

MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO DE LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	5
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	5
CALIBRACIÓN.....	5
VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN.....	6
PRUEBAS DE OPERATIVIDAD.....	6
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	6
INDICE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	6
MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	7
AUTOCLAVE.....	8
BAÑO MARIA.....	14
BALANZAS.....	15
CAMPANA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA.....	17
CENTRÍFUGA.....	20
CROMATOGRAFO DE GASES.....	25
ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	29
ESPECTROFÓMETRO.....	32
ESTUFA DE SECADO.....	39

INCUBADORA.....	43
MICROSCOPIOS.....	47
PLATO CALIENTE CON AGITADOR.....	51
POTENCIÓMETRO.....	53
REFRIGERADOR.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	61

MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO DE LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

INTRODUCCIÓN

Una vez que el equipo está instalado y en funcionamiento, es necesario mantenerlo y llevar un registro. El modo de hacerlo dependerá en cierta medida del sistema administrativo que se aplique en el laboratorio. En un laboratorio autónomo, habrá un programa integral de mantenimiento del equipo, en el que se especificarán los criterios aplicables al funcionamiento de cada instrumento, las medidas que habrán de tomarse si un instrumento no satisface esos criterios y el mantenimiento periódico que ha de efectuar el personal del laboratorio o un servicio técnico externo, así como un cuaderno en el que se registrarán las comprobaciones, los defectos de funcionamiento y las reparaciones. En este cuaderno podrá anotarse también con qué frecuencia se utiliza un instrumento y quién lo utiliza. Una característica bastante evidente de este sistema es que cada instrumento está bajo la responsabilidad de un empleado determinado.

Cuando el instrumento pueda someterse a una calibración física, el cuaderno incluirá anotaciones al respecto. Estas anotaciones comprenderán, por ejemplo, las comprobaciones periódicas de la calibración de la longitud de onda y la absorbencia de los espectrofotómetros. En el caso de ciertos tipos de equipo espectroscópico, puede ser conveniente llevar a cabo comprobaciones periódicas de la sensibilidad y resolución utilizando una disolución patrón de una sustancia química apropiada. Por lo que respecta a muchas determinaciones analíticas, podrán aplicarse diariamente una serie de normas como parte de la calibración de todo el método; sus resultados permitirán una comprobación indirecta de los instrumentos.

En la mayoría de los casos se designará a una o más personas para que mantengan y calibren determinadas piezas del equipo, las cuales firmarán en el libro de registro, dando fe de cualesquiera cambios o calibraciones efectuados en el equipo. Tan pronto como se observe que un instrumento necesita una reparación o calibración, deberá colocarse en él una etiqueta que indique que no ha de utilizarse para los análisis. La etiqueta que identifica al instrumento inutilizable sólo se retirará una vez que éste se haya reparado y comprobado de nuevo a satisfacción del jefe del laboratorio o del jefe del departamento. Se hará constar el defecto y su origen, la reparación y la nueva calibración. De este modo se dispondrá de un registro básico del estado del equipo, así como de una relación actualizada de cualesquiera averías graves y sistemáticas del mismo. Cada equipo debe contar con su ficha técnica.

El plan elegido para el mantenimiento, calibración y reparación del equipo dependerá de diversos factores. Se puede recurrir a la contratación de servicios extremos, pero éstos suelen ser costosos y el plazo para atender las solicitudes de reparación puede ser excesivamente largo. Si en el laboratorio se dispone de cierta

pericia, puede que sea conveniente complementarla cuando se adquieren nuevos instrumentos; a menudo las condiciones de compra incluyen la capacitación intensiva en el mantenimiento y reparación, junto con el acceso a un número de teléfono para recibir asesoramiento técnico sobre detección y reparación de averías. Esto permite a menudo diagnosticar el problema y sustituir los componentes defectuosos sin el gasto y la demora que a veces implica la llamada a un servicio técnico. Al tomar decisiones relativas a la selección de los instrumentos que han de comprarse, se sopesará, por un lado, el costo y la disponibilidad de tales servicios, y por otro, el grado en que la producción del laboratorio depende de una reparación rápida en caso de que un instrumento no pueda utilizarse. También habrá que tener en cuenta la necesidad de comprar en ese momento una serie de piezas de repuesto cuidadosamente elegidas, para no tener que recabar la aprobación y esperar la entrega cuando se produce una avería.

OBJETIVO GENERAL

Ampliar la vida útil y mantener en óptimo estado de funcionamiento los equipos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

*Evitar las paradas imprevistas no programadas de los servicios asistenciales de los laboratorios y causar molestias en nuestros usuarios potenciales por equipos paralizados.

*Mantener un alto índice de operatividad de los equipos.

*Fomentar y concientizar la cultura del Mantenimiento Preventivo, el cual permitirá realizar grandes ahorros al departamento.

*Disminuir retrasos en el trabajo del laboratorio, aumentar eficiencia y eficacia en el servicio que ofrece el departamento en esta área.

*Realizar y mantener el inventario actualizado de los equipos, información que contribuirá en la toma de decisiones.

*Elaboración de fichas técnicas y registros históricos donde se registrarán información relevante del estado situacional, ubicación, repuestos de alta rotación, número de intervenciones, tiempo de antigüedad, marca, modelo, serie, código los equipos.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar la posibilidad de falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención del trabajo de laboratorio, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, productividad, etc. Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, pruebas de esterilidad, etc.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de las fallas del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que éstas ocurran. El mantenimiento preventivo debe evitar las fallas en el equipo antes de que éstas ocurran.

El mantenimiento preventivo de los equipos debe considerar un proceso, el cual tiene como objetivo principal mantener en buen estado de funcionamiento los equipos o instrumentos, se define también como el conjunto de acciones técnicas administrativas que se realizan para el cuidado e inspección sistemático de un equipo o instrumento con el propósito de mantenerlo en buen estado de funcionamiento, evitar y detectar fallas menores antes que éstas se conviertan en mayores. La aplicación del mantenimiento preventivo permite que los equipos puedan ser usados de manera permanente o cuando sea requerido su uso para un procedimiento específico, eliminando los posibles riesgos de paralización prolongada o paralización total de la asistencia y atraso en las prácticas programadas en las diferentes materias que cursan los alumnos de agronomía.

El programa de mantenimiento preventivo se basa en la ejecución periódica de actividades tales como inspecciones mensuales, semanales, diarias, lubricación, limpieza, calibración, cambio de accesorios, repuestos, componentes o algún otro tipo de elemento que permita que el equipo funcione eficientemente.

CALIBRACIÓN

La calibración consiste en comparar los resultados obtenidos producto del proceso realizado con los patrones o estándares internacionales o normados, actividad que se hace a través de equipos, instrumentos, patrones o estándares.

VERIFICACIÓN O INSPECCIÓN

Consiste en hacer un examen minucioso en forma visual y mediante elementos de medición de cada una de las partes y componentes del equipo con el fin de comprobar que el estado de funcionamiento es el óptimo y que está de acuerdo con las características y condiciones técnicas de construcción y operación dadas por los fabricantes

PRUEBAS DE OPERATIVIDAD.

Las pruebas de operatividad consisten en efectuar inspecciones visuales integrales y de funcionamiento, siguiendo normas y procedimientos emitido por institutos, organismos, o asociaciones dedicados a la reglamentación de la construcción y calidad de los equipos con el fin de verificar la eficiencia y seguridad de estos. Los estándares de calidad y funcionamiento son dados por los mismos fabricantes o por las organizaciones dedicadas a dar los lineamientos sobre la calidad, uso y seguridad de los equipos, en especial sobre la seguridad eléctrica al usuario y al mismo equipo.

LIMPIEZA

Consiste en la remoción de elementos extraños o nocivos en la estructura externa o componentes del equipo, incluye también parte interna.

LUBRICACIÓN

Es la acción por medio de la cual se aplica un elemento viscoso entre cuerpos rígidos y móviles con el fin de reducir la fricción y el desgaste de las partes.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Son pruebas que se efectúan a cada equipo para determinar si el funcionamiento de este está de acuerdo con las características de rendimiento y seguridad establecidas en el diseño y fabricación de aquel. Los equipos que no reúnan estas exigencias se consideran no aptos para la prestación del servicio, las pruebas debe realizarlas el personal especializado en cada uno de los diferentes equipos.

INDICE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El resultado de este indicador se puede comparar con la siguiente escala de calificación:

Eficiente: Más del 90 % de operatividad

Admisible: Entre el 70 % al 90 % de operatividad

Deficiente: Menos de 70 % de operatividad

Se debe mantener una tendencia ascendente, lo cual significa una recuperación progresiva de la operatividad de los equipos. La tendencia descendente indica que se han malogrado algunos equipos y no hubo rapidez de atención para recuperarlos, en este caso se debe analizar los factores que no han permitido dicha recuperación (falta de repuestos, contratación de terceros, etc.)

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En el mantenimiento correctivo de los equipos se debe considerar un proceso, el cual tiene como objetivo principal restablecer de una manera eficiente todos los parámetros iniciales de funcionamiento de los equipos, este proceso tiene actividades técnico administrativos, las cuales deben garantizar de manera oportuna las herramientas, instrumentos, repuestos y accesorios a fin de desarrollarlo en el plazo determinado.

Existen dos tipos de mantenimiento correctivo:

El primero es el mantenimiento correctivo imprevisto no programado, el cual sucede cuando no se han tomado las medidas de prevención pertinentes o por alguna causa fuera de lo normalmente predecible.

El mantenimiento correctivo programado es aquella actividad que previamente se ha planificado ejecutarla.

AUTOCLAVE

El autoclave es un equipo que demanda supervisión y mantenimiento preventivo permanente, debido a la gran cantidad de componentes y tecnologías que lo integran.

Se enfoca el mantenimiento hacia aquellas rutinas básicas que pueden realizar los operadores del equipo. Para realizar el mantenimiento detallado, deberán seguirse las instrucciones definidas en los manuales de servicio de los fabricantes.

Verificaciones diarias

Antes de iniciar los procesos de esterilización, deberán realizarse las siguientes verificaciones:

1. Colocar una nueva plantilla o carta en el dispositivo de registro, para documentar el desarrollo del ciclo de esterilización.
2. Controlar que las plumillas registradoras disponen de tinta.
3. Asegurar que las válvulas de suministro de agua fría, aire comprimido y vapor estén abiertas.
4. Accionar el interruptor que permite calentar la camisa de la autoclave. Este control, al activarse, permite el ingreso de vapor a la camisa de la cámara de esterilización. Al ingresar el vapor, empieza el proceso de calentamiento de la cámara de esterilización. Mantener la puerta de la autoclave cerrada hasta el momento que se coloque la carga a esterilizar, para evitar pérdidas de calor.
5. Verificar que la presión de la línea de suministro de vapor sea de al menos 2,5 bares.
6. Comprobar el estado de los manómetros y de los termómetros.
7. Controlar que no se presenten fugas de vapor en ninguno de los sistemas que operan en la autoclave.
8. Limpiar con un trapo húmedo el frente de la autoclave: controles, indicadores, manijas.

Mantenimiento semanal

Responsable: Operador del equipo

1. Limpiar el filtro del drenaje de la cámara de esterilización. Retirar cualquier residuo retenido en él.
2. Limpiar internamente la cámara de esterilización, utilizando productos de limpieza que no contengan cloro. Incluir en la limpieza las guías de las canastas usadas para colocar los paquetes.
3. Limpiar con una solución acetificada, si se esterilizan soluciones con cloro. El cloro causa corrosión incluso en implementos de acero inoxidable. Lavar a continuación con agua abundante.
4. Limpiar las superficies externas inoxidables con un detergente suave. Eventualmente, podría utilizarse un solvente como el cloro etileno, procurando que este no entre en contacto con superficies que tengan recubrimientos de pintura, señalizaciones o cubiertas plásticas.
5. En autoclaves con puerta de accionamiento manual, verificar que los mecanismos ajustan bien y que su operación es suave.
6. Drenar el generador de vapor (en equipos que disponen de este accesorio). Para esto se abre una válvula, ubicada en la parte inferior del generador, que permite extraer su contenido. Por lo general, se hace al finalizar las actividades de la semana. Seguir las recomendaciones que para este propósito indica el fabricante del equipo.
7. Nunca utilizar lana de acero para limpiar internamente la cámara de esterilización.

Mantenimiento trimestral.

Responsable: Técnico del autoclave

1. Accionar manualmente las válvulas de seguridad para verificar que se encuentren operando bien. Utilizar un destornillador largo para remover la palanca de accionamiento, ubicada normalmente en la parte superior de la válvula. Comprobar que el rostro y demás partes del cuerpo no se encuentren en el camino del vapor. Una vez accionada la válvula, controlar que no quedan escapes de vapor. Si queda algún escape, debe accionarse de nuevo la válvula hasta que selle bien.

ADVERTENCIA: Si se permite que en la válvula de seguridad queden escapes de vapor, estos deteriorarán rápidamente el sello y se tendrá que sustituir toda la válvula.

