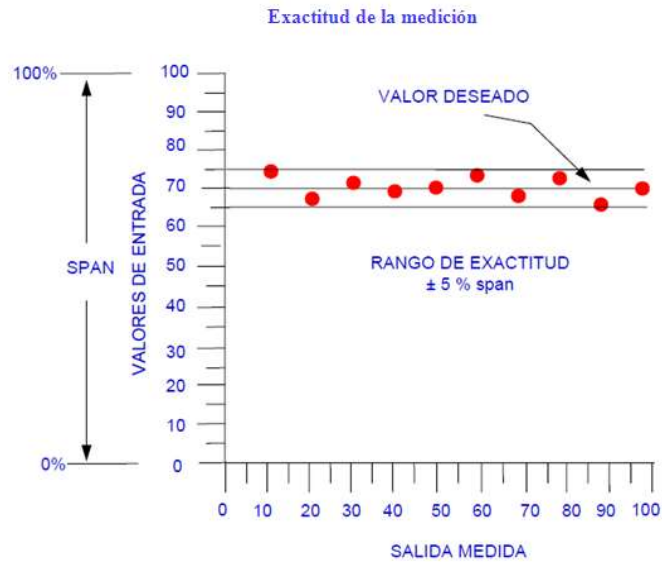
Rosemount Analytical. November 2010. *The Theory of pH Measurement*. ADS 43-002/rev.C

Rosemount Analytical. December 2010. *Theory and Practice of pH Measurement*. PN 44-6033/rev. D

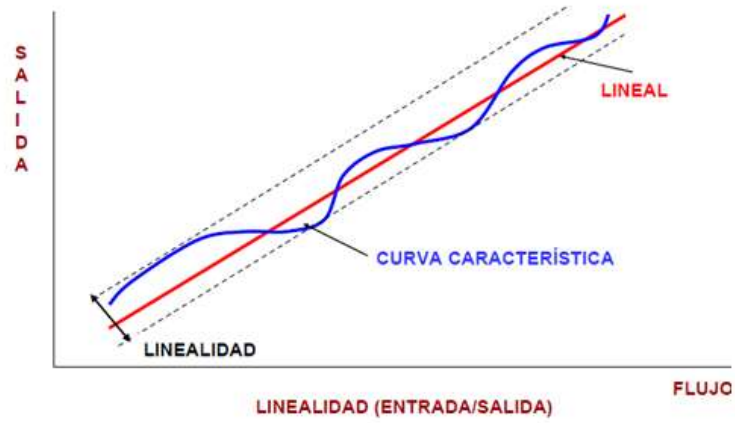
# XI. ANEXOS

## Anexo 1: Factores que afecta una medición.

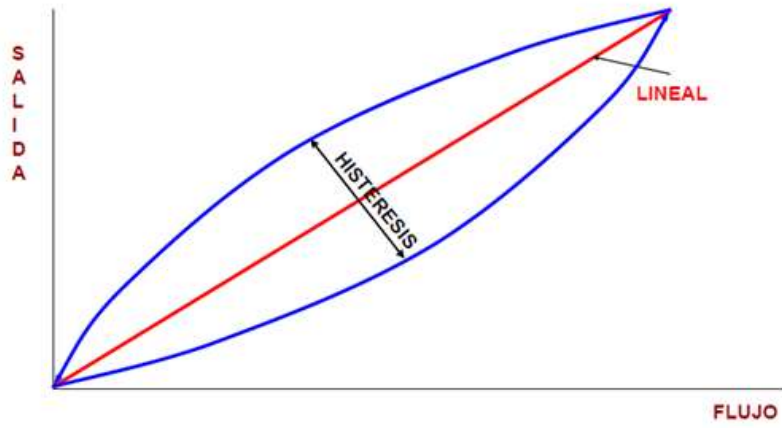
En la página 14 explica teóricamente como puede ser afecta una medición en un proceso, en este anexo se muestra estos factores gráficamente.



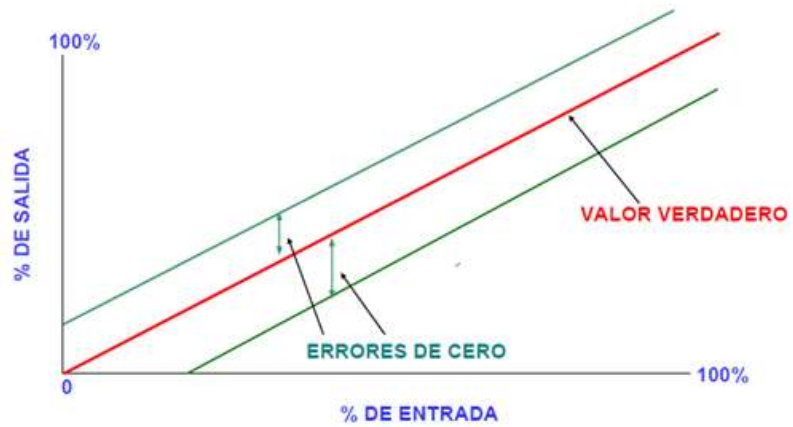
### Linealidad



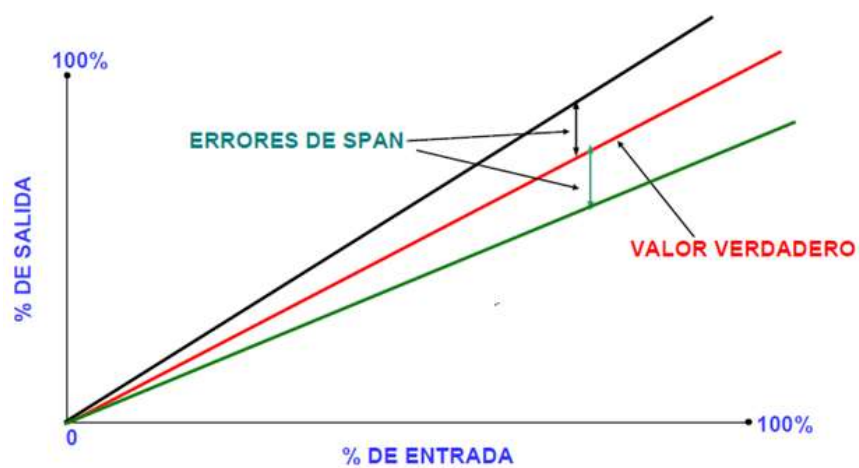
### Histéresis



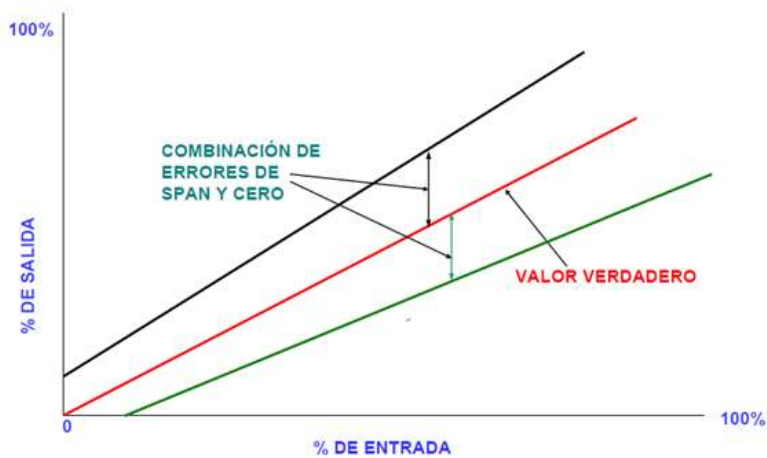
### Error de cero



### Error de Span



### Error de Span y Cero Combinados




### Error de linealidad



Fuente: ISA, Instrumentación básica de procesos industriales

## Anexo 2: Ejemplo de un certificado de un analizador de oxígeno.



**ORDER REF:** 128136  
**ORDER ITEM:** 10  
**SERIAL NO:** 3K220000052314  
**DATE:** 20 May 2010

**CERTIFICATE OF CALIBRATION**

**CUSTOMER:** ABB SA DE SUCURSAL PANAMA  
**CUSTOMER REF:** 300133  
**PRODUCT DES:** ZIRCONIA OXYGEN ANALYSER SYSTEM  
**PRODUCT CODE:** AZ20/122122221112ESTD  
**CELL NO:** DGV65

Figures given are for standard calibration of AZ20 Oxygen Analyser System

Zero (Air) Test Gas Data		Zero (Air) Calibration Data	
%O <sub>2</sub> Value of Test Gas	Grade of Test Gas	Analyser Zero (Air) Reading %O <sub>2</sub>	Calibration Offset mV (Zero)
20.95% O <sub>2</sub>	N/A (Process Air)	20.9402	-1.084

Span Test Gas Used For Calibration			Span Gas Calibration Data	
%O <sub>2</sub> Value of Certified Test Gas	Grade of Certified Test Gas	Test Gas Certificate No.	Analyser Displayed Span Reading %O <sub>2</sub>	Span Gas Calibration factor
1.0106	BOC - BETA	S1035395	1.0171	0.9934

**Tested by:** TRACEY  
**Test Bay No:** #5

This is to certify that the measurements recorded above were obtained under standard production test conditions and are traceable to national standards through the laboratories of the United Kingdom Accreditation Service.