2. Lubricar el empaque de la puerta. Utilizar el lubricante y el procedimiento recomendados por el fabricante del equipo. Algunos fabricantes recomiendan el siguiente procedimiento:
 - a) Retirar el empaque. Para esto es necesario desmontarlo de la ranura, aflojando los mecanismos de retención (tornillos y placas).
 - b) Limpiar con alcohol el empaque y la ranura para que no exista material extraño que pueda afectar el sello. La superficie del empaque deberá quedar suave y limpia.
 - c) Aplicar el lubricante recomendado por el fabricante al cuerpo del sello hasta que quede perfectamente protegido. Muchos fabricantes de autoclaves utilizan un lubricante de grafito, resistente a altas temperaturas.
 - d) Reinstalar el empaque. En autoclaves de cámara rectangular, normalmente, se instala colocando el empaque en la mitad de una de las caras de la ranura de montaje y ajustando el resto del empaque hacia los lados, hasta que se ajuste bien en el interior de la ranura. Este mismo procedimiento se efectúa a continuación en cada una de las caras restantes.
En autoclaves de cámara redonda se inicia el montaje del empaque en la parte superior y se ajusta progresivamente en la ranura, sin templarlo, hasta que la totalidad del empaque se encuentre instalado. A continuación, se ajustan los elementos de montaje.
3. Verificar que los sellos de las válvulas de seguridad se encuentren en buen estado.
4. Limpiar las puntas del sistema de registro con agua y alcohol y reponer los niveles de tinta. Por lo general, con tinta roja se registra la presión y con tinta verde, la temperatura.
5. Limpiar el interior del generador de vapor. (Para equipos que disponen de este accesorio). El procedimiento de limpieza del generador de vapor conlleva a realizar las siguientes acciones:
 - a) Desconectar el suministro eléctrico al equipo.
 - b) Descargar la presión de vapor y esperar a que la temperatura se estabilice con la del medio ambiente.
 - c) Remover la cubierta frontal del generador.
 - d) Desconectar los terminales eléctricos, de las resistencias calefactoras (de inmersión).
 - e) Retirar los tornillos que aseguran la placa frontal, donde están instaladas las resistencias calefactoras, y desmontar la placa frontal.
 - f) Revisar el empaque y sustituirlo si es necesario.

- g) Remover la suciedad que se encuentre acumulada en la superficie de las resistencias calefactoras. Utilizar productos recomendados para desincrustar dichos elementos.

- h) Ensamblar nuevamente siguiendo un orden inverso al presentado.

El esquema que se incluye a continuación muestra el generador de vapor y sus componentes.

Frecuencia: anual

Responsable: Técnico del autoclave

1. Limpiar todos los filtros.

2. Comprobar y ajustar el nivel del tanque de alimentación de agua, para que se encuentre dentro de los 20 mm del máximo nivel.

3. Verificar y ajustar la tensión de los resortes de las válvulas de diafragma.

4. Desmontar, limpiar y ajustar las válvulas de seguridad.

5. Cambiar el filtro de aire.

6. Efectuar un proceso general de esterilización comprobando en detalle: presión, temperatura, tiempos requeridos para completar cada fase del ciclo, estado de las lámparas de señalización del proceso, funcionamiento del sistema de registro. Verificar que el funcionamiento se encuentre dentro de las tolerancias definidas por el fabricante.

7. Efectuar, adicionalmente, las mismas rutinas recomendadas cada tres meses.

Mantenimiento de componentes especializados

Se incluyen, a continuación, algunas rutinas especializadas que se aplican a componentes del equipo cuando requieren servicio técnico.

Dado que las autoclaves disponen de múltiples alternativas y diseños, las rutinas aquí estipuladas podrían ser aplicables solo a determinados equipos.

Mantenimiento de válvulas solenoides

1. Verificar el sonido que emiten las bobinas o solenoides (*humming* en lengua inglesa). El ruido excesivo es una advertencia de sobrecalentamiento, debido a corrientes eléctricas anormalmente altas a través del solenoide.

La corriente alterna aumenta cuando la impedancia [Z] del circuito disminuye, esto sucede cuando el solenoide no se encuentra adecuadamente rodeado por un circuito cerrado de hierro. Un espacio de aire en el circuito magnético puede ser causado por suciedad, que evita que la armadura alcance su posición final cuando el solenoide está energizado.

Limpiar cuidadosamente los alojamientos de la bobina y su núcleo, para no interferir al pistón en su desplazamiento por alguna clase de suciedad.

2. Reemplazar los sellos tipo anillo –o *rings*– existentes entre el solenoide y el cuerpo de la válvula, cuando estos elementos hayan sido desensamblados.

3. Antes de realizar cualquier desensamblaje, comprobar cuál es la posición en que se encuentra instalada la válvula solenoide. Algunas poseen indicaciones claras sobre cómo van instaladas, pero otras carecen de tal información.

4. Cuando se desmonta una válvula solenoide servoasistida, controlar en qué posición se encuentran los orificios que la comunican con el medio de trabajo, para poder ensamblar de nuevo cuando se efectúe el ensamble de la válvula.

Limpeza del filtro de vapor

Advertencia: Antes de desensamblar el filtro de vapor, disipar la presión de vapor en el sistema.

1. Alojarse la tapa.
2. Retirar la malla.
3. Limpiar cuidadosamente.
4. Reinstalar la malla.
5. Colocar nuevamente la tapa.

Tabla de solución de problemas

Dada la diversidad de marcas, modelos y tecnología disponibles, es conveniente que los usuarios sigan las instrucciones contenidas en los manuales de uso de las autoclaves instalados en el servicio.

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
El testigo de esterilización no indicó la finalización exitosa del ciclo de esterilización.	Cámara de esterilización mal cargada o cargada en exceso.	Revisar distribución de la carga. Revisar cantidad de carga. Ajustar de acuerdo a las recomendaciones del

		fabricante.
	Trampa de vapor defectuosa.	Revisar trampa de vapor. Reparar o sustituir.
	Tiempo de esterilización inadecuado.	Revisar tiempo de esterilización. Ajustar al tipo de ciclo.
	No se alcanzó la temperatura y la presión de esterilización seleccionada.	Revisar selección de temperatura. Revisar presión de vapor correspondiente al ciclo seleccionado.
		Revisar posibles fugas de vapor en la puerta –empaquetado– o en los dispositivos de control de paso.
	Penetración de vapor insuficiente.	Reducir la cantidad de paquetes a ser esterilizados; esto permite un mejor flujo del vapor.
	Pretratamiento defectuoso. Ha quedado demasiado aire dentro de la cámara.	Solicitar servicio técnico especializado para revisar el sistema de vacío.
	Indicador biológico mal seleccionado para el ciclo realizado.	Revisar especificaciones de uso del indicador biológico. Repetir el ciclo de esterilización.
Se interrumpe el ciclo de esterilización sin razón aparente.	Presiones de vapor, agua o aire inadecuadas. En consecuencia, no se accionan los dispositivos de regulación y control servoasistidos.	Revisar presiones de alimentación de vapor, agua o aire. Ajustar sistemas de regulación.
Material esterilizado sale húmedo.	Trampa de vapor defectuosa.	Revisar/limpiar trampa de vapor. Sustituir trampa.
	Drenaje de la cámara de esterilización obstruido.	Revisar sistema de drenaje. Limpiar.
	Autoclave demasiado cargado.	Reducir la cantidad de carga en la cámara. Repetir el ciclo de esterilización.
	El autoclave no está bien nivelado.	Nivelar el autoclave.
El indicador biológico es positivo.	Indicador biológico mal seleccionado.	Utilizar un indicador biológico de otro lote o fabricante. Registrar cuidadosamente los parámetros.
Presión de vapor demasiado baja.	Empaque de la puerta defectuoso.	Revisar el empaque; reemplazar el empaque.
	Fuga de vapor interna en otro dispositivo del autoclave.	Revisar trampas, electroválvulas, etc.
Presión de vapor excesiva.	Autoclave demasiado cargado con material textil.	Reducir la carga del autoclave.
	Autoclave descalibrado.	Calibrar el autoclave.

BAÑO MARÍA

Los baños maría son equipos que no son muy exigentes desde el punto de vista de mantenimiento. Las rutinas recomendadas están principalmente enfocadas a la limpieza de los componentes externos.

A continuación, se señalan las rutinas de limpieza más comunes.

Frecuencia: Mensual

1. Apagar y desconectar el equipo. Esperar a que el mismo se enfríe para evitar riesgos de quemaduras accidentales.
2. Extraer el fluido utilizado para el calentamiento. Si es agua, puede verterse a un sifón. Si es aceite, recolectar en un recipiente con capacidad –volumen– adecuada.
3. Retirar la rejilla de difusión térmica que se encuentra ubicada en el fondo del tanque.
4. Limpiar el interior del tanque con un detergente suave. Si se presentan indicios de corrosión, existen en el mercado sustancias para limpiar el acero inoxidable. Frotar suavemente con esponjas sintéticas o equivalentes. Evitar la utilización de lana de acero para remover manchas de óxido, debido a que las mismas dejan partículas de acero que podrían acelerar la corrosión.
5. Evitar doblar o golpear el tubo capilar del control de temperatura que generalmente se encuentra ubicado en el fondo del tanque.
6. Limpiar con agua limpia el exterior y el interior del baño maría.

Lubricación

Frecuencia: Diaria

Esta actividad es para baños maría que disponen de unidad o sistema de agitación. Lubricar el eje del motor eléctrico del agitador. Colocar una gota de aceite mineral en el eje, para que se mantenga una buena condición de lubricación entre los rodamientos del motor y el eje del mismo.

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIOS
No hay energía eléctrica.	Baño de María desconectado. Interruptor defectuoso. Fusible defectuoso.	Conectar baño de maría. Cambiar interruptor. Sustituir fusible.

El baño de María no calienta.	Control de temperatura desgraduado. Resistencia(s) defectuosa(s). Control límite desgraduado	Graduar control de temperatura. Cambiar resistencia(s). Graduar control límite.
La temperatura es superior a la seleccionada.	Control de temperatura defectuoso. Verificar selección de parámetros.	. Cambiar control de temperatura.
Las muestras se calientan lentamente	Tanque vacío o con muy poco fluido.	Llenar tanque hasta el nivel recomendado.
La temperatura aumenta muy lentamente.	Resistencia(s) defectuosa(s). Control de temperatura defectuoso.	Cambiar resistencia(s). Sustituir control de temperatura.

BALANZAS

La balanza se caracteriza por ser un instrumento de alta precisión. Por tal motivo las rutinas de mantenimiento a cargo del operador son mínimas y se encuentran limitadas a las siguientes:

Frecuencia: Diariamente

1. Limpiar el platillo de pesaje, para que este se encuentre libre de polvo o suciedad. La limpieza se efectúa con una pieza de tela limpia que puede estar humedecida con agua destilada. Si es necesario retirar alguna mancha, se puede aplicar un detergente suave. También se puede usar un pincel de pelo suave para remover las partículas o el polvo que se hubiesen depositado sobre el platillo de pesaje.
2. Limpiar externa e internamente la cámara de pesaje. Verificar que los vidrios estén libres de polvo.
3. Verificar que los mecanismos de ajuste de la puerta frontal de la cámara de pesaje funcionen adecuadamente. Muy importante: NUNCA LUBRICAR UNA BALANZA A MENOS QUE EL FABRICANTE LO INDIQUE EXPRESAMENTE. Cualquier sustancia que interfiera con los mecanismos de la balanza retarda su respuesta o alteran definitivamente la medida.

Tabla de solución de problemas (balanza electrónica).

PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN
La balanza no enciende	Cable de interconexión desconectado o mal ajustado en la balanza	Revisar conexión. Ajustar cable conector si es del caso.
	La toma eléctrica desenergizada	Verificar alimentación eléctrica
La lectura del peso es incorrecta.	La balanza no fue puesta en cero antes de la lectura.	Colocar en cero la balanza; repetir la medida.
	La balanza mal calibrada.	Calibrar de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante
	La balanza desnivelada.	Nivelar la balanza.
La balanza no muestra en pantalla las unidades deseadas de medida.	Unidades mal seleccionadas	Revisar el procedimiento definido por el fabricante para seleccionar la unidad de medida requerida.
	La unidad requerida no habilitada.	Habilitar la unidad de medida de acuerdo al procedimiento definido por el fabricante.
No se puede cambiar la configuración del menú de la balanza.	El menú puede estar bloqueado.	Verificar si el interruptor de bloqueo está activado. Desactivar si es del caso.
La lectura de la balanza es inestable	Vibración en la superficie del mesón.	Colocar la balanza sobre una superficie estable.
	Puerta frontal de la balanza abierta.	Cerrar la puerta frontal para efectuar la medición
La balanza es incapaz de guardar las selecciones o cambios.	No se ha oprimido la tecla Fin, para terminar el proceso.	Verificar la forma en que se realizan los cambios o selecciones, de acuerdo con el manual del fabricante. Repetir la selección o cambio
		Apagar, esperar un momento y encender nuevamente.
La interfase RS232 no funciona.	Cable de interconexión mal ajustado.	Verificar la conexión del cable de interconexión.
La pantalla presenta lecturas incompletas o se encuentra bloqueada	Microprocesador bloqueado.	Apagar la balanza y un momento después encenderla. Si la situación persiste, solicitar servicio técnico al representante.

La pantalla presenta un código de error		Verificar los códigos de error en el manual de la balanza.
---	--	--

Por lo general, el fabricante o el representante en instalaciones especializadas realizan el mantenimiento de las balanzas, siguiendo procedimientos que varían dependiendo del tipo y modelo de balanza.

CAMPANA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

El mantenimiento general requerido por la campana de seguridad biológica es, en general, sencillo de realizar. Las rutinas y las frecuencias se muestran a continuación.

Frecuencia: Semanal

1. Descontaminar la superficie de trabajo y las superficies interiores de la campana con etanol al 70 %.
2. Limpiar el cristal de la puerta frontal y la superficie de la lámpara ultravioleta, utilizando una solución limpiadora doméstica.
3. Verificar la lectura del manómetro de presión que permite conocer la magnitud de la caída de presión del aire, que fluye a través del filtro HEPA. Registrar la fecha y la lectura en la bitácora de la campana.

Frecuencia: Mensual

1. Limpiar las superficies exteriores, en especial, el frente y la parte superior utilizando una pieza de tela húmeda, a fin de retirar el polvo.
2. Desinfectar y remover la superficie de trabajo con etanol al 70 % o una solución desinfectante adecuada.
3. Desinfectar la superficie del compartimiento inferior con etanol al 70 % o una solución desinfectante adecuada.
4. Verificar el estado de las válvulas de servicio.
5. Realizar las tareas de frecuencia semanal.

Frecuencia: Anual

1. Efectuar el proceso de certificación según lineamientos establecidos en la Norma NSF 49.
2. Verificar con un radiómetro la intensidad de la lámpara UV4. Sustituir si es del caso.
3. Comprobar el estado de la lámpara fluorescente. Sustituir si es del caso.
4. Realizar las tareas de frecuencia mensual.

Se recomienda llamar al técnico especialista para realizar estas acciones.

Cambio de la lámpara ultravioleta

Para cambiar la lámpara ultravioleta, deben seguirse las indicaciones del fabricante. Por lo general, se efectúan los siguientes procedimientos:

1. Encender la campana y dejarla funcionar durante cinco minutos.
2. Levantar la ventana frontal a su máxima posición.
3. Descontaminar las superficies interiores y la lámpara UV.
4. Desconectar la alimentación eléctrica a la campana.
5. Desencajar el tubo UV de sus conectores girándolo 90 grados; a continuación, instalar un repuesto de las mismas características del original. Algunos fabricantes han instalado las lámparas sobre una placa localizada en el frente de la cabina, que es necesario destornillar y levantar para que quede a la vista el montaje de la lámpara. Una vez hecho esto, se puede sustituir la lámpara como se indicó al inicio de este numeral.

Mantenimiento especializado. Eventualmente

La campana podría requerir mantenimiento especializado. Se indican a continuación algunos procedimientos que tendrían que ser contratados con firmas especializadas cuando se requiera y que tendrían que realizarse siguiendo las indicaciones que los productores han consignado en sus manuales de servicio técnico.

1. Certificación anual de acuerdo a los lineamientos de la Norma NSF 49.

2. Cambio de motores. Generalmente, utilizan rodamientos sellados libres de mantenimiento y funcionan por inducción mediante control de frecuencia, por lo que carecen de escobillas. Pueden trabajar años.
3. Cambio de ventiladores.
4. Cambio de filtro HEPA. La frecuencia de cambio depende de la intensidad de uso de la campana y del sistema de control ambiental que se tenga instalado en el laboratorio. Si hay un buen control de aspectos como el polvo, el filtro podría llegar a durar muchos años.
5. Reparación del sistema electrónico de control: alarmas de control de flujo, posición de la ventana, controles de velocidad.
6. Reparación / limpieza de válvulas reguladoras de flujo, ajuste de acoples tipo campana.

Tabla de solución de problemas

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
No encienden la luz ni el sistema de ventilación de la cabina.	Cabina desconectada de la toma eléctrica.	Verificar que la cabina esté conectada a una toma eléctrica y que el cable esté bien conectado en la caja eléctrica de la cabina.
	No hay alimentación eléctrica en la acometida.	Confirmar que la toma eléctrica esté energizada y que el disyuntor no esté desactivado –protección termomagnética–. Inicializar nuevamente los interruptores.
El ventilador de la cabina funciona, pero la lámpara no enciende.	Lámpara defectuosa.	Reemplazar la lámpara. Utilizar una de las mismas características de la original.
	Lámpara mal conectada.	Revisar la conexión de la lámpara. Ajustar a la posición correcta
	Protección termomagnética del disyuntor activada.	Reconectar el disyuntor.
	Alambrado de la lámpara desconectado.	Revisar alambrado de la lámpara.
	Balasto de la lámpara defectuoso.	Reemplazar balasto.
El ventilador no gira pero la luz enciende.	Ventana frontal cerrada.	Abrir la ventana hasta la posición de trabajo.
	Motor del ventilador defectuoso.	Reemplazar el conjunto motor-ventilador.
	Motor del ventilador desconectado.	Revisar las conexiones del motor

El manómetro indica un aumento en la caída de presión a través del filtro.	La retención de partículas en el filtro HEPA ha aumentado.	Proceso normal durante la vida útil del filtro.
	Bloqueo en las rejillas o ranuras de retorno.	Verificar que las rejillas no se encuentren obstruidas con algún equipo o material.
	Obstrucción en el conducto de extracción.	Comprobar que no existan bloqueos o restricciones en el conducto de extracción.
	Bloqueo o restricción bajo la superficie de trabajo.	Verificar que el conducto bajo la superficie de trabajo se encuentre libre de obstrucciones.
Se presenta contaminación en las muestras que se trabajan en la cabina.	Procedimientos de trabajo inadecuados.	Revisar que la cabina se utiliza de acuerdo a los procedimientos y a las buenas prácticas.
	Restricciones en las ranuras de retorno o bloqueo del ducto de extracción.	Comprobar que el retorno y el sistema de extracción se encuentren libres de obstrucciones.
	Factores externos a la cabina afectan los patrones de flujo dentro de la misma y causan contaminación.	Verificar la instalación de la cabina y los procedimientos que se están realizando
	Filtro HEPA defectuoso.	Sustituir filtro HEPA y certificar la cabina.

CENTRÍFUGA

Las rutinas de mantenimiento que requiere una centrífuga dependen de múltiples factores, tales como la tecnología incorporada, la intensidad de uso, la capacitación de los usuarios, la calidad de la alimentación eléctrica y las condiciones del ambiente donde se encuentra instalada. A continuación, se presentan las recomendaciones generales para la adecuada utilización y las rutinas de mantenimiento más comunes para garantizar una correcta operación. Las rutinas o reparaciones especializadas dependerán de las recomendaciones que, para cada marca y modelo, establezcan los fabricantes.

Recomendación prioritaria: Verificar que únicamente el personal que haya recibido y aprobado la capacitación de manejo, uso, cuidado y riesgos de la centrífuga, la opere. Es responsabilidad de los directores de los laboratorios vigilar y tomar las precauciones que consideren oportunas para que el personal que las opera entienda las implicaciones de trabajar esta clase de equipo.

Recomendaciones de conservación y manejo adecuado

Rotores

1. Registrar la fecha de compra de cada uno de los rotores, incluyendo información relacionada con el número de serie y modelo.

2. Leer y entender los manuales de los rotores, equipo y tubos, antes de que los mismos sean utilizados. Cumplir con las indicaciones de uso y cuidado que especifica el fabricante.

3. Utilizar los rotores únicamente en las centrífugas para las cuales han sido fabricados.

No intercambiar rotores sin verificar la compatibilidad con la centrífuga en la cual se instala.

4. Registrar los parámetros de operación para cada rotor en una bitácora, para poder determinar su vida útil remanente y gestionar a tiempo la adquisición de los reemplazos.

5. Utilizar las recomendaciones de velocidad máxima y densidad de las muestras que recomienda el fabricante. Cada rotor está diseñado para soportar un máximo nivel de esfuerzo; dichas especificaciones deben ser respetadas rigurosamente.

6. Acatar las recomendaciones relativas a reducir la velocidad de operación cuando se trabaja con soluciones de alta densidad, con tubos de acero inoxidable o adaptadores plásticos. Los fabricantes suministran la información correspondiente.

7. Utilizar rotores de titanio si se trabaja con soluciones salinas frecuentemente.

8. Proteger el recubrimiento de los rotores para evitar que se deteriore el metal base.

No utilizar detergentes alcalinos o soluciones limpiadoras que pudieran remover la película protectora. Los rotores, generalmente fabricados de aluminio [Al], están recubiertos por una película de aluminio anodizado que protege la estructura del metal.

9. Utilizar cepillos plásticos en las actividades de limpieza de los rotores. Los cepillos metálicos rayan el recubrimiento protector y esto genera fuentes de futura corrosión, que se aceleran bajo las condiciones de operación que acortan la vida útil remanente del rotor.

10. Lavar el rotor inmediatamente en el caso de que se presenten derrames de sustancias corrosivas.

11. Secar el rotor con aire seco, siempre que haya sido limpiado y enjuagado con agua.

12. Almacenar los rotores de tubo vertical o tubo casi vertical, con el lado superior hacia abajo y sin las respectivas tapas.

13. Almacenar los rotores en ambientes secos. Evitar dejarlos en la centrífuga.

14. Almacenar los rotores de cubo pivotante sin las tapas de los compartimentos.

15. Lubricar las roscas y los anillos tipo O, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

16. Observar las recomendaciones relacionadas con tiempos de garantía y vida útil de cada tipo de rotor.

17. Evitar utilizar rotores a los cuales se les ha terminado el período de vida útil.

18. Utilizar blindajes si se usa la centrífuga con material radiactivo.

19. Cargar o descargar los rotores dentro de una cabina de seguridad biológica, si se trabaja con materiales clasificados como de *bio-riesgo* de nivel II o superior.

20. nunca tratar de abrir la tapa de una centrífuga que esté funcionando y nunca intentar detener el rotor con la mano.

Frecuencia: Mensual

1. Verificar que los componentes externos de la centrífuga se encuentren libres de polvo.

Advertencia: Nunca efectuar una intervención técnica en una centrífuga, si la misma no ha sido previamente descontaminada.

1.-Evitar que el rotor se afecte por derrames. Limpiar el compartimiento del rotor, utilizando un detergente suave.

2. Comprobar que el mecanismo de acople y ajuste de los rotores se encuentre en buen estado. Mantener lubricados los puntos que recomienda el fabricante.

3. Verificar el estado del mecanismo de cierre / seguridad de la tapa de la centrífuga, pues es fundamental para garantizar la seguridad de los operadores. El mecanismo mantiene cerrada la tapa de la centrífuga, mientras el rotor se encuentra girando.

4. Confirmar la lubricación de los elementos que recomienda el fabricante, como sellos tipo O. Utilizar siempre lubricantes de acuerdo con las recomendaciones del fabricante –frecuencia y tipo de lubricantes–.

En centrífugas de fabricación reciente se usan rodamientos sellados que no requieren lubricación.

5. Verificar el estado de los empaques y juntas de estanqueidad.

Frecuencia: Anual

1. Verificar que las tarjetas electrónicas se encuentren limpias y bien conectadas.

2. Comprobar el grupo de control, el cual dispone de selectores de velocidad, tiempo de centrifugado, temperatura de operación, alarmas e instrumentos análogos o digitales para registrar los parámetros de operación de la centrífuga.

3. Verificar el cumplimiento de normas eléctricas.

Utilizar un analizador de seguridad eléctrica: pruebas de resistencia a tierra, corrientes de fuga.

4. Si la centrífuga es refrigerada, comprobar la temperatura mediante el termómetro electrónico. La temperatura no debe variar más de ± 3 °C.

5. Examinar la exactitud de los controles de tiempo. Utilizar un cronómetro. El tiempo medido no debe variar más de ± 10 % del tiempo programado.

6. Verificar la velocidad de rotación real contra la seleccionada, utilizando una carga normal. La comprobación se efectúa con un tacómetro o un foto tacómetro. Si la compuerta no es transparente, debe seguirse el procedimiento que para el efecto indique el fabricante.

7. Confirmar el funcionamiento del sistema de freno.

8. Verificar el funcionamiento del sistema de refrigeración; solo en centrífugas refrigeradas.

Las actividades más importantes son las siguientes:

a) Controlar que las temperaturas seleccionadas no difieran más de 3 °C, de las temperaturas medidas con el termómetro digital.

b) Verificar el estado del filtro de la toma de aire. Si es filtro se encuentra obstruido, limpiar o sustituir por un equivalente.

c) Efectuar una limpieza detallada de las aletas difusoras del condensador, para eliminar la suciedad que se deposita sobre ellas. Esto mantiene las tasas de transferencia de calor, según las especificaciones de diseño. Si se detecta un funcionamiento anormal, solicitar servicio técnico especializado.

d) Verificar el estado de las escobillas del motor, si la centrífuga dispone de motor con escobillas. Sustituir por nuevas –de la misma especificación original–, en caso de ser requerido. **Realizar esta rutina cada seis meses.**

Nota: Evitar derrames de líquidos sobre el teclado de control. Los teclados de membrana deben operarse con la yema de los dedos. Evitar que el operador utilice la punta de la uña, pues termina perforando la membrana de protección.