Signed:   
 Position: 

ABB Document Ref: QSTA1455 ISS 2

---

ABB Limited Oldends Lane Stonehouse Gloucestershire GL10 3TA	Registered Office: ABB Ltd Daresbury Park Warrington Cheshire
--	---

## Anexo 3: Ejemplo de un certificado de patrón de calibración para opacidad



**OPACITY CERTIFICATION SERVICES, LLC**  
A Proud Veteran-Owned Business  
8600 Harbor Drive Raleigh, NC 27615-4527 USA

Phone: 919-846-6040  
Cell: 919-215-9384  
Fax: 919-846-6041  
E-mail: [asiffer@opacitycert.com](mailto:asiffer@opacitycert.com)  
Web: [www.opacitycert.com](http://www.opacitycert.com)

---

### Report of Results from NIST-traceable Neutral Density Opacity Filter Certification

**Customer:** *Durag, Inc.*

Please contact OCS at (919) 846-6040 or <a href="mailto:asiffer@opacitycert.com">asiffer@opacitycert.com</a> prior to this date to schedule NIST-traceable recertification	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Date of Certification:</td> <td><b>February 12, 2010</b></td> </tr> <tr> <td>Report Number:</td> <td><b>021210-02</b></td> </tr> <tr> <td>Recertification Due Date:</td> <td><b>January 11, 2011</b></td> </tr> </table>	Date of Certification:	<b>February 12, 2010</b>	Report Number:	<b>021210-02</b>	Recertification Due Date:	<b>January 11, 2011</b>
Date of Certification:	<b>February 12, 2010</b>						
Report Number:	<b>021210-02</b>						
Recertification Due Date:	<b>January 11, 2011</b>						

**Certification Results** – see individual filter sheets for full-spectrum & monochromatic data

Opacity Monitor Make/Model Number:	<b>Durag D-R290 series</b>	
Stack/Unit ID (if available):		
Angle of Incidence:	<b>10 degrees</b>	
Maximum Accuracy:	± 0.5 (limited by the accuracy of the NIST SRM's)	
Path Length Correction Factors:	<b>1.000</b> (straight stack)	Other PLCF's: <b>1.032</b>
Monitor Light-source type:	<b>L.E.D.</b>	L.E.D. Peak Spectral Response Point: <b>Multi</b>

Filter Serial Number	New Opacity Value	Transmittance (100-Op%)	Optical Density (-log Tr./100)
<b>H18A</b>	<b>15.5%</b>	84.5%	0.0731
<b>H19A</b>	<b>24.7%</b>	75.3%	0.1229
<b>H20A</b>	<b>46.1%</b>	53.9%	0.2685

**PLCF-Corrected Certification Results w/PLCF = 1.032**

Serial Number	Opacity Value	Transmittance (100-Op%)	Optical Density
<b>H18A</b>	<b>16.0%</b>	84.0%	0.0757
<b>H19A</b>	<b>25.4%</b>	74.6%	0.1273
<b>H20A</b>	<b>47.2%</b>	52.8%	0.2774

**Certification Measurement Parameters** - meeting the requirements set in section 6.3 or 40 CFR Part 60, Appendix B, Performance Specification 1

**Instrument:**

Spectrophotometer: Varian-Cary 50 Conc	Serial Number: EL0602-3153	
Scanning Range: 380-780nm	Interval: 10nm	Spectral Bandpass: 1.5nm
Sample Chamber Air Temperature	72° Fahrenheit (± 3°)	22° Celsius (± 3°)
Sample Chamber Air Relative Humidity	40% (± 10)	

**Reference Materials:**

Reference Material Type:	NIST 930D/E series SRM
Reference Material Serial Numbers:	Blank; 430-248; 420-248; 410-248
SRM Date of Certification:	February 25, 2009

Notes:

Specialists in NIST-Traceable Opacity Filter Recertification's and New Opacity Filters  
24-Hour Service for Recertifications and most New Opacity Filters

## Anexo 4: Ejemplo de un formato de hoja de datos

Logo	Nombre de la empresa	No. De documento:	
	Hoja de datos	Hoja	de
<b>Información general del equipo</b>			
Identificación del equipo			
Área			
Nombre del equipo			
Ubicación			
<b>Información general de la tubería</b>			
Tipo de fluido			
Viscosidad de flujo			
Tamaño de tubería			
Material de la tubería			
Espesor aislante			
Temperatura (°C)	Mínima		Máxima
Presión (Psi)	Mínima		Máxima
Observaciones			
	Nombre		Fecha
Reviso			
Aprobó			


## Anexo 5: Ejemplo de un formato de hoja de especificaciones de un sensor de pH

Logo	Nombre de la empresa	No. De documento: 70AE2021
	Hoja de especificaciones para sensores de pH o ORP marca	Hoja: 1 de 1
<b>Especificaciones</b>		
<b>Tipo de medición:</b> pH		<b>Rango de medición:</b> 0-14
<b>Materiales en contacto:</b> Titanio		
<b>Conexión a proceso:</b> 1" MNPT		
<b>Rango de Temperatura:</b> 0-100°C (32-212°F)		
<b>Rango de presión:</b> 100-1135 kPa [abs] (0-150 psig)		
<b>Conductividad:</b>	<b>Mínima:</b> 75 µS/cm	<b>Nominal:</b> 100 µS/cm
<b>Peso del producto:</b> 0.45 kg/0.9 kg (1 lb/2 lb)		
<b>Información de orden</b>		
<b>Modelo</b>		
396P	Sensor pH/ORP inserción polipropileno	
<b>Código</b>		
<b>Tipo de electrodo de medición (Selección requerida)</b>		
10	Bulbo GPLR, propósito general resistencia baja (0-14pH)	
12	ORP	
13	Bulbo GPLR, propósito general resistencia baja (2-13pH)	
<b>Código</b>		
<b>Compatibilidad analizador/TC (Selección requerida)</b>		
50	Para modelo de analizador 1181 (Termocopla tipo 3K)	
54	Para modelo 1054A/B, 2054, 2081 (RTD Pt100)	
<b>Código</b>		
<b>Selección opcional</b>		
41	Punta ranurada	
Orden: 396P-10-50-41		
<b>Nombre</b>		
<b>Fecha</b>		
Reviso		
Aprobó		

## Anexo 6: Ejemplo de un formato de hoja de calibración para analizador de oxígeno

Logo	Nombre de la empresa		No. De documento:	
	Hoja de calibración de analizador de oxígeno		Hoja:	de
<b>Datos generales del equipo</b>				
Tipo de equipo: Descripción del equipo Modelo: Serie: Fabricante: Fecha: Área Ubicación				
<b>Datos de Calibración</b>				
Gas de prueba cero (Aire)			Gas cero (Aire)	
Gas de prueba valor en %O <sub>2</sub>	Grado de gas de prueba	Analizador cero (Aire) Leyendo %O <sub>2</sub>	Error de calibración cero (mV)	
Gas de prueba span usado para calibración			Gas span calibración	
Gas de prueba certificado valor en %O <sub>2</sub>	Grado de gas de prueba certificado	Pantalla de analizador span Leyendo %O <sub>2</sub>	Factor de calibración de gas span	
No. De certificación de gas de prueba:				
	Nombre			Fecha
Calibrado por:				
Aprobado por:				

## Anexo 7: MSDS de buffer de calibración pH 4

	<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 4</b>
<b>Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa</b>	
<b>Identificación de la sustancia o del preparado</b>	
<b>Denominación:</b> Buffer pH 4	
<b>Uso de la sustancia o preparado:</b> Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.	
<b>Identificación de la sociedad o empresa:</b> CONTROL TÉCNICO Y REPRESENTACIONES, S.A. DE C.V. Av. Lincoln No. 3410 Pte. Col. Mitras Norte www.ctr.com.mx Tels. (81) 8158 0600, 8158 0628, 8158 0633 e-mail : ctrscientific@infosel.net.mx Apdo. Postal 044-C Monterrey N.L. C.P. 64320, México	
<b>Identidad del producto:</b> ALMACENADOR INTERMEDIARIO, REFERENCIA STD, pH 4.00; ALMACENADOR INTERMEDIARIO, REFERENCIA STD, pH 4.000 (color rojo) de la PRECISIÓN PEL componente de la concentración ACGIH TLV OSHA.	
<b>Composición/información sobre los ingredientes:</b> FD&C #40 rojo <0.1 No disponible Metanol (alcohol metílico) <0.6 200 ppm 262 mg/m <sup>3</sup> 200 ppm 260 mg/m <sup>3</sup> Agua, desionizada Balance no disponible Ftalato ácido del potasio 0.95 - 1.05 no disponibles Butilparabenceno <0.1 No disponible	
<b>Identificación del peligro:</b>	
<b>Descripción de la emergencia:</b> Inflamable, no tóxico, anticorrosivo. No presenta ninguna peligrosidad para la salud significativa. Áreas de la colada del contacto con agua.	
<b>Órganos de blanco:</b> ojos, piel	
<b>Contacto visual:</b> Puede Causar Irritación leve.	
<b>Inhalación:</b> No es peligroso por inhalación.	
<b>Contacto de la piel:</b> Puede Causar Irritación leve.	
<b>Ingestión:</b> Náusea, Vomito, diarrea y Puede Causar calambres.	
<b>Efectos crónicos/Cancerígenos:</b> Ninguno	
<b>IARC - No.</b>	
<b>NTP - No.</b>	
<b>OSHA - No.</b>	
<b>Información reproductiva:</b> Efectos reproductivos citados en el "registro de efectos tóxicos de sustancias químicas" para el metanol (alcohol metílico).	
<b>Información de la teratología (defecto de nacimiento):</b> Datos de la mutación citados en	



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 4

el registro de efectos tóxicos de las sustancias químicas para el metanol (alcohol metílico).