Tabla de solución de problemas

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Vibración severa.	Rotor desbalanceado.	Falta lubricación en los soportes de los rotores de cubo pivotante.
		Distribuir simétricamente el peso de tubos opuestos.
		Cargar los rotores de ángulo fijo o de tubo vertical de forma simétrica.
	Velocidad seleccionada cerca del rango de velocidad crítica del rotor.	Seleccionar una velocidad de rotación fuera del rango de velocidad crítica.
	Rotor mal montado.	Verificar el montaje del rotor. Comprobar que se encuentre bien ajustado.

	Falta lubricación en los soportes de los rotores de cubo pivotante.	Lubricar los ejes de pivote según recomendación del fabricante. Por ej. Cada 250 procedimientos de centrifugado.
Tapas de los rotores, canister o cubos difíciles de aflojar después de la centrifugación.	Producción de vacío durante la centrifugación.	Abrir el conducto de ventilación en la parte superior del rotor o cubo, para eliminar el vacío.
	Roscas contaminadas con suciedad, lubricantes secos o partículas metálicas.	Efectuar limpieza rutinaria a las roscas y lubricar. Utilizar insumos recomendados por los fabricantes.

TUBOS

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Los tubos presentan fugas.	Tapas mal aseguradas.	Ajustar las tapas.
	Tubos demasiado llenos.	El menisco deberá estar más bajo para prevenir las fugas.
	En tubos sin tapa, se ha excedido el nivel máximo recomendado.	Verificar las recomendaciones de volumen y la velocidad de centrifugado recomendada.
	En tubos de sello rápido, se presume un sellado deficiente.	Presionar suavemente, después de sellar en caliente – solo si no se afecta el contenido–. Si se presentan fugas, sellar de nuevo.
Los tubos se rajan o rompen.	Los tubos pueden romperse o volverse frágiles si se usan por debajo del límite de la temperatura recomendada.	Calentar hasta 2 °C, si la muestra está congelada, antes de centrifugar. Evaluar antes de centrifugar el comportamiento de los tubos a baja temperatura.
	Los tubos se vuelven frágiles con la edad y el uso.	Desechar tubos vencidos, utilizar nuevos.

Sistemas varios

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
El interruptor principal está en posición de encendido pero la centrífuga no funciona.	No hay energía eléctrica.	Verificar suministro de energía eléctrica.
La tapa de la centrífuga no abre.	Centrífuga apagada.	Encender la centrífuga. Presionar la manija y abrir la tapa.
El indicador de balanceo se activa.	Carga a centrifugar desbalanceada.	Balancear la carga a centrifugar.
	Centrífuga desnivelada.	Nivelar la centrífuga.
Existe vibración a baja velocidad.	Mecanismo de ajuste del rotor flojo.	Ajustar correctamente el sistema de fijación.

	Carga desbalanceada.	Verificar el balanceo de la carga a centrifugar.
	Velocidad seleccionada cercana al punto de resonancia del rotor.	Seleccionar una velocidad de rotación más elevada o utilizar un tipo de rotor diferente.
Existen fluctuaciones en la velocidad de rotación.	Correas de transmisión en mal estado (*).	Apagar la centrífuga. Verificar la condición y estado de las correas. Las correas deben estar templadas.
La velocidad de rotación no llega a la velocidad seleccionada.	Escobillas defectuosas.	Apagar la centrífuga. Verificar el estado de las escobillas. Sustituir si es del caso por otras de la misma especificación de las originales.
	Calibración del control de velocidad desajustado.	Ajustar calibración del control de velocidad.
La cámara está fría pero el rotor caliente.	Selección incorrecta de la temperatura.	Verificar selección de la temperatura.
El testigo de estado de escobillas está encendido.	Escobillas en mal estado.	Apagar la centrífuga. Verificar estado. Sustituir escobillas por otras de igual especificación.
Procedimiento válido en centrífugas, con sistema de transmisión de potencia por correas.		

CROMATÓGRAFO DE GASES

Como sucede con todo instrumento, para asegurar la fiabilidad de un cromatógrafo de gases es necesario prestar atención a diversos aspectos del equipo y a su modo de empleo. La negligencia de cualquier parte del sistema puede invalidar los resultados del análisis. Para conseguir que un instrumento dé resultados fiables es imprescindible evitar que la contaminación se concentre en los componentes principales, lo cual depende a su vez de la naturaleza de los materiales de ensayo que se analizan, y en el caso de algunas aplicaciones puede ser el factor más importante para la calidad analítica. Esto es aplicable en particular a los análisis de trazas. Además, la experiencia en este tipo de instrumentación como sistema total es insustituible. Una parte importante del procedimiento de comprobación consiste en la vigilancia continua, especialmente de los cromatogramas y parámetros instrumentales, por parte de especialistas en cromatografía experimentados.

Por tanto hay que reconocer que el mantenimiento ha de ser una tarea compartida entre el personal del servicio técnico de la empresa fabricante de todo el sistema instrumental y los usuarios de los componentes expuestos a los materiales de ensayo, que sufren un deterioro como consecuencia del uso y necesitan frecuentes cuidados entre las visitas del servicio técnico. El personal de este servicio, que dispone de información sobre el producto y de herramientas, es el más capacitado para mantener y reparar eficientemente los componentes electrónicos. Sin embargo, los usuarios se ven obligados con frecuencia a reparar fallos cuando es imposible conseguir los servicios del personal de mantenimiento o cuando estos fallos se repiten y los usuarios se familiarizan con el modo de resolverlos. Es preciso que los usuarios elaboren su propio programa de mantenimiento para los componentes del sistema que entran en contacto con materiales de ensayo o que están sujetos a deterioro. Entre los componentes que requieren una atención sistemática se

incluyen los sistemas de inyección, las columnas, los detectores, los suministros de gas y los accesorios de goma.

Inyectores

Siempre es necesario proceder periódicamente a la sustitución de los diafragmas y a la limpieza de las superficies internas, en particular los revestimientos de la inyección. Hay que comprobar diariamente si los diafragmas tienen fugas utilizando un líquido espumoso de tipo "Snoop". Los diafragmas sólo suelen servir para 25-30 inyecciones, siendo necesario sustituirlos después. Los diafragmas que presentan fugas han de sustituirse automáticamente por otros nuevos que hayan sido limpiados cuidadosamente con una extracción de disolvente o mediante tratamiento en una estufa al vacío antes del uso.

Si se emplea habitualmente un cromatógrafo de gases, hay que quitar el revestimiento de la inyección de la abertura de ésta (actualmente casi todos los revestimientos de inyección son de vidrio) y sustituirlo por uno nuevo o por el revestimiento original limpiado a fondo en una mezcla con un 50 por ciento de ácido nítrico que contenga un 7,5 por ciento de cromato potásico. A continuación, el revestimiento de la inyección se lavará cuidadosamente con agua y etanol y se colocará de nuevo, una vez seco, en la abertura de la inyección. Los diafragmas se sustituirán automáticamente en esa fase.

Columnas

Diariamente se comprobará si las conexiones de la columna del cromatógrafo de gases tienen pérdidas utilizando un detergente o jabón líquido espumoso. Estas conexiones se apretarán en caso necesario. La columna se inspeccionará visualmente a intervalos periódicos para asegurarse de que no han aparecido resquicios en el relleno de las columnas o, si se trata de una columna capilar, que no se han producido roturas en la propia columna. Puede comprobarse si ha habido una rotura en la columna midiendo el flujo en el detector final de la misma. Las columnas rellenas tienen de ordinario un flujo de 10 a 25 ml aproximadamente por minuto, mientras que las columnas capilares suelen tener un flujo que oscila entre 1,0 y 2,5 ml.

Tanto diaria como semanalmente se comprobará la resolución de las columnas utilizando un patrón de calibración (véase la Sección 2.2). Cada semana se golpearán suavemente las columnas rellenas con un lápiz o un trozo de madera para asegurarse de que el relleno de la columna no ha sufrido alteraciones. Si se observa que la resolución de los picos se ha debilitado, se retirará la columna y se inspeccionará el extremo de la inyección de la columna que pudiera haberse deteriorado a causa de la contaminación con extractos de muestras. Las soluciones de patrones apropiados, que es necesario analizar para que sirvan de base a la cuantificación, pueden proporcionar una información suplementaria de importancia crucial para el diagnóstico. Se examinará un cromatograma para determinar la constancia de los tiempos de retención, las alturas relativas de los picos y la simetría de las configuraciones de éstos, la ausencia de picos extraños, la regularidad de la línea de referencia y la proporción entre señal y ruido. Los cambios imprevistos suelen indicar problemas de degradación o contaminación, ya sea en la propia columna, en el inyector o en el detector. Muchas columnas rellenas y capilares se suministran con mezclas de componentes de diversas polaridades, etc., y con el correspondiente cromatograma de ensayo, que puede utilizarse también para comprobar el rendimiento de la columna. Esta mezcla de ensayo permite confirmar si la columna se ha deteriorado apreciablemente.

Estufas

Además de comprobar el correcto funcionamiento del sistema de circulación de aire y ventilación a efectos de enfriamiento, el usuario ha de recurrir a las indicaciones sobre la temperatura que facilita el fabricante. Es posible insertar un termopar o un termómetro con resistencia de platino para comprobar la temperatura de la estufa isoterma. Si se utiliza este sistema para vigilar la programación de la temperatura, es posible descubrir variaciones sinusoidales inquietantes en la rampa y fuertes subidas de temperatura cuando se llega a un conjunto isotermo. Para trabajar con columnas capilares es imprescindible que el control de la temperatura sea preciso y reproducible. Sin embargo, algunos fabricantes son reacios a declarar cuáles son exactamente las especificaciones y tolerancias para el control programado. No obstante, lo que realmente importa es la precisión del control de temperatura de la estufa. Siempre que la temperatura se mantenga constante, da lo mismo que la estufa esté 1 ó 2 grados por encima o por debajo de lo que indica la lectura.

Suministros de gas y accesorios de goma

Deberá comprobarse periódicamente la presión y el flujo del gas, con el fin de que correspondan a las especificaciones y sean apropiados para el sistema y la aplicación. Un cambio imprevisto puede indicar la presencia de una fuga que deberá repararse sin demora. Las piezas que utilizan cierres de goma son propensas al deterioro y han de remplazarse por manguitos de metal. La pureza de los gases es importante. Los gases portadores habrán de purificarse por medio de filtros para eliminar el oxígeno y la humedad; de ordinario se utilizará el helio para las columnas capilares. Las impurezas de hidrocarburos de los gases utilizados en los detectores se eliminarán mediante filtros de grafito. Si se utiliza nitrógeno como gas portador en el análisis de residuos de plaguicida con detectores de captura de electrones, se aplicará una pureza superior al 99,999 por ciento, siempre que sea posible; aun así se deberá utilizar una trampa de oxígeno para que liberarlo de este gas.

Detectores

Por su naturaleza y diversidad, es difícil medir y vigilar la sensibilidad de los detectores empleados en la cromatografía de gases, ya sean unidades aisladas o dependientes de otros componentes del sistema cromatográfico. En la práctica, se siguen utilizando hasta que se observa una disminución apreciable de la sensibilidad atribuible al detector. La limpieza teórica, al igual que la sustitución de las partes sensibles, restablece a menudo el rendimiento. Deberán seguirse fielmente las instrucciones del fabricante en materia de limpieza.

De ordinario, 0,1 mg de estearato de metilo provocarán una deflexión en plena escala de un detector de ionización de llama. Se puede comprobar fácilmente la sensibilidad de un detector de electrones utilizando una solución de lindano en n-hexano; 20-40 pg de lindano inyectados en un cromatógrafo de gases darán normalmente una deflexión en plena escala. No obstante, hay que señalar que estas cifras de sensibilidad son indicativas; las respuestas de los detectores variarán considerablemente según los cromatógrafos de gases y los fabricantes.

Evaluación de datos

Los sistemas de datos cromatográficos suelen evaluar las alturas o áreas de los picos. Tales sistemas dependen de la exactitud de la conversión de los datos analógicos a digitales, la cual tal vez hayan de confirmarse en varios órdenes de magnitud. La medición de picos aislados y bien resueltos, situados en líneas de referencia uniformes, no plantea grandes problemas. Sin embargo, si han de cuantificarse picos sin resolver en líneas de referencia no uniformes, será necesario comprender el funcionamiento del sistema de integración, especialmente en lo que respecta a la detección percibida de las líneas de referencia y la disección de los picos que se superponen. La configuración de los picos puede ser también un indicador de la eficiencia y eficacia de la columna de cromatografía de gases. Picos torcidos o configuraciones de picos no gaussianas indican a menudo un deterioro de la columna, suciedad en el sistema de inyección, incompatibilidades en el flujo, una compatibilidad incorrecta entre el analito y la polaridad de la columna, o una sobrecarga que impide la debida separación entre las fases estacionarias gaseosa y líquida.

Curvas de calibración

Se preparará una serie de disoluciones patrón, de modo que la variedad de concentraciones sea más amplia que la de la disolución desconocida que ha de analizarse. Esto permite determinar los límites de la respuesta lineal al analito del detector.