**Primeros auxilios:**

**Contacto visual:** Lave inmediatamente con grandes cantidades de agua por lo menos 15 minutos. Llame a médico si presenta irritación.

**Inhalación:** Coloque en un lugar con ventilación. Respiración artificial en caso de ser necesario. Si la respiración es difícil coloque el oxígeno.

**Contacto de la piel:** Limpie con agua lo menos 15 minutos. Llame al médico si presenta irritación.

**Ingestión:** Tomar agua o leche. Llame al médico en caso de ser necesario.

**Medidas contra Incendio:**

**Punto de destello:** No disponible.

**LFL:** No disponible.

**Método usado:** No disponible.

**UFL:** No disponible.

**Extinguir medios:** Utilice cualquier medio conveniente para extinguir el fuego circundante.

**Peligros del fuego y de la explosión:** No se considera generador de fuego o de explosión.

**Instrucciones de la lucha contra el fuego:** Utilice los procedimientos normales/las instrucciones.

**Equipo de la lucha contra el fuego:** Utilice ropa protectora y el equipo de respiración apropiados para combatir el fuego.

**Medidas de Derrame Accidental:**

Absorba con el material conveniente y disponga de acuerdo con regulaciones locales.

**Almacenaje:**

Proteja contra congelamiento y daño físico.

**Código del almacenaje de seguridad:** General

**Control de exposición/protección personal:**

**Controles de la ingeniería:** No hay controles específicos necesarios. Ventilación Adecuada.

**Protección respiratoria:** Ventilación Adecuada.

**Protección de piel:** Guantes resistentes a los químicos.

**Protección de ojo:** Gafas de seguridad o anteojos.

**Características físicas y químicas:**

**Gravedad específica:** 1.00 g/ml

**Presión del vapor:** No aplica.

**Solubilidad en agua:** Completa

**Punto de fusión (°C):** 0

**Olor:** Inodoro



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 4

**Punto que hierve (°C):** Aproximadamente 100

**Aspecto:** Claro, líquido coloreado rojo

**pH:** 4.0

**Estabilidad y reactividad:**

**Estabilidad química:** Estable bajo condiciones normales de uso y de almacenaje.

**Incompatibilidad:** Ácido nítrico

**Productos peligrosos de la descomposición:** Óxido de carbón y del potasio.

**Polimerización peligrosa:** No ocurrirá.

**Información toxicológica:**

LD50, oral, rata: >3200 mg/kg (Ftalato ácido) del potasio, detalles de los efectos tóxicos no divulgados con excepción de valor mortal de la dosis.

LD50, oral, rata: (Metanol) 5628 mg/kg, detalles de los efectos tóxicos no divulgados con excepción de valor mortal de la dosis.

LD50, oral, ratón: (Butilparabenceno) 13.200 mg/kg.

LD50, oral, rata: (FD&C #40 rojo) > 10.000 mg/kg, detalles de los efectos tóxicos no divulgados con excepción de valor mortal de la dosis.

**Información ecológica:**

**Información ecotoxicológica:** Ninguna información encontrada.

**Sección 13. Consideraciones de la disposición**

Diluya con agua, neutralice con la solución débil de hidróxido del sodio, después Vaciar a la alcantarilla según las regulaciones locales permitan. Si no es permitido, Confinar apropiadamente. Disponga siempre de acuerdo con las leyes locales, Estado y regulaciones federales.

**Información del transporte**

**Números de parte:** Este producto no se regula.

**Información reguladora (no significada para ser todo el inclusiva - regulación seleccionada representada)**

**Estado del OSHA:**

Los artículos antedichos o no contienen ningún material específicamente peligroso o el material potencialmente peligroso está presente en tal punto bajo concentración que los artículos no presentan ninguna amenaza inmediata a la salud y a la seguridad.

**Estado de TSCA:**

Todos los componentes de esta solución se enumeran en el inventario de TSCA o son mezclas (hidratos) de los artículos enumerados en el inventario de TSCA.

Título III de Sara:

**Sustancias extremadamente peligrosas de la sección 302:** No aplicable.

**Categorías peligrosas de la sección 311/312:**No

**Productos químicos tóxicos de la sección 313:** No aplicable.

**California:** No divulgados.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 4

**Pennsylvania:** El metanol (alcohol metílico) se enumera como peligro para el medio ambiente en la lista peligrosa de las sustancias del estado.

**Cantidad denunciable de CERCLA:** Metanol (alcohol metílico) - 5.000 libras.  
**WHMIS:** No aplicable.

### La otra información



**Grados de NFPA:** Salud: 1 Inflamabilidad: 0 Reactividades: 0  
**Equipo protector:** B (protector para ojos y guantes)


### Renuncia:

\*\*\*\*\*

CTR Scientific proporciona la información contenida aquí de buena fe, sin embargo, no hace ninguna representación en cuanto a su integridad o exactitud. Es intención que se utilice este documento sólo como una guía para el manejo del material con la precaución apropiada, por una persona adecuadamente capacitada en el uso de este producto. Los individuos que reciban la información deben ejercer su juicio independiente al determinar la conveniencia del producto para un uso particular. CTR SCIENTIFIC, NO GESTIONA O DA GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIALIZACIÓN, O CONVENIENCIA PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O DEL PRODUCTO AL QUE SE REFIERE LA INFORMACIÓN. POR CONSIGUIENTE, CTR SCIENTIFIC, NO SERÁ RESPONSABLE DE DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA QUE SE TENGA EN ESTA INFORMACIÓN.

\*\*\*\*\*

## Anexo 8: MSDS de buffer de calibración pH 7

	<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 7</b>
<b>Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa</b>	
<b>Identificación de la sustancia o del preparado</b>	
<b>Denominación:</b> Buffer pH 7	
<b>Uso de la sustancia o preparado:</b> Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.	
<b>Identificación de la sociedad o empresa:</b>	
CONTROL TÉCNICO Y REPRESENTACIONES, S.A. DE C.V. Av. Lincoln No. 3410 Pte. Col. Mitras Norte www.ctr.com.mx Tels. (81) 8158 0600, 8158 0628, 8158 0633 e-mail : ctrscientific@infosel.net.mx Apdo. Postal 044-C Monterrey N.L. C.P. 64320, México	
<b>Identidad del producto:</b> ALMACENADOR INTERMEDIARIO, REFERENCIA STD, pH 7.00; ALMACENADOR INTERMEDIARIO, REFERENCIA STD, pH 7.000 (color Amarillo) de la PRECISIÓN PEL componente de la concentración ACGIH TLV OSHA.	
<b>Composición/información sobre los ingredientes:</b> Agua, desionizada Balance no disponible Fosfato de Sodio Dibásico 0.95 - 1.05 no disponibles Fosfato de Potasio Monobásico <1.0 No disponible Preservativos (Sin Compuestos de Mercurio o Formaldehidos) <0.1 No disponible	
<b>Identificación del peligro:</b>	
<b>Descripción de la emergencia:</b> No tóxico, anticorrosivo. No presenta ninguna peligrosidad para la salud significativa. Áreas de la colada del contacto con agua.	
<b>Órganos de blanco:</b> ojos, piel	
<b>Contacto visual:</b> Puede Causar Irritación leve.	
<b>Inhalación:</b> No es peligroso por inhalación.	
<b>Contacto de la piel:</b> Puede Causar Irritación leve.	
<b>Ingestión:</b> Náusea, Vomito, diarrea y Puede Causar calambres.	
<b>Efectos crónicos/Cancerígenos:</b> Ninguno	
<b>IARC - No.</b>	
<b>NTP - No.</b>	
<b>OSHA - No.</b>	
<b>Información reproductiva:</b> No Aplica	
<b>Información de la teratología (defecto de nacimiento):</b> No Aplica	
<b>Primeros auxilios:</b>	
<b>Contacto visual:</b> Lave inmediatamente con grandes cantidades de agua por lo menos 15 minutos. Llame a médico si presenta irritación.	
<b>Inhalación:</b> Coloque en un lugar con ventilación. Respiración artificial en caso de ser	



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 7

necesario. Si la respiración es difícil coloque el oxígeno.

**Contacto de la piel:** Limpie con agua lo menos 15 minutos. Llame al médico si presenta irritación.

**Ingestión:** Tomar agua o leche. Llame al médico en caso de ser necesario.

### **Medidas contra Incendio:**

**Punto de destello:** No disponible.

**LFL:** No disponible.

**Método usado:** No disponible.

**UFL:** No disponible.

**Extinguir medios:** Utilice cualquier medio conveniente para extinguir el fuego circundante.

**Peligros del fuego y de la explosión:** No se considera generador de fuego o de explosión.

**Instrucciones de la lucha contra el fuego:** Utilice los procedimientos normales/las instrucciones.

**Equipo de la lucha contra el fuego:** Utilice ropa protectora y el equipo de respiración apropiados para combatir el fuego.

### **Medidas de Derrame Accidental:**

Absorba con el material conveniente y disponga de acuerdo con regulaciones locales.

### **Almacenaje:**

Proteja contra congelamiento y daño físico.

**Código del almacenaje de seguridad:** General

### **Control de exposición/protección personal:**

**Controles de la ingeniería:** No hay controles específicos necesarios. Ventilación Adecuada.

**Protección respiratoria:** Ventilación Adecuada.

**Protección de piel:** Guantes resistentes a los químicos.

**Protección de ojo:** Gafas de seguridad o anteojos.

### **Características físicas y químicas:**

**Gravedad específica:** 1.00 g/ml

**Presión del vapor:** No aplica.

**Solubilidad en agua:** Completa

**Punto de fusión (°C):** 0

**Olor:** Inodoro

**Punto que hierve (°C):** Aproximadamente 100

**Aspecto:** Claro, líquido coloreado Amarillo

**pH:** 7.0

### **Estabilidad y reactividad:**

**Estabilidad química:** Estable bajo condiciones normales de uso y de almacenaje.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 7

**Incompatibilidad:** No Identificada

**Productos peligrosos de la descomposición:** Óxido de Fosfato puede dañar la salud al Descomponerse.

**Polimerización peligrosa:** No ocurrirá.

**Información toxicológica:**

LD50, oral, rata: 17 mg/kg (Fosfato de Sodio Dibásico), detalles de los efectos tóxicos no divulgados con excepción de valor mortal de la dosis.

LD50, oral, rata: (Fosfato de Potasio Monobásico) 4640 mg/kg, detalles de los efectos tóxicos no divulgados con excepción del valor mortal de la dosis.

**Información ecológica:**

**Información ecotoxicológica:** Ninguna información encontrada.

**Sección 13. Consideraciones de la disposición**

Diluya con agua, neutralice con la solución débil de hidróxido del sodio, después Vaciar a la alcantarilla según las regulaciones locales permitan. Si no es permitido, Confinar apropiadamente. Disponga siempre de acuerdo con las leyes locales, Estado y regulaciones federales.

**Información del transporte**

Números de parte: Este producto no se regula.

**Información reguladora (no significada para ser todo el inclusiva - regulación seleccionada representada)**

**Estado del OSHA:**

Los artículos antedichos o no contienen ningún material específicamente peligroso o el material potencialmente peligroso está presente en tal punto bajo concentración que los artículos no presentan ninguna amenaza inmediata a la salud y a la seguridad.

**Estado de TSCA:**

Todos los componentes de esta solución se enumeran en el inventario de TSCA o son mezclas (hidratos) de los artículos enumerados en el inventario de TSCA.

**Título III de Sara:**

**Sustancias extremadamente peligrosas de la sección 302:** No aplicable.

**Categorías peligrosas de la sección 311/312:**No

**Productos químicos tóxicos de la sección 313:** No aplicable.

**California:** No divulgados.

**Pennsylvania:** No Divulgados.

**Cantidad denunciante de CERCLA:** Fosfato de Potasio - 5.000 libras.

**WHMIS:** No aplicable.

**Otra información**



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 7




Grados de NFPA: Salud: 1 inflamabilidad: 0 reactividad: 0

### Renuncia:

\*\*\*\*\*  
 CTR Scientific proporciona la información contenida aquí de buena fe, sin embargo, no hace ninguna representación en cuanto a su integridad o exactitud. Es intención que se utilice este documento sólo como una guía para el manejo del material con la precaución apropiada, por una persona adecuadamente capacitada en el uso de este producto. Los individuos que reciban la información deben ejercer su juicio independiente al determinar la conveniencia del producto para un uso particular. CTR SCIENTIFIC, NO GESTIONA O DA GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIABILIDAD, O CONVENIENCIA PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O DEL PRODUCTO AL QUE SE REFIERE LA INFORMACIÓN. POR CONSIGUIENTE, CTR SCIENTIFIC, NO SERÁ RESPONSABLE DE DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA QUE SE TENGA EN ESTA INFORMACIÓN.  
 \*\*\*\*\*

## Anexo 9: MSDS de buffer de calibración pH 10

	<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 10</b>
<b>Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa</b>	
<b>Identificación de la sustancia o del preparado</b>	
<b>Denominación:</b> Buffer pH 10	
<b>Uso de la sustancia o preparado:</b> Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.	
<b>Identificación de la sociedad o empresa:</b>	
CONTROL TÉCNICO Y REPRESENTACIONES, S.A. DE C.V. Av. Lincoln No. 3410 Pte. Col. Mitras Norte www.ctr.com.mx Tels. (81) 8158 0600, 8158 0628, 8158 0633 e-mail : ctrscientific@infosel.net.mx Apdo. Postal 044-C Monterrey N.L. C.P. 64320, México	
<b>Identidad del producto:</b> ALMACENADOR INTERMEDIARIO, REFERENCIA STD, pH 10.00; ALMACENADOR INTERMEDIARIO, REFERENCIA STD, pH 10.000 (color Azul) de la PRECISIÓN PEL componente de la concentración ACGIH TLV OSHA.	
<b>Composición/información sobre los ingredientes:</b> Agua, desionizada Balance no disponible Bicarbonato de Sodio 0.95 - 1.05 no disponibles Carbonato de Sodio <1.0 No disponible Preservativos (Sin Compuestos de Mercurio o Formaldehidos) <0.1 No disponible	
<b>Identificación del peligro:</b>	
<b>Descripción de la emergencia:</b> No tóxico, anticorrosivo. No presenta ninguna peligrosidad para la salud significativa. Áreas de la colada del contacto con agua. <b>Órganos de blanco:</b> ojos, piel <b>Contacto visual:</b> Puede Causar Irritación leve. <b>Inhalación:</b> No es peligroso por inhalación. <b>Contacto de la piel:</b> Puede Causar Irritación leve. <b>Ingestión:</b> Náusea, Vomito, diarrea y Puede Causar calambres. <b>Efectos crónicos/Cancerígenos:</b> Ninguno <b>IARC - No.</b> <b>NTP - No.</b> <b>OSHA - No.</b>	
<b>Información reproductiva:</b> No Aplica <b>Información de la teratología (defecto de nacimiento):</b> No Aplica	
<b>Primeros auxilios:</b> <b>Contacto visual:</b> Lave inmediatamente con grandes cantidades de agua por lo menos 15 minutos. Llame a médico si presenta irritación. <b>Inhalación:</b> Coloque en un lugar con ventilación. Respiración artificial en caso de ser	



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 10

necesario. Si la respiración es difícil coloque el oxígeno.

**Contacto de la piel:** Limpie con agua lo menos 15 minutos. Llame al médico si presenta irritación.

**Ingestión:** Tomar agua o leche. Llame al médico en caso de ser necesario.

**Medidas contra Incendio:**

**Punto de destello:** No disponible.

**LFL:** No disponible.

**Método usado:** No disponible.

**UFL:** No disponible.

**Extinguir medios:** Utilice cualquier medio conveniente para extinguir el fuego circundante.

**Peligros del fuego y de la explosión:** No se considera generador de fuego o de explosión.

**Instrucciones de la lucha contra el fuego:** Utilice los procedimientos normales/las instrucciones.

**Equipo de la lucha contra el fuego:** Utilice ropa protectora y el equipo de respiración apropiados para combatir el fuego.

**Medidas de Derrame Accidental:**

Absorba con el material conveniente y disponga de acuerdo con regulaciones locales.

**Almacenaje:**

Proteja contra congelamiento y daño físico.

**Código del almacenaje de seguridad:** General

**Control de exposición/protección personal:**

**Controles de la ingeniería:** No hay controles específicos necesarios. Ventilación Adecuada.

**Protección respiratoria:** Ventilación Adecuada.

**Protección de piel:** Guantes resistentes a los químicos.

**Protección de ojo:** Gafas de seguridad o anteojos.

**Características físicas y químicas:**

**Gravedad específica:** 1.00 g/ml

**Presión del vapor:** No aplica.

**Solubilidad en agua:** Completa

**Punto de fusión (°C):** 0

**Olor:** Inodoro

**Punto que hierve (°C):** Aproximadamente 100

**Aspecto:** Claro, líquido coloreado Azul

**pH:** 10.0

**Estabilidad y reactividad:**

**Estabilidad química:** Estable bajo condiciones normales de uso y de almacenaje.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 10

**Incompatibilidad:** No Identificada

**Productos peligrosos de la descomposición:** Óxido de Sodio.

**Polimerización peligrosa:** No ocurrirá.

**Información toxicológica:**

LD50, oral, rata: 4090 mg/kg (Carbonato de Sodio), detalles de los efectos tóxicos no divulgados con excepción de valor mortal de la dosis.

LD50, oral, rata: (Bicarbonato de Sodio) 4220 mg/kg, detalles de los efectos tóxicos no divulgados con excepción del valor mortal de la dosis.

**Información ecológica:**

**Información ecotoxicológica:** Ninguna información encontrada.

**Consideraciones de la disposición**

Diluya con agua, neutralice con la solución débil de hidróxido del sodio, después Vaciar a la alcantarilla según las regulaciones locales permitan. Si no es permitido, Confinar apropiadamente. Disponga siempre de acuerdo con las leyes locales, Estado y regulaciones federales.