Rendimiento y calibración

Los aspectos más importantes del rendimiento de los cromatógrafos de gases son los relativos a la sensibilidad y a la separación. La sensibilidad depende de varios factores, entre ellos el funcionamiento correcto del detector, la proporción de sitios activos en la fase estacionaria de la columna, la estanqueidad de las conexiones del gas y los efectos de la descomposición del analito debidos a posibles puntos calientes locales y superficies metálicas.

Columnas cromatográficas de gases

Para calibrar columnas cromatográficas de gases lo mejor es utilizar disoluciones patrón del analito que ha de analizarse, pero se puede obtener información sobre las condiciones de una columna con ayuda de mezclas normalizadas de ensayo. A continuación se ofrecen algunos ejemplos:

Mezcla de ensayo n° 1 - Para los sistemas equipados con un detector de ionización de llama puede ser útil una mezcla que contenga 2-octanona, 1-octanol, 2,6-dimetilanilina, 2,6-dimetilfenol, decano, undecano, dodecano y tridecano en diclorometano. Esta formulación permite confirmar la eficiencia de la columna, la presencia de fugas, el volumen muerto de la columna, los sitios de absorción metálica, las características ácido/base, los grupos de enlace de hidrógeno o silanol y los ácidos de Lewis.

Mezcla de ensayo n° 2 - También en caso de utilizar un detector de ionización de llama, puede llevarse a cabo una sencilla comprobación de la eficiencia de la columna para el análisis de esteres metílicos de ácidos grasos mediante CG disolviendo aceite de coco (o de colza) en iso octano, agitando con un 10 por ciento de hidróxido de potasio metanólico

durante 2 minutos y, tras dejar que se separen las fases, inyectando un volumen convenientemente pequeño de la capa superior de isooctano directamente en el cromatógrafo. La resolución de los picos de estearato y oleato de metilo es un buen indicador del rendimiento satisfactorio de la columna.

Mezcla de ensayo n° 3 - En los sistemas con un detector de captura de electrones, se puede adquirir una mezcla útil para evaluar columnas de cromatografía de gases destinadas al análisis de plaguicidas en empresas como la norteamericana Supelco. Otra posibilidad es utilizar una disolución de isooctano que contenga 0,1 μ g/ml de alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH (lindano), p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-TDE, p,p'-DDE, aldrín, dieldrín, endrín, heptacloro y heptacloroepóxido. Algunos usuarios añaden también o,p'-TDE y o,p'-DDE, pero estas sustancias sólo aparecen como productos de la degradación de o,p'-DDT (que a su vez es normalmente una impureza en p,p'-DDT) y rara vez se encuentran como residuos en los alimentos. Si se quiere evitar la frecuente identificación errónea de los picos, son necesarias una cuidadosa utilización de las mezclas de ensayo (incluido un "marcado" en extractos de materiales de ensayo) y una interpretación correcta de los resultados. Hay que señalar que el LMR para el DDT total es igual a la suma de p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-TDE y p,p'-DDE.

Mezcla de ensayo n° 4 - En los análisis de plaguicidas se producen con frecuencia interferencias debidas a la contaminación con bifenilos policlorados (BPC). Para calibrar y evaluar la interferencia de BPC en una columna de CG puede ser útil una mezcla de ensayo que contenga 10 mg por ml de Aroclor 1242, o de Aroclor 1254, en diclorometano.

ESPECTRÓMETROS DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Los espectrómetros de absorción atómica se utilizan en el laboratorio de control para analizar especies de sustancias inorgánicas tóxicas y nutrientes. Dado que casi todas estas especies se encuentran en niveles residuales, es necesario realizar un esfuerzo considerable para impedir la contaminación cruzada, la adsorción en la superficie de diversas partes del espectrómetro (como el nebulizador, la linterna, el tubo de muestreo, etc.) y la alineación de la llama o la estufa y la longitud de onda y geometría básica de la luz procedente de las lámparas de cátodo hueco.

Que los resultados estén equivocados en una cifra excesivamente alta o baja, que no se alcancen los límites de detección, que no se consigan las concentraciones características, que se obtengan datos ruidosos, blancos elevados o líneas de referencia ruidosas, que la llama no prenda o presente un perfil irregular o que el quemador se apague rápidamente son hechos que pueden indicar la necesidad de revisar el espectrómetro de absorción atómica. Otro indicador característico es que el rendimiento del análisis con o sin llama no corresponda a la especificación del fabricante.

Si no se cumple la especificación del fabricante, deberán realizarse diversas comprobaciones. Sin embargo, casi todas ellas habrán de ser efectuadas exclusivamente por un especialista de un servicio de mantenimiento reconocido por el fabricante o por un técnico altamente calificado. Las operaciones de mantenimiento más sencillas son las relativas a los instrumentos ópticos, el quemador y el nebulizador.

Instrumentos ópticos

Se evitará dejar huellas digitales en las ventanas del compartimiento de la muestra o sobre la fuente de luz, así como tocar las superficies reflectantes de los espejos o rejillas. Si se acumula polvo en las superficies ópticas, se extraerá cuidadosamente con una pera de aire limpio y seco. Las superficies no deberán frotarse con un trapo. Las superficies de las ventanas podrán limpiarse con un trozo de algodón empapado en una disolución de un detergente líquido suave y enjuagarse después varias veces con agua desionizada. Si se ensucian las superficies de los espejos (por ejemplo a causa de la exposición a los vapores del laboratorio), la limpieza deberá confiarse a un especialista de un servicio de mantenimiento. Si esto no es posible, un técnico especializado podrá limpiar las superficies cuidadosamente con un algodón limpio humedecido en un disolvente limpio como por ejemplo alcohol. Es importante secar rápidamente las superficies, sin frotar las superficies ópticas. Se evitarán cuidadosamente los arañazos que obligan a pulir de nuevo los espejos. Nunca se deberán limpiar o tocar las superficies de las rejillas.

Quemador

La naturaleza de las muestras aspiradas determina la frecuencia de la limpieza del quemador. Si funciona normalmente, no requerirá limpiezas frecuentes. La cámara del quemador deberá reacondicionarse después de trabajar con disolventes orgánicos o cuando se aspiren muestras con un contenido elevado de sólidos.

El quemador deberá dar una llama uniforme a lo largo de la ranura. Una llama desigual puede indicar que la ranura necesita una limpieza. Tras haber desconectado la llama apagada y conectado el aire, se pasará cuidadosamente una lámina fina de metal a través y a lo largo de la ranura, sin mellar sus bordes. Para limpiar los sedimentos incrustados en la ranura de la cabeza del quemador puede que sea necesario quitar la cabeza de la cámara del quemador, dejarla durante toda la noche a remojo en una disolución detergente y a continuación enjuagarla con agua desionizada y secarla con aire limpio.

Si se aspiran muestras acuosas o muestras orgánicas como aceite o extractos de metilisobutilcetona, la señal de la absorción producida puede ser ruidosa e irregular. Tras la aspiración de muestras orgánicas, se aspirará durante cinco minutos un disolvente orgánico limpio del que se sepa que es miscible con las muestras que acaban de aspirarse. Después de esto se aspirará acetona durante cinco minutos y a continuación se aspirará un 1 por ciento de ácido nítrico durante otros cinco minutos. Si se han formado sedimentos en la cámara del quemador, éste se desmontará y limpiará empapándolo en una disolución detergente con un cepillo para botellas. En la cámara de mezcla no se utilizarán ácidos ni limpiadores de tipo doméstico y se evitará dañar su recubrimiento plástico con productos abrasivos.

El tubo de desagüe de residuos se limpiará a fondo con agua. El colector se vaciará y se rellenará de agua, las disoluciones peligrosas o corrosivas se eliminarán debidamente y se observarán las normas locales sobre los efectos de los residuos en el medio ambiente.

Tras la aspiración de muestras con concentraciones elevadas de plata, cobre o mercurio, el quemador se limpiará siempre en una llama de acetileno, ya que si se deja que se

sequen podrían formarse acetiluros inestables explosivos. Inmediatamente después de realizar este tipo de análisis se enjuagarán a fondo el tubo de desagüe de residuos y la cámara de mezcla del quemador, y ésta se inspeccionará visualmente para asegurarse de que se ha eliminado toda traza de residuos.

Sistema de desagüe del quemador

El sistema de desagüe del quemador se enjuagará concienzudamente con agua para eliminar residuos cáusticos, corrosivos u orgánicos que pudieran dañar el tubo de desagüe y la cámara. Se recomienda efectuar esta operación al término de cada jornada de trabajo.

Rendimiento y calibración

El rendimiento de un espectrómetro que utilice absorción atómica de llama podrá comprobarse efectuando las operaciones siguientes.

El espectrómetro para el análisis de una disolución acuosa de cobre satisfará las condiciones que se indican a continuación:

Longitud de onda	324,8 nm
Rendija	0,7 nm
Corriente de la lámpara	15 mA (véase la especificación del fabricante)
Llama	oxidante aire/acetileno (azul débil)
Configuración del quemador	distribuidor de flujo instalado

En estas condiciones, se aprovechará al máximo la posición de la lámpara y del quemador, así como el nebulizador. Se aspirará agua destilada y se situará a cero el instrumento. Se aspirará una disolución acuosa de cobre con una concentración de 4 mg/l. Se ajustará la posición del quemador y las condiciones de la llama para obtener la máxima absorbancia. En casi todos los instrumentos, la absorbancia obtenida será de 0,2 unidades o mayor.

Para calibrar un espectrómetro de absorción atómica, lo mejor es utilizar lámparas de cátodo hueco normalizadas y disoluciones patrón. En el cuadro que se ofrece a continuación se indican las longitudes de onda validadas y reconocidas para la absorbancia de cierto número de elementos.

Elemento	Longitud de onda (nm)	Gases	Sensibilidad	Notas
Al	309,3	N-Ac	50,0	2
As	193,7	A-Ac	45,0	3
Ba	553,6	N-Ac	20,0	2
Bi	223,1	A-Ac	20,0	3
Ca	422,7	A-Ac	4,0	
Cd	228,8	A-Ac	1,5	3
Co	240,7	A-Ac	7,0	3
Cr	357,9	A-Ac	4,0	3
Fe	248,3	A-Ac	5,0	3

Ge	265,1	N-Ac	100,0	
Hg	253,7	A-Ac	200,0	3
K	766,5	A-Ac	2,0	2,3
Li	670,8	A-Ac	2,0	3
Mg	285,2	A-Ac	0,3	3
Mo	313,3	N-Ac	30,0	
Na	589,0	A-Ac	0,5	2,3
Ni	232,0	A-Ac	7,0	3
Pb	283,3	A-Ac	20,0	3
Sb	217,6	A-Ac	25,0	3
Se	196,0	A-Ac	30,0	3
Sn	286,3	N-Ac	150,0	
Sr	460,7	N-Ac	5,0	2
U	351,5	N-Ac	5500,0	2
V	318,4	N-Ac	90,0	2
W	255,1	N-Ac	450,0	
Zn	213,9	A-Ac	1,0	3

Notas:

1. Concentración del elemento (mg/l) en una disolución acuosa que da unas 0,2 unidades de absorbancia
2. Se recomienda la adición de una sal básica (K, La o Cs como cloruro) para controlar la ionización.
3. El uso de la gota de impacto mejorará la sensibilidad en 2 x aproximadamente.

La utilización de las disoluciones de "spectrosol" suministradas por los principales fabricantes de productos químicos constituye un método de calibración relativamente barato y suficientemente exacto para casi todos los fines del análisis de alimentos. La disolución patrón deberá ir acompañada de un certificado de análisis del fabricante, el número de partida y la fecha de caducidad. Bamett (1,2) ofrece una guía útil sobre los conceptos de espectrómetro de absorción atómica y calibración.

ESPECTROFOTÓMETRO DE LUZ VISIBLE / ULTRAVIOLETA

Los espectrofotómetros, en general, son equipos muy especializados y costosos. Su conservación depende en gran medida de la forma de instalación y utilización. El medio ambiente que los rodea y la calidad de los servicios de electricidad constituyen factores de primordial importancia, para que los equipos puedan prestar los servicios de acuerdo con las especificaciones para los que fueron fabricados. Las rutinas de mantenimiento que pueden llegar a requerir varían en complejidad, van desde la limpieza cuidadosa de sus

componentes hasta procedimientos especializados, que solo deben realizar técnicos o ingenieros que hayan recibido la capacitación correspondiente y dispongan de la información técnica desarrollada por los fabricantes y que se ajustan a los distintos modelos y diseños disponibles. La utilización, siguiendo las instrucciones del fabricante, y el uso cuidadoso garantizarán una vida útil, prolongada y muchos años de servicio. En equipos e fabricación reciente, los productores han incorporado rutinas automáticas de calibración y verificación del estado de los componentes que lo integran.

Inspección del entorno

Frecuencia: Anual

El entorno donde se instala el espectrofotómetro debe inspeccionarse visualmente y probarse eléctricamente para garantizar la seguridad del operador. La inspección cubre la instalación eléctrica y el espacio de instalación (infraestructura).