**Información del transporte**

Números de parte: Este producto no se regula.

**Información reguladora (no significada para ser todo el inclusiva - regulación seleccionada representada)**

**Estado del OSHA:**

Los artículos antedichos o no contienen ningún material específicamente peligroso o el material potencialmente peligroso está presente en tal punto bajo concentración que los artículos no presentan ninguna amenaza inmediata a la salud y a la seguridad.

**Estado de TSCA:**

Todos los componentes de esta solución se enumeran en el inventario de TSCA o son mezclas (hidratos) de los artículos enumerados en el inventario de TSCA.

Título III de Sara:

**Sustancias extremadamente peligrosas de la sección 302:** No aplicable.

**Categorías peligrosas de la sección 311/312:**No

**Productos químicos tóxicos de la sección 313:** No aplicable.

**California:** No divulgados.

**Pennsylvania:** No Divulgados

**Cantidad denunciante de CERCLA:** No Reportados.

**WHMIS:** No aplicable.

**La otra información**



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BUFFER pH 10



Grados de NFPA: Salud: 1 inflamabilidad: 0 reactividad: 0  
Equipo protector: B (protector para ojos y guantes)


### Renuncia:

\*\*\*\*\*

CTR Scientific proporciona la información contenida aquí de buena fe, sin embargo, no hace ninguna representación en cuanto a su integridad o exactitud. Es intención que se utilice este documento sólo como una guía para el manejo del material con la precaución apropiada, por una persona adecuadamente capacitada en el uso de este producto. Los individuos que reciban la información deben ejercer su juicio independiente al determinar la conveniencia del producto para un uso particular. CTR SCIENTIFIC, NO GESTIONA O DA GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIALIZACIÓN, O CONVENIENCIA PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O DEL PRODUCTO AL QUE SE REFIERE LA INFORMACIÓN. POR CONSIGUIENTE, CTR SCIENTIFIC, NO SERÁ RESPONSABLE DE DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA QUE SE TENGA EN ESTA INFORMACIÓN.

\*\*\*\*\*

## Anexo 10: MSDS disolución patrón de conductividad 12.88µS/cm a 25°C

 <b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	
Conforme al reglamento (CE) 1907/2006	
<p><b>1- Identificación del preparado y de la Empresa</b>            Denominación: Disolución patrón conductividad 12.88 mS/cm a 25°C.            Aplicación: Solución de Calibración de conductividad.            Código del producto: 97 21 (125 ml), 97 20 (250 ml).            Empresa: CRISON INSTRUMENTS S.A.            Riera Principal 34-36, 08328 ALELLA, Barcelona (Spain)            Tel. 935 409 320 Fax 935 559 300.            E-Mail: crison@crison.es            Número único de teléfono para llamadas de urgencia: 112 (UE).</p> <p><b>2- Identificación de peligros</b>            Preparado no peligroso, según el reglamento (CE) 1907/2006.</p> <p><b>3- Composición/Información sobre los componentes</b>            Solución acuosa.            Potasio Cloruro [KCl] &lt; 1 %.            RN CAS [7447-40-7], EINECS [231-211-8].</p> <p><b>4- Primeros auxilios</b>            Indicaciones generales: En caso de proyección del producto, cambiar la ropa contaminada.            Inhalación: Trasladar a la persona al aire libre.            Contacto con la piel: Lavar inmediatamente con abundante agua y jabón.            Contacto con los ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados.            Ingestión: Enjuagar inmediatamente la boca y beber abundante agua.            Indicación para el médico: Tratamiento sintomático.</p> <p><b>5- Medidas de lucha contra incendios</b>            Medios de extinción adecuados: El producto no es inflamable ni combustible, en caso de incendio utilizar agua, CO<sub>2</sub>, espuma, polvo.            Medios de extinción no adecuados: Ninguno en particular.            Riesgos especiales: Ninguno.</p> <p><b>6- Medidas a tomar en caso de vertido accidental</b>            Precauciones individuales: Utilizar vestidos de protección individual.            Precauciones ambientales: Evitar que penetre en el alcantarillado, en aguas superficiales o subterráneas. Si el producto es vertido, en cantidades peligrosas, en un curso de agua o ha contaminado suelo o vegetación, es necesario avisar a la autoridad competente.            Métodos de limpieza: Absorber el producto con material poroso e inerte. Limpiar los restos con agua abundante.</p> <p><b>7- Manipulación y almacenamiento</b>            Manipulación: Sin otras exigencias.            Almacenamiento: En recipientes bien cerrados y secos.            Temperatura ambiente.</p> <p><b>8- Controles de exposición/protección personal</b>            Valores límite de exposición: Ninguno conocido.            Protección respiratoria: No necesaria en utilización normal.            Protección de las manos: Usar guantes adecuados.            Protección de los ojos: Utilizar gafas de protección.            Medidas de higiene particulares: Lavar las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.</p>	<p><b>9- Propiedades físicas y químicas</b>            Aspecto: Líquido            Color: Transparente            Olor: Casi inodoro            Densidad: Aproximadamente 1g/cc            Conductividad en mS/cm a 25°C: 12.88            Punto de fusión: Aproximadamente 0 °C            Punto de ebullición: Aproximadamente 100 °C            Solubilidad en agua a 20 °C: Completa</p> <p><b>10- Estabilidad y reactividad</b>            Condiciones a evitar: Ninguna en particular.            Materias a evitar: Ninguna en particular.            Productos de descomposición peligrosos: Ningún producto de descomposición peligroso conocido.</p> <p><b>11- Información toxicológica:</b>            Teniendo en cuenta la composición del producto, no cabe esperar ningún efecto tóxico. En base a las propiedades físico-químicas, las características peligrosas probables son:            Por ingestión: Posible irritación de las vías.            Por contacto: Acción irritante local sin efectos particulares.</p> <p><b>12- Informaciones ecológicas</b>            En caso de manipulación correcta, no cabe esperar ningún peligro medioambiental.</p> <p><b>13- Consideraciones relativas a la eliminación</b>            La eliminación debe estar conforme a la reglamentación administrativa en vigor. Contactar con la autoridad competente o bien con los gestores para la eliminación de residuos.</p> <p><b>14- Información relativa al transporte:</b>            _____</p> <p><b>15- Información reglamentaria</b>            Etiquetado según REACH.            _____</p> <p><b>16- Otras informaciones</b>            Aviso a los usuarios:            Esta ficha completa la información técnica de utilización pero no la reemplaza. El conjunto de prescripciones reglamentarias sirven simplemente como ayuda al usuario a cumplir con las obligaciones que le competen por la utilización de un producto químico. No le eximen de conocer y aplicar la reglamentación sobre su actividad. El usuario debe, bajo su única responsabilidad, tomar las precauciones ligadas a la utilización del producto.</p> <p>Fecha de Revisión: Abril-2010.</p>

## Anexo 11: MSDS del reactivo No.1 Ácido sulfúrico 0.4 M utilizado en analizador de sílice



Vía Fernández de Córdova  
Plaza Agora Local No.2  
Panamá, Panamá

6 calle 7-25 zona 2  
PBX (502) 2323-1212  
Guatemala, Guatemala

11 Av. Norte Bis No. 513  
PBX (503) 2222-6680  
San Salvador, El Salvador

## Ficha de Datos de Seguridad

### 1. Identificación de la sustancia y de la empresa

*Identificación de la sustancia:*

Código: t6021

Denominación: **Análisis de silicio de bajo rango  
Solución de ácido sulfúrico  
0.4M**

*Identificación de la empresa:*

Empresa: RGH 6 calle 7-25 zona 2, ciudad de Guatemala

TEL: (502) 2323-1212

Información toxicológica:

CIAT Guatemala

TEL: (502) 2230-0807

### 2. Composición/información sobre los componentes

Solución acuosa de ácido sulfúrico.

### 3. Identificación de peligros

Provoca quemaduras.

### 4. Primeros auxilios

*Tras inhalación:* aire fresco. Llamar al médico.

*Tras contacto con la piel:* lavar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada. Solicitar ayuda médica.

*Tras contacto con los ojos:* aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos por al menos 10 minutos. Llamar al oftalmólogo.

*Tras ingestión:* beber varios litros de agua. No efectuar medidas de neutralización. Llamar al médico.

### 5. Medidas de lucha contra incendios

*Medios de extinción adecuados:*

Adaptar a los materiales en el entorno.

*Riesgos especiales:*

Incombustible. Posibilidad de formación de hidrógeno gaseoso por incendio en el entorno y por contacto con metales, con riesgo de explosión. En caso de incendio pueden producirse sulfóxidos.

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:*  
Permanencia en el área de riesgo sólo con ropa protectora adecuada y con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Referencias adicionales:*

Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos. Enfriar los recipientes con rociado de agua desde una distancia segura. Precipitar los vapores emergentes con agua.

**6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**

*Medidas de precaución relativas a las personas:*

No inhalar los vapores/aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a ventilar lugares cerrados.

*Procedimientos de protección al medio ambiente:*

No dejar ir al desagüe.

*Procedimientos de recogida/limpieza:*

Recoger con material absorbente y neutralizante (sosa cáustica diluida, cal, arena de cal o carbonato sódico). Proceder a la eliminación de los residuos. Limpiar el área.

**7. Manipulación y almacenamiento**

*Manipulación:*

Tomando en cuenta medidas de seguridad.

*Almacenamiento:*

Bien cerrado. Temperatura de almacenamiento de +15° C a +25° C.

*Exigencias sobre recintos de almacenaje y recipientes:*

Evitar recipientes metálicos.

**8. Controles de exposición/protección personal**

*Protección respiratoria:* Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

*Protección de los ojos:* Precisa.

*Protección de las manos:* Guantes de caucho nitrilo de 0.11 mm de espesor, debiendo cumplir con las especificaciones 89/686/EEC y norma EN374

*Medidas de higiene particulares:* sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al término del trabajo.

**9. Propiedades físicas y químicas**

*Estado físico:* líquido

*Color:* incoloro a levemente amarillento

*Olor:* inodoro a muy levemente característico

*Solubilidad en agua (20°C):* soluble

**10. Estabilidad y reactividad**

*Condiciones a evitar:* Fuerte calentamiento.

*Materias a evitar:* Agua, metales, compuestos alcalinos, amoníaco, metales alcalinoterreos, soluciones de hidróxidos alcalinos, ácidos, compuestos alcalinoterreos, aleaciones metálicas, óxidos de fósforo, fósforo, hidruros, halogenuros de halógeno, halogenatos, permanganatos, nitratos, carburos, sustancias inflamables, disolventes orgánicos, acetiluros, nitrilos, nitruros, nitrocompuestos orgánicos, anilinas, peróxidos, picratos, litio siliciuro.

*Información complementaria:* Corrosivo. Incompatible con metales, tejidos vegetales y animales.

#### 11. Información toxicológica

*Toxicidad aguda:* LC<sub>50</sub> (oral/rata): 2140 mg/kg (referido a la sustancia pura)(RTECS).

*Información adicional:* Características probables a causa de los componentes del producto:

Tras contacto con la piel: probables quemaduras.

Tras contacto con los ojos: probables quemaduras, lesiones de córnea

Tras ingestión: fuerte dolor (peligro de perforación), malestar, vómitos y diarrea.

Luego de un período de latencia hay posibilidad de estrechamiento del píloro.

*Información complementaria:* El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

#### 12. Informaciones ecológicas

*Efectos ecotóxicos:* No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

*Observaciones ecológicas:*

Efectos biológicos: En grandes cantidades, efecto perjudicial en organismos acuáticos. Efecto perjudicial por desviación del pH. No produce consumo biológico de oxígeno. Corrosivo incluso en forma diluida. Existe peligro para el agua potable en caso de penetración en suelos y/o acuíferos. Posible neutralización en depuradoras.

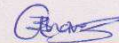
No incorporar a suelos ni cuerpos de agua.

#### 13. Consideraciones relativas a la eliminación

*Producto:* Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

*Embalaje:* Los envases de productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

Revisado por: Licda. Ana Beatriz Chávez



Firma

Aprobado por: Lic. Alex López



Firma

Lugar y fecha: Guatemala, 25 de junio de 2012

## Anexo 12 MSDS del reactivo No.2 Molibdato de amonio utilizado en analizador de sílice



Vía Fernández de Córdova  
Plaza Agora Local No.2  
Panamá, Panamá

6 calle 7-25 zona 2  
PBX (502) 2323-1212  
Guatemala, Guatemala

11 Av. Norte Bis No. 513  
PBX (503) 2222-6680  
San Salvador, El Salvador

## Ficha de Datos de Seguridad

### 1. Identificación de la sustancia y de la empresa

*Identificación de la sustancia:*

Código: t6022

Denominación: **Análisis de silicio de bajo rango  
Solución Heptamolibdato de  
amonio**

*Identificación de la empresa:*

Empresa: RGH 6 calle 7-25 zona 2, ciudad de  
Guatemala

TEL: (502) 2323-1212

Información toxicológica: CIAT Guatemala

TEL: (502) 2230-0807

### 2. Composición/información sobre los componentes

Solución acuosa de molibdato de amonio.

### 3. Identificación de peligros

Producto no peligroso.

### 4. Primeros auxilios

*Tras inhalación:* aire fresco.

*Tras contacto con la piel:* lavar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.

*Tras contacto con los ojos:* aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos por al menos 10 minutos. Llamar al oftalmólogo.

*Tras ingestión:* beber varios litros de agua. Provocar el vómito. Llamar al médico.

### 5. Medidas de lucha contra incendios

*Medios de extinción adecuados:*

Adaptar a los materiales en el entorno.

*Riesgos especiales:*

Incombustible. En caso de incendio, posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos. En caso de incendio, pueden producirse óxidos de nitrógeno.

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:*

Permanencia en el área de riesgo sólo con ropa protectora adecuada y con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel

mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Referencias adicionales:*

Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos. Precipitar los vapores emergentes con agua.

**6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**

*Medidas de precaución relativas a las personas:*

Evitar la formación de polvo, no inhalar el polvo.

*Procedimientos de protección al medio ambiente:*

No dejar ir al desagüe.

*Procedimientos de recogida/limpieza:*

Recoger en seco. Proceder a la eliminación de los residuos. Limpiar el área.

**7. Manipulación y almacenamiento**

*Manipulación:*

Sin exigencias.

*Almacenamiento:*

Bien cerrado. Seco. Temperatura de almacenamiento sin limitaciones.

**8. Controles de exposición/protección personal**

*Protección respiratoria:* Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

*Protección de los ojos:* Precisa.

*Protección de las manos:* Guantes de caucho nitrilo de 0.11 mm de espesor, debiendo cumplir con las especificaciones 89/686/EEC y norma EN374

*Medidas de higiene particulares:* sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al término del trabajo.

**9. Propiedades físicas y químicas**

*Estado físico:* líquido

*Color:* ligeramente amarillento

*Olor:* leve amoniacal.

*Solubilidad en agua (20°C):* soluble

**10. Estabilidad y reactividad**

*Condiciones a evitar:* Fuerte calentamiento.

*Materias a evitar:* Ácidos fuertes.

**11. Información toxicológica**

*Toxicidad aguda:* No se cuenta con datos cuantitativos.

*Información adicional:* Para las sales de amoníaco en general:

Tras contacto con la piel: irritaciones locales, con náusea, vómitos y diarrea.

Tras contacto con los ojos: irritación de la córnea.

Tras ingestión: Tras absorción de grandes cantidades: disminución de la presión arterial, colapso, alteraciones del sistema nervioso central, espasmos, parálisis respiratoria, hemólisis.

Síntomas de intoxicación aguda por molibdeno (VI): descomposición, anemia, cansancio. Tras dosis altas, efecto tóxico en hígado y riñones.

*Información complementaria:* El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

#### 12. Informaciones ecológicas

*Efectos ecotóxicos:* No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

*Observaciones ecológicas:*

Efectos biológicos: Efecto perjudicial en organismos acuáticos. No produce consumo biológico de oxígeno.

No incorporar a suelos ni cuerpos de agua.

#### 13. Consideraciones relativas a la eliminación

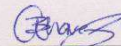
*Producto:* Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

*Para compuestos de molibdeno en general:* letal para peces desde los 25 mg/L.

*Embalaje:* Los envases de productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

---

Revisado por: Licda. Ana Beatriz Chávez



Firma

Aprobado por: Lic. Alex López



Firma

Lugar y fecha: Guatemala, 25 de junio de 2012

Anexo 13: MSDS del reactivo No.3 Ácido sulfúrico 1.25 M utilizado en analizador de sílice



Vía Fernández de Córdova  
Plaza Agora Local No.2  
Panamá, Panamá

6 calle 7-25 zona 2  
PBX (502) 2323-1212  
Guatemala, Guatemala

11 Av. Norte Bis No. 513  
PBX (503) 2222-6680  
San Salvador, El Salvador

## Ficha de Datos de Seguridad

### 1. Identificación de la sustancia y de la empresa

*Identificación de la sustancia:*

Código: t6023

Denominación: ***Análisis de Silicio de bajo rango  
Solución de ácido sulfúrico  
1.25M***

*Identificación de la empresa:*

Empresa: RGH 6 calle 7-25 zona 2, ciudad de Guatemala

TEL: (502) 2323-1212

Información toxicológica:

CIAT Guatemala

TEL: (502) 2230-0807

### 2. Composición/información sobre los componentes

Solución acuosa.

*Componente peligroso:* ácido sulfúrico

*Otros componentes:* ácido cítrico monohidrato

### 3. Identificación de peligros

Provoca quemaduras graves.

### 4. Primeros auxilios

*Tras inhalación:* aire fresco. Llamar al médico.

*Tras contacto con la piel:* lavar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada. Solicitar ayuda médica.

*Tras contacto con los ojos:* aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos por al menos 10 minutos. Llamar al oftalmólogo.

*Tras ingestión:* beber varios litros de agua. No efectuar medidas de neutralización. Llamar al médico.

### 5. Medidas de lucha contra incendios

*Medios de extinción adecuados:*

Adaptar a los materiales en el entorno.

*Riesgos especiales:*

Incombustible. Posibilidad de formación de hidrógeno gaseoso por incendio en el entorno y por contacto con metales, con riesgo de explosión. En caso de incendio pueden producirse sulfóxidos.