Inspección visual al equipo

Frecuencia: Cada seis meses

1. Revisar que la estructura de la mesa de trabajo, donde se encuentra instalado el espectrofotómetro, esté en buen estado.
2. Comprobar la estructura general del espectrofotómetro.
Verificar que los botones o interruptores de control, los cierres mecánicos, estén montados firmemente y su señalización o identificación sea clara.
3. Controlar que los accesorios estén limpios, no presenten grietas y su estado funcional sea óptimo.
4. Confirmar que los elementos mecánicos de ajuste –tuercas, tornillos, abrazaderas, etc. – se encuentren ajustados y en buen estado.
5. Revisar que los conectores eléctricos no presenten grietas o rupturas. Comprobar que están unidos correctamente a la línea.
6. Verificar que los cables no presenten empalmes ni aislantes raídos o gastados.
7. Revisar que los cables, abrazaderas y terminales estén libres de polvo, suciedad o corrosión. Tampoco deben presentar desgastes o señales de mal estado.
8. Examinar que el sistema de puesta a tierra –interno y externo– sea estandarizado, de un tipo aprobado, sea funcional y esté instalado correctamente.
9. Controlar que los conmutadores o interruptores de circuito, los portafusibles y los indicadores, se encuentren libres de polvo, suciedad o corrosión.
10. Comprobar que los componentes eléctricos externos funcionen sin sobrecalentamientos.

Mantenimiento general Limpieza de derrames.

En caso de que se produzca un derrame en el sistema portamuestras, debe limpiarse el derrame mediante el siguiente procedimiento:

1. Apagar el espectrofotómetro y desconectar el cable de alimentación eléctrica.
2. Usar una jeringa para limpiar el portamuestras. Absorber la mayor cantidad de líquido que pueda extraerse.
3. Secar el portamuestras con un hisopo de algodón tipo medicinal.
4. Utilizar papel especial para la limpieza de lentes o un trozo de tela limpia de textura suave, libre de hilazas, para limpiar la ventana de la fotocelda.
5. Limpiar el exterior del instrumento con una pieza de tela humedecida con agua destilada. Incluir la pantalla, los controles y el teclado.

Limpieza de cubetas de cuarzo. Para mantener en buenas condiciones las cubetas de cuarzo, se recomienda realizar el siguiente procedimiento:

1. Lavar las cubetas utilizando una solución alcalina diluida como NaOH, 0,1 M y un ácido diluido tal como HCl, 0,1 M.
2. Enjuagar las cubetas varias veces con agua destilada. Usar siempre cubetas limpias cuando se requiere tomar medidas de absorbancia.
3. Efectuar procedimientos de limpieza rigurosos y cuidadosos a las cubetas, siempre que se utilicen muestras que pudieran depositar películas. Algunos fabricantes recomiendan utilizar detergentes especiales para limpiar las cubetas.

Cambio de baterías. Diversas clases de espectrofotómetros utilizan baterías para mantener en memoria datos asociados a los análisis como fecha y horas. El procedimiento es similar en las diversas clases de equipo. Se recomienda seguir este procedimiento:

1. Verificar que en la pantalla del instrumento aparezca la indicación de batería baja.
2. Apagar el espectrofotómetro.
3. Desconectar el cable de alimentación eléctrica.
4. Abrir el compartimiento de las baterías y retirar las baterías agotadas.
5. Limpiar los puntos de contacto eléctrico.
6. Instalar baterías nuevas, con las mismas especificaciones de las originales.
7. Cerrar de nuevo el compartimiento.
8. Reconectar el equipo.

9. Ajustar nuevamente los datos de fecha y hora.

Cambio de bombillo/lámpara. El bombillo es un elemento de consumo, por tanto su vida útil es limitada y debe preverse que en algún momento será necesario sustituirlo, bien porque se quemó, o porque ha sufrido procesos de evaporación y metalización interna, y la luz emitida ya no cumple con las especificaciones requeridas para ser utilizada en procesos de espectrofotometría. El proceso de cada modelo difiere y deben siempre seguirse las indicaciones del fabricante del equipo.

Los procesos comunes a seguir se presentan a continuación.

1. Verificar que el bombillo no funciona o existe alguna señal o indicación de que tiene una falla. En equipos modernos aparecerá una señal en la pantalla o un código de error. En equipos antiguos se verá que el bombillo no encendió.

2. Apagar el espectrofotómetro.

3. Desconectar el cable de alimentación.

4. Desajustar los tornillos que aseguran la tapa del compartimiento de la lámpara.

5. Desajustar los tornillos que fijan el mecanismo que sujeta la lámpara.

6. Desajustar los tornillos que fijan los cables de la conexión eléctrica a la lámpara. (En algunos equipos podría no ser necesario, pues la base de montaje dispone de mecanismos de contacto directos a los terminales de contacto de la lámpara).

7. Instalar una lámpara nueva con las mismas características de la original. Usar guantes para evitar impregnar con huellas digitales la superficie de la lámpara.

8. Reconectar los cables de alimentación eléctrica a la lámpara.

9. Ajustar nuevamente los tornillos que sujetan la lámpara.

10. Ajustar nuevamente los tornillos que aseguran la tapa del compartimiento de la lámpara.

11. Reconectar el espectrofotómetro.

12. Encender el equipo y realizar el procedimiento de recalibración del equipo estipulado por el fabricante.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo del espectrofotómetro debe responder a las rutinas y frecuencias recomendadas por el fabricante.

A continuación, se presenta un grupo de rutinas básicas que puede ser realizada en el laboratorio.

1. Limpiar externamente el espectrofotómetro, incluyendo los controles, pantallas o metros de medición. Esto se puede realizar con una pieza de tela fina –similar a la textura de los pañuelos– humedecida con agua destilada.
2. Inspeccionar y limpiar el cable de alimentación eléctrica.
3. Verificar que la lámpara esté limpia y en buen estado. Si no funciona, instalar una nueva, con las mismas especificaciones de la original. En los espectrofotómetros modernos, el estado de la lámpara es detectado automáticamente mediante el *software* que controla el estado y el funcionamiento del equipo, por lo que es fácil determinar en qué momento es necesario cambiar la lámpara. Efectuar el cambio de la lámpara y realizar el ajuste posterior siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante.
4. Revisar el fusible de protección. Antes de abrir el alojamiento del fusible, comprobar que el espectrofotómetro esté apagado y que sus contactos se encuentren limpios y en buen estado. Si es necesario reemplazarlo, colocar uno nuevo con las mismas características del recomendado por el fabricante.
5. Colocar el instrumento en la configuración operacional.
6. Accionar el interruptor de encendido para permitir un funcionamiento por cinco (5) minutos. Verificar lo siguiente:
 - a) Si las lámparas o indicadores piloto funcionan.
 - b) Si el indicador de lectura permanece en cero (0).
 - c) Si la luz de la fuente funciona.
7. Realizar una prueba de corriente de fuga en las posiciones de encendido y apagado.
 - a) Verificar el polo a tierra y la polaridad correcta.
 - b) Verificar la polaridad correcta sin polo a tierra.
 - c) Verificar la polaridad inversa sin polo a tierra.
8. Calibrar el panel frontal del espectrofotómetro siguiendo las instrucciones del fabricante.
9. Medir la sensibilidad del equipo.
10. Realizar una prueba siguiendo la ley de Beer.
11. Regresar el espectrofotómetro a la configuración inicial, si la calibración se ha efectuado con éxito.

Buenas prácticas de uso del espectrofotómetro

1. Efectuar la calibración del espectrofotómetro, cada vez que se realiza el análisis de un grupo de muestras.

2. Mantener cerrada la tapa del portamuestras durante el proceso de medición, para asegurar una lectura adecuada.
3. Evitar reutilizar las cubetas desechables.
4. Utilizar únicamente cubetas de cuarzo, para efectuar análisis por debajo de los 310 nm.
5. Evitar el uso de cubetas plásticas, si se utilizan solventes orgánicos.
6. Utilizar cristalería de boro silicato de alta calidad para preparar los estándares. Evitar el uso de cristalería de sodio –óxido de sodio– siempre que sea posible, debido a que el contacto prolongado con los estándares puede permearla y, en consecuencia, producir resultados erróneos.
7. Limpiar cuidadosamente las cubetas de vidrio después de utilizarlas. Desechar aquellas que presenten rayones en la superficie pulida.
8. Utilizar en lo posible reactivos de alta calidad.
Reactivos de baja calidad pueden causar contaminación incluso en concentraciones muy bajas. Los diluyentes utilizados –agua o solventes– deberán estar libres de impurezas.
9. Verificar que las muestras o estándares no se han desgasificado dentro de las cubetas. Este fenómeno produce burbujas sobre la superficie interna de las cubetas y errores en las lecturas.
10. Tener en cuenta, cuando se pretenda utilizar nuevos procedimientos, que no todas las sustancias cumplen con la ley de Beer.
Efectuar pruebas de linealidad sobre el rango de concentraciones a ser utilizadas.
Se recomienda preparar un grupo de soluciones fuertes –conocidas– y verificar los resultados. Los fenómenos que afectan la ley de Beer son los siguientes:
 - a) Las altas concentraciones por asociación molecular de especies iónicas.
 - b) Variaciones en la hidratación a bajas concentraciones producen cambios en la naturaleza de los iones complejos.
 - c) Absorciones que no obedezcan la ley requieren dibujar una gráfica de estándares conocidos, que indicará lectura versus concentración, de forma que la lectura de las incógnitas pueda ser relacionada a las concentraciones desde la gráfica.

Tabla de solución de problemas Espectrofotómetro automatizado

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
El espectrofotómetro no se energiza.	Interruptor de encendido / apagado está en posición apagado.	Mover el interruptor a la posición encendido.
	No hay energía eléctrica en la toma de alimentación.	Verificar alimentación eléctrica general. Comprobar que no se

		haya disparado alguna seguridad.
	Mal conectado el cable de alimentación eléctrica.	Conectar firmemente el cable de alimentación.
Los botones del teclado no responden.	Inicialización incompleta del equipo durante el arranque.	Apagar el equipo y encenderlo nuevamente
	Activación de un comando equivocado durante el arranque.	
Puerto serial RS 232 no responde.	Inicialización incompleta del equipo durante el arranque.	Apagar el equipo y encenderlo nuevamente.
	Cable de interconexión mal conectado.	Verificar conexión.
Pantalla LCD difícil de leer.	Control de contraste desajustado.	Ajustar contraste.
	Sistema de iluminación de fondo quemado.	Llamar al representante.
Impresora atascada.	Papel término arrugado entre la cabeza de impresión y la placa térmica al momento de rasgar/cortar el papel.	Remover el exceso de papel con unas pinzas de punta fina.
		Apagar el equipo, retirar el papel y reinstalar nuevamente.
El papel de la impresora no se autoalimenta o avanza.	Papel de la impresora instalado erróneamente.	Apagar el equipo, reinstalar rollo de papel.
	Borde delantero del papel no alineado o doblado.	Apagar equipo. Reinstalar rollo de papel. Cortar borde delantero y alinear nuevamente en el sistema de alimentación.
	Control de alimentación de papel no responde.	Llamar al representante.
La cubeta no entra en el compartimiento portamuestras.	Cubeta de tamaño equivocado.	Usar cubetas del tamaño especificado por el fabricante.
	Mecanismo de ajuste de la cubeta mal localizado.	Corregir posición del mecanismo de ajuste.
La lectura presenta fluctuaciones.	Hay interferencias en el recorrido de la luz.	Verificar que la cubeta no presente rayones.
		Verificar que no hay partículas flotando en la cubeta.
		Frotar las paredes de la cubeta con una pieza de tela limpia.
		Verificar que el rango seleccionado de trabajo es adecuado para la muestra bajo análisis.
La lectura presenta valores negativos. No hay lectura de absorbancia.	No hay muestra.	Añadir una muestra a la solución.
	Colocación incorrecta de la cubeta.	Verificar la orientación de la ventana de la cubeta.
	Selección errónea de la longitud de onda.	Ajustar la longitud de onda al rango compatible con el análisis.
	Equipo calibrado erróneamente con una muestra en lugar de	Calibrar con una solución estándar o con agua destilada.

	una solución estándar.	
--	------------------------	--

Rendimiento y calibración

Los espectrofotómetros deben calibrarse por lo que respecta a la exactitud de la longitud de onda y la densidad óptica (absorción). La exactitud de la longitud de onda puede comprobarse fácilmente utilizando filtros normalizados de didimio u holmio. La exactitud de la absorbancia puede comprobarse mediante el barrido de una disolución de 50 ó 100 mg por litro de dicromato potásico puro en 0,005M de ácido sulfúrico, entre 200 nm y 400 nm.

Son habituales las absorbancias siguientes:

Longitud de onda (nm)	50 mg/l	100 mg/l
235	0,626 ± 0,009	1,251 ± 0,019
257	0,727 ± 0,007	1,454 ± 0,015
313	0,244 ± 0,004	0,488 ± 0,007
350	0,536 ± 0,005	1,071 ± 0,011

ESTUFA DE SECADO

El mantenimiento que requiere una estufa de secado no es complicado, ni precisa rutinas periódicas de mantenimiento de complejidad técnica avanzada. Se presentan, a continuación, rutinas generales de mantenimiento que deben efectuarse cuando se requieran. Los procedimientos pueden variar dependiendo del tipo de estufa y las particularidades de diseño incluidas por los diversos fabricantes.

Acceso a los componentes electrónicos

Frecuencia: Cuando se requiera

Los componentes electrónicos de la estufa se encuentran usualmente en la parte inferior de esta. Para poder revisarlos se requiere proceder como se explica a continuación:

1. Desconectar la estufa de la toma de alimentación eléctrica.
2. Desplazar la estufa hacia adelante hasta que la parte frontal de la base se encuentre alineada con el borde de la superficie de trabajo.

3. Colocar dos cuñas de aproximadamente 3 cm de espesor bajo cada uno de los soportes frontales. Esto elevará la parte delantera de la estufa y facilitará la inspección de los elementos electrónicos una vez que se retire la tapa inferior.

4. Retirar los tornillos que aseguran la tapa inferior y levantarla. Entonces, pueden revisarse los componentes del control electrónico.

Por lo general, se ubican en este compartimiento los siguientes elementos:

a) El control programable

b) Un relevo de seguridad

c) El interruptor general y el disyuntor (*breaker*) están combinados en un mismo dispositivo.

5. Reinstalar la tapa una vez terminada la revisión.

Cambio de las resistencias calefactoras

Frecuencia: Cuando se requiera

El procedimiento que se explica a continuación deberá realizarlo personal que disponga de buenos conocimientos de electricidad.

1. Desconectar la estufa de la toma de alimentación eléctrica.

2. Desmontar el termómetro del alojamiento ubicado en la parte superior de la cámara.

3. Abrir la puerta y retirar los estantes.

4. Desconectar la sonda del termómetro.

5. Retirar los tornillos que aseguran el panel inferior.

6. Retirar el panel inferior fuera de la cámara.

7. Retirar los tornillos que aseguran los cables de alimentación eléctrica de las resistencias y desconectar los terminales que los fijan a las resistencias.

8. Retirar los tornillos que aseguran las resistencias y las resistencias fuera de la estufa.

9. Instalar resistencias nuevas de las mismas características de las originales.

10. Reinstalar los elementos retirados y reconectar los componentes eléctricos.

Cambio del ventilador de enfriamiento

Frecuencia: Cuando se requiera

Para cambiar el ventilador de enfriamiento, que se encuentra generalmente en la parte inferior, se sigue el procedimiento que se explica a continuación:

1. Proceder tal como se ha explicado para abrir el compartimiento de elementos electrónicos.
2. Desconectar los terminales de la alimentación eléctrica del ventilador.
3. Desmontar los tornillos de fijación del ventilador.
4. Instalar un ventilador de las mismas especificaciones del original; conectar los cables que alimentan el ventilador a los terminales.
5. Reinstalar la cubierta de protección.

Cambio del empaque de la puerta

Frecuencia: Cuando se requiera

El empaque de la puerta usualmente es de silicona.

1. Apagar la estufa y abrir la puerta.
2. Aflojar los seguros que retienen el empaque.
3. Retirar el empaque utilizando un destornillador para desencajarlo de la guía de retención.
Evitar esfuerzos excesivos que puedan deformar el alojamiento.
4. Instalar el empaque de repuesto iniciando la labor por la parte superior. A continuación, desplazar el resto del empaque hacia los lados, asegurándolo con los elementos de montaje que lo fijan a la puerta. Terminar el procedimiento en la parte inferior de la puerta, tal como se hizo en la parte superior.

Cambio del termo par

Frecuencia: Cuando se requiera

1. Abrir el compartimiento del control electrónico.
2. Retirar los cables conectores del termo par de sus puntos de conexión en la tarjeta del controlador.
3. Aflojar el montaje del termo par de la parte superior de la estufa y retirarlo hacia la parte delantera hasta dejar expuesta una longitud libre del cable conector de por lo menos 15 cm.

4. Cortar el cable del termo par, para poder retirar la envoltura del termo par.
5. Asegurar los extremos cortados del termo par defectuoso, con los cables del termopar de reemplazo. Utilizar cinta para evitar que se suelten.
6. Halar suavemente el termo par defectuoso fuera del compartimiento electrónico, mientras se guían los cables del nuevo, atados a los del viejo, hasta el lugar que les corresponde dentro del compartimiento electrónico.
7. Conectar los cables del termo par nuevo a los terminales de conexión que les corresponde. Verificar que se mantiene la polaridad original.
8. Reensamblar la cubierta protectora.

Cambio de las bisagras de la puerta

Frecuencia: Cuando se requiera

Para cambiar las bisagras de la puerta, se procede como se explica a continuación:

1. Abrir la puerta y levantarla de las bisagras.
2. Retirar los tornillos de montaje de la bisagra defectuosa.
3. Retirar la bisagra defectuosa.
4. Colocar la bisagra nueva y asegurarla con los tornillos de montaje.
5. Reinstalar la puerta.

Tabla de solución de problemas

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
No hay energía.	La estufa no está conectada.	Conectar estufa a toma eléctrica.
	El interruptor de encendido se encuentra apagado.	Accionar el interruptor de encendido.
	Disyuntor defectuoso.	Cambiar el disyuntor.
	Tarjeta de control defectuosa.	Sustituir tarjeta de control.
	Cable conector abierto.	Revisar/ reparar cables conectores.
Temperatura errática elevada.	Termo par defectuoso.	Sustituir termo par.
	Controlador defectuoso.	Sustituir controlador.
La estufa presenta fallas de calentamiento.	Se seleccionó una temperatura inferior a la actual.	Cambiar la selección de la temperatura. Esperar a que esta descienda por debajo de la temperatura seleccionada.
	Termo par defectuoso.	Sustituir el termo par.

	Resistencia calefactora defectuosa.	Sustituir resistencia calefactora.
	Relevo defectuoso.	Sustituir relevo.
	Controlador defectuoso.	Reemplazar controlador.
La pantalla de datos actuales muestra el mensaje "abierto".	Circuito del termo par abierto.	Verificar conexión del termo par o sustituir el termo par.

INCUBADORA

Recomendaciones de limpieza

1. Desconectar la incubadora antes de iniciar los procesos de limpieza.
2. Usar agentes de limpieza no abrasivos: un trapo húmedo con detergente suave, para limpiar las superficies de fácil acceso, exteriores e interiores.
3. Evitar que los agentes de limpieza entren en contacto con los elementos eléctricos.
4. Esperar a que la incubadora esté seca-libre de humedad- antes de proceder a su reconexión.

Rutinas de mantenimiento

Una incubadora bien instalada y operada tiene muy pocas exigencias de mantenimiento y pueden pasar años antes de requerir alguna intervención técnica. Cuando se realice cualquier actividad de mantenimiento, deben seguirse las recomendaciones de los productores de los equipos.

Advertencia: Antes de efectuar cualquier reparación, verificar que la incubadora ha sido descontaminada, se encuentra limpia y ha sido desconectada de la línea de alimentación eléctrica.

Las rutinas de mantenimiento que se presentan a continuación solo deben ser realizadas por personal que haya recibido y aprobado capacitación técnica sobre la incubadora y esté consciente de los riesgos que se corren en este tipo de actividad. Las mismas están enfocadas a verificar el estado y correcto funcionamiento de los siguientes componentes:

1. Empaque de la puerta. Este es un elemento generalmente fabricado a base de silicona, con lo que se garantiza varios años de vida útil. Para sustituir el empaque, es necesario desmontar la puerta y retirar los mecanismos de fijación que lo ubican en la puerta. Por lo general, el empaque va montado sobre una ranura. El nuevo empaque debe tener las mismas especificaciones del original y su montaje se hará utilizando el alojamiento que lo sostiene en la puerta y mediante los mecanismos de fijación que, en algunas incubadoras, son sencillamente un juego de tornillos.
2. Elementos calefactores (sistema de resistencias). Se encuentran ubicados generalmente en la parte inferior de la incubadora. Para poder sustituirlos, es necesario desmontar los paneles y las cubiertas inferiores de la incubadora. En algunas incubadoras se debe desmontar inclusive las puertas- la exterior, metálica y la interior en vidrio-. Una vez retiradas las cubiertas protectoras, se desconectan las resistencias y los sistemas sensores de temperatura y se sustituyen por nuevas con las mismas especificaciones de la original. A continuación, se procede a ensamblar de nuevo los elementos removidos y se efectúa la calibración.
Ventilador de enfriamiento. En caso de daño, este componente debe sustituirse por otro con las mismas características que el original. Para su instalación se debe abrir el compartimiento en el cual se encuentra alojado. Para hacerlo, en algunas incubadoras es necesario desmontar las puertas y algunos paneles de protección. Después, se desconecta el ventilador dañado y se desmonta. Se sustituye por uno nuevo. En el momento del montaje se debe verificar la dirección hacia la cual indica se dará el flujo de aire una vez conectado. Se procede a conectar y ensamblar nuevamente los elementos desmontados.

Normalmente, las situaciones comunes que se presentan en la siguiente tabla debe realizarlas personal que haya recibido y aprobado la capacitación técnica sobre la incubadora y esté consciente de los riesgos que se corren en este tipo de actividad. Las mismas están enfocadas a verificar el estado y correcto funcionamiento de los siguientes componentes:

1. Empaque de la puerta. Este es un elemento generalmente fabricado a base de silicona, son lo que se garantizan varios años de vida útil. Para sustituir el empaque es necesario desmontar la puerta y retirar los mecanismos de fijación que lo ubican en la puerta. Por lo general, el empaque va montado sobre una ranura. El nuevo empaque debe tener las mismas especificaciones del original y su montaje se hará utilizando el alojamiento

que lo sostiene en la puerta mediante los mecanismos de fijación que, en algunas incubadoras, son sencillamente un juego de tornillos.

2. Elementos calefactores (sistema de resistencias). Se encuentran ubicados generalmente en la parte inferior de la incubadora. Para poder sustituirlos, es necesario desmontar los paneles y las cubiertas inferiores. En algunas incubadoras se deben desmontar inclusive las puertas –la exterior, metálica y la interior, de vidrio-. Una vez retiradas las cubiertas protectoras, se desconectan las resistencias y los sistemas sensores de temperatura y se sustituyen por las nuevas. A continuación, se procede a ensamblar de nuevo los elementos removidos y se efectúa la calibración.
3. Ventilador de enfriamiento. En caso de daño, este componente debe ser sustituido por otro con las mismas especificaciones del original. Para su instalación se debe abrir el compartimento en el cual se encuentra alojado. Para hacerlo, en algunas incubadoras es necesario desmontar las puertas y algunos paneles de protección. Se desconecta el ventilador dañado y se desmonta. Se sustituye por el nuevo. En el momento del montaje se debe verificar la dirección hacia la cual se dará el flujo de aire una vez conectado. Se procede a conectar y ensamblar nuevamente los elementos desmontados.

Para la sustitución de los siguientes componentes, que se citan a continuación, se procede de la misma manera a las descritas en los componentes anteriores.

4. Ventilador de circulación interna.
5. Control electrónico
6. Componentes eléctricos
7. Termopares
8. Puerta de vidrio
9. Manija
10. Cuerpo de la incubadora (elementos internos y externos)

Tabla de solución de problemas

Normalmente, las situaciones comunes que se presentan en la siguiente tabla debe realizarlas personal que haya recibido y aprobado capacitación especializada en operación y mantenimiento de incubadoras. Casos especializados deben atenderse siguiendo las recomendaciones de los fabricantes.

Incubadora normal

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
La incubadora no enciende.	No hay energía en la red de alimentación eléctrica.	Revisar el estado de la acometida eléctrica.

	El interruptor de encendido/apagado está en la	Colocar el interruptor en la posición encendido.
	El cable de alimentación eléctrica está defectuoso.	Revisar cable o sustituirlo.
La incubadora presenta fallas de calentamiento.	El control de temperatura está	Revisar y ajustar o sustituir control de
	La resistencia calefactora está defectuosa.	Sustituir resistencia. Colocar repuesto con las mismas características del
	La conexión de la resistencia calefactora está defectuosa.	Limpiar puntos de conexión. Ajustar la conexión.
	El par termoeléctrico está	Reemplazar par termoeléctrico.
	La temperatura seleccionada es menor que la temperatura ambiente.	Revisar especificación de la incubadora. Solo las incubadoras refrigeradas pueden operar en este tipo de condiciones. En condiciones normales la temperatura ambiente es menor que la
	El relevo está defectuoso.	Sustituir relevo.
	El empaque(s) de la puerta está defectuoso(s).	Cambiar empaque(s) de la puerta.
Alarma permanece encendida y la temperatura es mayor que la seleccionada.	La temperatura seleccionada ha sido cambiada a un valor menor que el límite máximo definido	Esperar a que la temperatura actual disminuya hasta la temperatura seleccionada.
	El control de temperatura está	Sustituir control de temperatura.
	El relevo de estado sólido está	Sustituir relevo.
La pantalla muestra continuamente una señal de falla. Usualmente los LED muestran las letras EEE.	El diodo de alarma centellea.	Permitir que la incubadora se enfríe hasta que se estabilice en la temperatura seleccionada de
	El diodo de alarma centellea.	Permitir que la incubadora se enfríe hasta que se estabilice en la temperatura seleccionada de

Incubadora de baja temperatura

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
El control de la incubadora no funciona.	El interruptor está apagado.	Encender el interruptor principal.
	No hay alimentación eléctrica.	Verificar circuito de alimentación
Lecturas de temperatura erráticas (superiores o inferiores a la especificada).	Hay acumulación de escarcha alrededor del evaporador.	Descongelar según proceso definido por el fabricante.
		Reducir la temperatura de enfriamiento.
Temperatura uniforme en la cámara de incubación, pero superior a la seleccionada.	Hay acumulación de escarcha alrededor del evaporador.	Descongelar según proceso definido por el fabricante.
	El flujo interior de aire está bloqueado por contenedores de	Reorganizar los contenedores para permitir el flujo de aire.