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:*

Permanencia en el área de riesgo sólo con ropa protectora adecuada y con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Referencias adicionales:*

Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos. Enfriar los recipientes con rociado de agua desde una distancia segura. Precipitar los vapores emergentes con agua.

**6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental***Medidas de precaución relativas a las personas:*

No inhalar los vapores/aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a ventilar lugares cerrados.

*Procedimientos de protección al medio ambiente:*

No dejar ir al desagüe.

*Procedimientos de recogida/limpieza:*

Recoger con material absorbente y neutralizante (sosa cáustica diluida, cal, arena de cal o carbonato sódico). Proceder a la eliminación de los residuos. Limpiar el área.

**7. Manipulación y almacenamiento***Manipulación:*

Tomando en cuenta medidas de seguridad.

*Almacenamiento:*

Bien cerrado. Temperatura de almacenamiento de +15° C a +25° C.

*Exigencias sobre recintos de almacenaje y recipientes:*

No usar recipientes metálicos.

**8. Controles de exposición/protección personal**

*Protección respiratoria:* Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

*Protección de los ojos:* Precisa.

*Protección de las manos:* Guantes de caucho nitrilo de 0.11 mm de espesor, debiendo cumplir con las especificaciones 89/686/EEC y norma EN374

*Medidas de higiene particulares:* sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al término del trabajo.

**9. Propiedades físicas y químicas**

*Estado físico:* líquido

*Color:* incoloro

*Olor:* inodoro

*Solubilidad en agua (20°C):* soluble

**10. Estabilidad y reactividad**

*Condiciones a evitar:* Fuerte calentamiento.

*Materias a evitar:* Agua, metales, compuestos alcalinos, amoníaco, metales alcalinoterreos, soluciones de hidróxidos alcalinos, ácidos, compuestos alcalinoterreos, aleaciones metálicas, óxidos de fósforo, fósforo, hidruros, halogenuros de halógeno, halogenatos, permanganatos, nitratos, carburos, sustancias

inflamables, disolventes orgánicos, acetiluros, nitrilos, nitruros, nitrocompuestos orgánicos, anilinas, peróxidos, picratos, litio siliciuro.

*Información complementaria:* Corrosivo. Incompatible con metales, tejidos vegetales y animales.

#### 11. Información toxicológica

*Toxicidad aguda:* LC<sub>50</sub> (oral/rata): 2140 mg/kg (referido a ácido sulfúrico puro)(RTECS).

*Información adicional:* Características probables a causa de los componentes del producto:

Tras contacto con la piel: quemaduras.

Tras contacto con los ojos: quemaduras, lesiones de córnea

Tras ingestión: fuerte dolor (peligro de perforación), malestar, vómitos y diarrea. Luego de un período de latencia hay posibilidad de estrechamiento del píloro.

*Información complementaria:* El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

#### 12. Informaciones ecológicas

*Efectos ecotóxicos:* No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

*Observaciones ecológicas:*

Efectos biológicos: Efecto perjudicial en organismos acuáticos. Efecto perjudicial por desviación del pH. No produce consumo biológico de oxígeno. Corrosivo incluso en forma diluida. Existe peligro para el agua potable en caso de penetración en suelos y/o acuíferos. Posible neutralización en depuradoras.

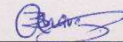
No incorporar a suelos ni cuerpos de agua.

#### 13. Consideraciones relativas a la eliminación

*Producto:* Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

*Embalaje:* Los envases de productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

Revisado por: Licda. Ana Beatriz Chávez



Firma

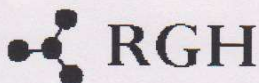
Aprobado por: Lic. Alex López



Firma

Lugar y fecha: Guatemala, 25 de junio de 2011

## Anexo 14: MSDS del reactivo No.4 Ácido ascórbico utilizado en analizador de sílice



Vía Fernández de Córdoba  
Plaza Agora Local No.2  
Panamá, Panamá

6 calle 7-25 zona 2  
PBX (502) 2323-1212  
Guatemala, Guatemala

11 Av. Norte Bis No. 513  
PBX (503) 2222-6680  
San Salvador, El Salvador

## Ficha de Datos de Seguridad

### 1. Identificación de la sustancia y de la empresa

*Identificación de la sustancia:*

Código: t6024  
Denominación: **Solución reductora Ácido ascórbico para análisis de Silicio (canal café)**

*Identificación de la empresa:*

Empresa: RGH 6 calle 7-25 zona 2, ciudad de Guatemala  
TEL: (502) 2323-1212  
Información toxicológica: CIAT Guatemala  
TEL: (502) 2230-0807

### 2. Composición/información sobre los componentes

Ácido ascórbico, etilendiamintetracetato sódico, ácido fórmico, agua ultrapura.

### 3. Identificación de peligros

Irritante y levemente corrosivo.

### 4. Primeros auxilios

*Tras inhalación:* aire fresco.

*Tras contacto con la piel:* lavar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.

*Tras contacto con los ojos:* lavar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos. En caso necesario llamar al oftalmólogo.

*Tras ingestión:* beber abundante agua. En caso de malestar llamar al médico.

### 5. Medidas de lucha contra incendios

*Medios de extinción adecuados:*

Agua, CO<sub>2</sub>, espuma y polvo.

*Riesgos especiales:*

Combustible. En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:*

Permanencia en el área de riesgo sólo con ropa protectora adecuada y con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel

mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Referencias adicionales:*

Precipitar los vapores emergentes con agua. Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

**6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**

*Medidas de precaución relativas a las personas:*

Evitar la formación de polvo, no inhalar el polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a ventilar lugares cerrados.

*Procedimientos de protección al medio ambiente:*

No dejar ir al desagüe.

*Procedimientos de recogida/limpieza:*

Recoger en seco y proceder a la eliminación de los residuos. Limpiar el área.

**7. Manipulación y almacenamiento**

*Manipulación:*

Almacenar protegido de disolventes. Sin otras exigencias.

*Almacenamiento:*

Bien cerrado. Seco. Temperatura de almacenamiento sin limitaciones.

*Exigencias sobre recintos de almacenaje y recipientes:*

No usar recipientes metálicos.

**8. Controles de exposición/protección personal**

*Protección respiratoria:* Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

*Protección de los ojos:* Precisa.

*Protección de las manos:* Guantes de caucho nitrilo de 0.11 mm de espesor, debiendo cumplir con las especificaciones 89/686/EEC y norma EN374

*Medidas de higiene particulares:* sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al término del trabajo.

**9. Propiedades físicas y químicas**

*Estado físico:* polvo

*Color:* blanco

*Olor:* inodoro

*Solubilidad en agua (20°C):* 1330 g/l

**10. Estabilidad y reactividad**

*Condiciones a evitar:* Calentamiento fuerte.

*Materias a evitar:* Posibles reacciones violentas con metales, oxidante, bases, reductores.

*Información complementaria:* Materiales inadecuados: metales, aleaciones metálicas.

**11. Información toxicológica**

*Toxicidad aguda:* LC<sub>50</sub> (oral/rata): 11900 mg/kg (RTECS) para el ácido ascórbico  
1100 mg/kg (RETCS) para ácido fórmico  
2000 mg/kg (RETCS) para edta

*Síntomas específicos en ensayos sobre animales:*

Solamente existen datos para las sustancias puras:

Ensayo de irritación ocular (conejo): Fuerte irritación (literatura).

Ensayo de irritación cutánea (conejo): Irritación (literatura).

*Toxicidad subaguda a crónica:*

No hay información.

*Información adicional:*

No hay información.

*Información complementaria:* No pueden excluirse otras características peligrosas. El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

**12. Informaciones ecológicas**

*Biodegradabilidad:* Fácilmente eliminable.

*Efectos ecotóxicos:*

*Efectos biológicos:* efecto perjudicial por desviación de pH.

*Concentración tóxica límite:*

Tóxico para vida acuática.

*Observaciones ecológicas:*

No hay información.

Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no deben esperarse problemas ecológicos.

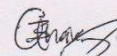
**13. Consideraciones relativas a la eliminación**

*Producto:* Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

*Embalaje:* Los envases de productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

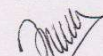
---

**Elaborado por:** Licda. Ana Beatriz Chávez



Firma

**Aprobado por:** Lic. Alex López



Firma

**Lugar y fecha:** Guatemala, 27 de octubre de 2010

---

## Anexo 15: MSDS del Solución limpiadora ó cero utilizado en analizador de sílice



Vía Fernández de Córdova  
Plaza Agora Local No.2  
Panamá, Panamá

6 calle 7-25 zona 2  
PBX (502) 2323-1212  
Guatemala, Guatemala

11 Av. Norte Bis No. 513  
PBX (503) 2222-6680  
San Salvador, El Salvador

## Ficha de Datos de Seguridad

### 1. Identificación de la sustancia y de la empresa

*Identificación de la sustancia:*

Código: t6025

Denominación: ***Análisis de silicio de bajo rango Solución rinse***

*Identificación de la empresa:*

Empresa: RGH 6 calle 7-25 zona 2, ciudad de Guatemala

TEL: (502) 2323-1212

Información toxicológica:

CIAT Guatemala

TEL: (502) 2230-0807

### 2. Composición/información sobre los componentes

Solución acuosa de hidróxido de sodio estabilizada con aedt.

*Componente peligroso:* Hidróxido de sodio, contenido: < 5%.

### 3. Identificación de peligros

Puede provocar quemaduras.

### 4. Primeros auxilios

*Tras inhalación:* aire fresco. Llamar al médico.

*Tras contacto con la piel:* Lavar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.

*Tras contacto con los ojos:* Lavar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos durante 10 minutos). Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

*Tras ingestión:* beber abundante agua (hasta varios litros). Evitar el vómito (riesgo de perforación). Llamar inmediatamente al médico. No efectuar medidas de neutralización.

### 5. Medidas de lucha contra incendios

*Medios de extinción adecuados:*

Adaptar a los materiales en el entorno.

*Riesgos especiales:*

Incombustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:*  
Permanencia en el área de riesgo sólo con ropa protectora adecuada y con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Referencias adicionales:*  
Evitar la penetración del agua de extinción en cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

#### **6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**

*Medidas de precaución relativas a las personas:*  
No inhalar los vapores/aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a ventilar lugares cerrados.

*Procedimientos de protección al medio ambiente:*  
No dejar ir al desagüe.

*Procedimientos de recogida/limpieza:*  
Recoger con material absorbente y neutralizante. Proceder a la eliminación de los residuos. Lavar el área.

#### **7. Manipulación y almacenamiento**

*Manipulación:*  
Sin otras exigencias.

*Almacenamiento:*  
Bien cerrado. Temperatura de almacenamiento sin limitaciones.

*Exigencias sobre recintos de almacenaje y recipientes:*  
No usar recipientes de aluminio, estaño o zinc.

#### **8. Controles de exposición/protección personal**

*Protección respiratoria:* Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.  
*Protección de los ojos:* Precisa.  
*Protección de las manos:* Guantes de caucho nitrilo de 0.11 mm de espesor, debiendo cumplir con las especificaciones 89/686/EEC y norma EN374.  
*Otras medidas de protección:* Ropa protectora correspondiente.  
*Medidas de higiene particulares:* Sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al terminar el trabajo.

#### **9. Propiedades físicas y químicas**

*Estado físico:* líquido  
*Color:* incoloro  
*Olor:* inodoro  
*Solubilidad en agua (20°C):* soluble

**10. Estabilidad y reactividad**

*Condiciones a evitar:* Calentamiento fuerte.  
*Materias a evitar:* Metales (formación de hidrógeno). Compuestos de amonio (formación de amoniaco). Ácidos.

*Información complementaria:* Materiales inadecuados: metales, aleaciones metálicas.

**11. Información toxicológica**

*Toxicidad aguda:* No nos constan datos cuantitativos sobre la toxicidad de este producto.

*Información adicional:* Características probables a causa de los componentes del producto:

*Tras inhalación:* quemadura de las mucosas.

*Tras contacto con la piel:* quemaduras, necrosis.

*Tras contacto con los ojos:* quemaduras, necrosis. Riesgo de daño a la visión.

*Tras ingestión:* quemaduras en la boca, faringe, esófago y tracto gastrointestinal. Existe riesgo de perforación del intestino y del esófago.

*Efectos sistémicos:* colapso, muerte.

*Información complementaria:* El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

**12. Informaciones ecológicas**

*Efectos ecotóxicos:* Efecto tóxico sobre peces y plancton por desviación del pH. Posible mortandad de peces. No produce consumo biológico de oxígeno. Posible neutralización en depuradoras.

*Observaciones ecológicas:*

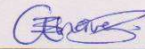
No incorporar a suelos ni a acuíferos.

**13. Consideraciones relativas a la eliminación**

*Producto:* Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

*Embalaje:* Los envases de productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

Revisado por: Licda. Ana Beatriz Chávez



Firma

Aprobado por: Lic. Alex López



Firma

Lugar y fecha: Guatemala, 25 de junio de 2012

## Anexo 16: MSDS del Buffer de calibración utilizado en analizador de sílice



Vía Fernández de Córdova  
Plaza Agora Local No.2  
Panamá, Panamá

6 calle 7-25 zona 2  
PBX (502) 2323-1212  
Guatemala, Guatemala

11 Av. Norte Bis No. 513  
PBX (503) 2222-6680  
San Salvador, El Salvador

## Ficha de Datos de Seguridad

### 1. Identificación de la sustancia y de la empresa

*Identificación de la sustancia:*

Código: t6026

Denominación: ***Solución estándar de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) 200 ppb***

*Identificación de la empresa:*

Empresa: RGH 6 calle 7-25 zona 2, ciudad de Guatemala

TEL: (502) 2323-1212

Información toxicológica:

CIAT Guatemala

TEL: (502) 2230-0807

### 2. Composición/información sobre los componentes

Solución acuosa de dióxido de silicio.

### 3. Identificación de peligros

Componente no peligroso.

### 4. Primeros auxilios

*Tras inhalación:* aire fresco.

*Tras contacto con la piel:* Lavar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.

*Tras contacto con los ojos:* Lavar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos durante 10 minutos).

*Tras ingestión:* beber un par de vasos de agua. En caso de molestia, llamar al médico.

### 5. Medidas de lucha contra incendios

*Medios de extinción adecuados:*

Adaptar a los materiales en el entorno.

*Riesgos especiales:*

No combustible.

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:*  
Evitar la inhalación del polvo. Evacuar área de peligro.

*Referencias adicionales:*

Evitar la penetración del agua de extinción en cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

#### **6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**

*Medidas de precaución relativas a las personas:*

No inhalar el polvo.

*Procedimientos de protección al medio ambiente:*

No dejar ir al desagüe.

*Procedimientos de recogida/limpieza:*

Recoger en seco. Proceder a la eliminación de los residuos. Lavar el área.

#### **7. Manipulación y almacenamiento**

*Manipulación:*

Sin otras exigencias.

*Almacenamiento:*

Bien cerrado. Temperatura entre +15°C y +25°C.

*Exigencias sobre recintos de almacenaje y recipientes:*

No usar recipientes de aluminio, estaño o zinc.

#### **8. Controles de exposición/protección personal**

*Protección respiratoria:* Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

*Protección de los ojos:* Precisa.

*Protección de las manos:* Guantes de caucho nitrilo de 0.11 mm de espesor, debiendo cumplir con las especificaciones 89/686/EEC y norma EN374.

*Otras medidas de protección:* Ropa protectora correspondiente.

*Medidas de higiene particulares:* Sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al terminar el trabajo.

#### **9. Propiedades físicas y químicas**

*Estado físico:* líquido

*Color:* incoloro

*Olor:* inodoro

*Solubilidad en agua (20°C):* soluble

#### **10. Estabilidad y reactividad**

*Condiciones a evitar:* Información no disponible.

*Materias a evitar:* Información no disponible.

*Información complementaria:* Reacción exotérmica con: haluros de hidrógeno, halogenóxidos, hidróxidos alcalinos, sodio, hexafluoruros de xenón.

**11. Información toxicológica**

*Toxicidad aguda:* No nos constan datos cuantitativos sobre la toxicidad de este producto.

*Información adicional:* No consta una descripción de síntomas tóxicos.

*Información complementaria:* El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

**12. Informaciones ecológicas**

*Efectos ecotóxicos:*

Toxicidad cutánea aguda (conejo/en base a sustancia pura): >5.000mg/kg. Sin irritación de la piel ni ojos.

Test de sensibilidad negativo.

No se considera sustancia tóxica específica para órganos blanco.

Respetar siempre las prácticas de seguridad.

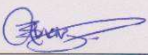
**13. Consideraciones relativas a la eliminación**

*Producto:* Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.


*Embalaje:* Los envases de productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

---

Revisado por: Licda. Ana Beatriz Chávez

  
Firma

Aprobado por: Lic. Alex López

  
Firma

Lugar y fecha: Guatemala, 25 de junio de 2012



## XII. GLOSARIO

**Ajustar:** Procedimiento mecánico, óptico, electrónico y software mediante el cual se busca llevar el instrumento a las especificaciones técnicas del fabricante.

**Calibrar:** Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición o un sistema de medición o valores representados por una medida materializada, y los valores correspondientes conocidos de una magnitud medida.

**Electrolito.** Solutos que producen soluciones conductoras tales como el NaCl –cloruro de sodio– y el NH<sub>4</sub>OH.

**Gel.** Tipo de mezcla en la cual un líquido se encuentra disperso a través de un sólido. Ejemplos: jaleas, gelatinas.

**Ión.** Cuando un átomo neutro gana o pierde un electrón, forma una partícula a la que se conoce con el nombre de ión. Si el átomo pierde un electrón, se convierte en un ión de carga positiva y se le denomina catión. Si el átomo gana o captura un electrón, se convierte en un ión de carga negativa y se le denomina anión.

**Mol.** Cantidad de cualquier sustancia cuya masa, expresada en gramos, es numéricamente igual a la masa atómica de dicha sustancia.

**Molaridad.** Como el número de moles (M) de una sustancia en un litro de solución. (Número de moles de soluto en un litro (l) de solución). El paréntesis cuadrado alrededor del símbolo del ión indica que se trata de una concentración molar.

**Solución.** Mezcla físicamente homogénea de dos o más sustancias, cuyas partes son muy pequeñas para diferenciarlas a simple vista o aun con el microscopio. La composición y demás propiedades de la solución son iguales en todas sus partes.

**Buffer.** Solución que mantiene un valor constante y conocido de una variable de medición.