Temperatura superior o inferior a la seleccionada.	El control de temperatura podría requerir calibración.	Calibrar según procedimiento definido por el fabricante.
El control se desconecta estando en operación.	El voltaje de línea es inadecuado.	Verificar el voltaje de línea, este no debe variar más del 5 % del voltaje Acometida eléctrica fuera de norma.
El compresor no funciona, aunque el LED de enfriamiento está	El protector térmico del compresor está abierto.	Verificar el voltaje de línea, este no debe variar más del 5 % del voltaje especificado en la placa.
Lecturas de temperatura superiores a las seleccionadas y disparo de alarma por encima de los 40 °C.	El relevo de enfriamiento está El compresor está defectuoso.	Sustituir relevo de enfriamiento. Sustituir compresor. Cargar refrigerante y calibrar. (Procedimiento especializado que requiere herramientas especiales).

MICROSCOPIOS

Ante todo es necesario enfatizar que el microscopio es un equipo de alta precisión. La integridad de sus componentes ópticos, mecánicos y eléctricos debe ser observada, a fin de conservarlo en las mejores condiciones.

Cada elemento del microscopio ha sido desarrollado utilizando las más avanzadas técnicas de fabricación. El ensamble de sus componentes y su ajuste se realiza en fábrica, utilizando equipos especializados que, mediante técnicas de medición avanzadas, controlan las tolerancias requeridas entre los diversos componentes del equipo. La limpieza del ambiente en el que se utiliza, su instalación y uso cuidadoso resultan fundamentales para lograr una larga vida útil.

La humedad, el polvo y las malas condiciones de alimentación eléctrica, el mal uso o instalación inadecuada resultan contraproducentes para su correcta conservación. El mantenimiento del microscopio implica mucho cuidado, paciencia y dedicación. Debe ser efectuado únicamente por personal que haya recibido capacitación en el equipo y que disponga de la herramienta especializada que se requiere para intervenir. Se presentan a continuación las recomendaciones generales para la instalación y el mantenimiento necesarios para mantener un microscopio en buen estado de funcionamiento y que están al alcance del técnico.

Procedimientos de limpieza

La limpieza del microscopio es una de las rutinas más importantes y debe considerarse un procedimiento rutinario. Para realizar la rutina de limpieza se requiere lo siguiente:

Materiales:

1. Una pieza de tela limpia, de textura similar a la de los pañuelos.

2. Una botella de líquido para limpieza de lentes. Se consigue en las ópticas. Normalmente no afecta los recubrimientos de los lentes y tampoco afecta los pegantes o cementos utilizados para el montaje de los mismos. Entre los líquidos de limpieza más utilizados se encuentran el etil éter, el xileno y la gasolina blanca.
3. Papel para limpieza de lentes. Si no es posible conseguir este material, se puede sustituir con papel absorbente suave o con algodón tipo medicinal. También puede utilizarse un trozo de seda suave.
4. Una pieza de gamuza muy fina.
5. Una pera de caucho para soplar aire. Se puede fabricar en el laboratorio un dispositivo con este propósito, acoplado a una pipeta tipo Pasteur, con la pera de caucho.
6. Una cubierta plástica. Se utiliza para proteger el microscopio del ambiente externo cuando no está en uso. También podría utilizarse una bolsa de tela de textura similar a la de los pañuelos.
7. Un pincel suave de pelo de camello o un pincel fino para pintura. Lo importante es que el pelo del pincel sea natural, de longitud uniforme, textura muy suave, esté seco y libre de grasa. En los almacenes que distribuyen artículos de fotografía, es posible conseguir este accesorio. También es posible encontrar un equivalente en tiendas especializadas en suministro de cosméticos.
8. Un paquete 250 g de material desecante (silica gel). Este material se utiliza para mantener controlada la humedad en la caja de almacenamiento del microscopio, si la misma es hermética. Este material cambia de color cuando se encuentra saturado de humedad, aspecto que permite detectar si requiere ser sustituido o renovado. Cuando está en buen estado, por lo general, es de color azul; cuando se encuentra saturado de humedad, es de color rosado.
9. Bombillos y fusibles de repuesto. De la clase instalada por el fabricante o un equivalente de las mismas características del original.

Precaución: Algunos fabricantes recomiendan no utilizar alcoholes o acetonas, debido a que pueden afectar –disolver– los cementos o pegantes utilizados para fijar los lentes.

Nota: Todos los materiales requeridos para efectuar la limpieza deben mantenerse limpios y guardados en recipientes que los protejan del entorno externo.

Limpieza de los elementos ópticos

En un microscopio se encuentran dos tipos de elementos ópticos: los externos, que están en contacto con el ambiente que rodea el equipo, y los internos, que se

encuentran dentro del cuerpo del microscopio –las partes internas de los objetivos, oculares, espejos, prismas, condensador, iluminador, etc.– y que no tienen un contacto directo con el ambiente que rodea el equipo. Los procedimientos de limpieza, aunque similares, difieren en cuanto al cuidado y precauciones que deben preverse.

1. Los elementos ópticos externos de los oculares, los objetivos, el condensador y el iluminador se limpian frotando suavemente la superficie de los mismos, con el pincel de pelo de camello. Esto remueve las partículas de polvo que hayan podido encontrarse depositadas sobre la superficie de los mismos. A continuación, se utiliza la pera para soplar chorros de aire sobre la superficie de los lentes y asegurar que los mismos quedan libres de polvo. Si el polvo se encuentra adherido a la superficie óptica, se utiliza la pieza de tela limpia y de forma muy suave se efectúa un pequeño movimiento circular, sin ejercer mayor presión sobre la superficie del lente. Con la pera se sopla nuevamente la superficie del lente. Esto retira las partículas adheridas. Podría también utilizarse una pieza de gamuza fina. En este caso se instala la pieza de gamuza en la punta de un pequeño cilindro de diámetro ligeramente inferior al del lente y, sin ejercer mayor presión, se efectúa una rotación de la misma sobre la superficie del lente. Finalmente, con la pera, se sopla aire sobre la superficie del lente. Esto basta para limpiar las superficies externas. La pieza de gamuza puede humedecerse con agua destilada.

2. En condiciones adecuadas de instalación, las superficies interiores de los elementos ópticos no deben resultar afectadas por la presencia de polvo o partículas. Si por alguna circunstancia aparecen partículas sobre la superficie interior de los lentes, se necesita abrirlos para efectuar la limpieza.

Nunca debe abrirse un ocular u objetivo, sino se cuenta con un ambiente limpio en el cual realizar el procedimiento de limpieza.

Las superficies ópticas interiores se limpian con el pincel de pelo de camello y con la pera para soplar aire, siguiendo un procedimiento análogo al anteriormente explicado; se recomienda no desmontar por ningún motivo los elementos ópticos para no alterar las tolerancias de ensamble de fabricante. Si se desmontan, sería necesario alinear nuevamente los elementos y esto solo es factible siguiendo instrucciones precisas del fabricante. La limpieza de los objetivos se limitará a conservar limpios los lentes frontal y posterior.

3. Si se detectan residuos de aceite de inmersión en la superficie de los lentes, este debe removerse utilizando papel especial para limpieza de lentes o algodón tipo medicinal. A continuación, la superficie del lente debe limpiarse con una solución compuesta de 80 % de éter de petróleo y 20 % de 2-Propanol 2.

Limpieza del cuerpo del microscopio

1. El cuerpo del microscopio puede ser limpiado con una solución jabonosa que resulta útil para remover la suciedad externa.

La solución jabonosa corta la grasa y el aceite. La misma puede aplicarse con un cepillo pequeño. Después de que la grasa y la suciedad hayan sido removidas, debe limpiarse el cuerpo del microscopio con una solución 50/50 de agua destilada y etanol al 95 %.

Nota: Esta solución no es adecuada para limpiar las superficies ópticas.

2. Las partes mecánicas, integradas por los mecanismos de ajuste macro/micrométrico –ajuste grueso y fino–, el mecanismo de ajuste del condensador y los mecanismos de la platina, deben ser lubricados de forma periódica con aceite fino de máquina, para permitir su desplazamiento suave.

Mantenimiento y precauciones: Diariamente

1- Al finalizar el trabajo, hay que dejar puesto el objetivo de menor aumento en posición de observación, asegurarse de que la parte mecánica de la platina no sobresale del borde de la misma y dejarlo cubierto con su funda.

2- Cuando no se está utilizando el microscopio, hay que mantenerlo cubierto con su funda para evitar que se ensucien y dañen las lentes. Si no se va a usar de forma prolongada, se debe guardar en su caja dentro de un armario para protegerlo del polvo.

3- Nunca hay que tocar las lentes con las manos. Si se ensucian, limpiarlas muy suavemente con un papel de filtro o, mejor, con un papel de óptica.

4- No dejar el portaobjetos puesto sobre la platina si no se está utilizando el microscopio.

5- Después de utilizar el objetivo de inmersión, hay que limpiar el aceite que queda en el objetivo con pañuelos especiales para óptica o con papel de filtro (menos recomendable). En cualquier caso se pasará el papel por la lente en un solo sentido y con suavidad. Si el aceite ha llegado a secarse y pegarse en el objetivo, hay que limpiarlo con una mezcla de alcohol-acetona (7:3) o xilol. No hay que abusar de este tipo de limpieza, porque si se aplican estos disolventes en exceso se pueden dañar las lentes y su sujeción.

6- No forzar nunca los tornillos giratorios del microscopio (macrométrico, micrométrico, platina, revólver y condensador).

7- El cambio de objetivo se hace girando el revólver y dirigiendo siempre la mirada a la preparación para prevenir el roce de la lente con la muestra. No cambiar nunca

de objetivo agarrándolo por el tubo del mismo ni hacerlo mientras se está observando a través del ocular.

8- Mantener seca y limpia la platina del microscopio. Si se derrama sobre ella algún líquido, secarlo con un paño. Si se mancha de aceite, limpiarla con un paño humedecido en xilol.

9- Es conveniente limpiar y revisar siempre los microscopios al finalizar la sesión práctica y, al acabar el curso, encargar a un técnico un ajuste y revisión general de los mismos.

PLATO CALIENTE CON AGITADOR

Rutinas de mantenimiento

El plato caliente con agitador es un equipo diseñado para trabajar en condiciones normales, sin que presente mayores exigencias de mantenimiento. Este equipo bien instalado y operado funciona sin problemas durante muchos años. En este documento se exponen las rutinas generales de mantenimiento que recomiendan los fabricantes. Procedimientos especializados deben realizarse siguiendo cuidadosamente las recomendaciones de los fabricantes.

Limpieza

Frecuencia: Mensual

1. Limpiar el equipo en una posición vertical, para evitar que los agentes de limpieza lleguen a los componentes internos.
2. Utilizar un detergente suave. Aplicarlo sobre las superficies externas, utilizando una pieza de tela de calidad similar a la de los pañuelos.
3. Verificar que el equipo se encuentre completamente seco antes de volver a conectar.

Reemplazo de superficies cerámicas

Frecuencia: Cuando se requiera

A continuación, se presentan las recomendaciones generales aplicables a la sustitución de las superficies cerámicas.

1. Verificar que el plato caliente se encuentre desconectado y frío. Esto evita el riesgo de que se produzca un choque eléctrico o se presente una quemadura.
2. Manejar con extremo cuidado el equipo, pues una superficie cerámica rota tiene bordes cortantes muy peligrosos.
3. Colocar la unidad con la superficie calefactora hacia abajo.
4. Retirar los tornillos que fijan la tapa inferior y removerla.
5. Ubicar y desconectar los cables que alimentan las resistencias eléctricas (en modelos que utilizan estos elementos).
6. Desconectar los cables existentes entre el control del equipo y las resistencias.
7. Retirar los tornillos que fijan la cubierta superior a la base. Verificar que no se afecten las conexiones a las resistencias calefactoras.
8. Orientar la nueva superficie cerámica, tal como se encuentra montada la superficie cerámica a cambiar.
9. Observar cómo se encuentran colocados los seguros de la cubierta cerámica dañada. Retirar dichos seguros y colocar los elementos calefactores y aislantes dentro de la nueva superficie, conservando la misma alineación y distribución que tenía en la cubierta original. Colocar los nuevos seguros.
10. Reconectar los siguientes componentes en un proceso inverso al arriba descrito.

Reemplazo de fusibles

Frecuencia: Cuando se requiera

Si el plato está conectado y el interruptor principal en la posición de encendido, pero no hay efecto calefactor, es posible que sea necesario sustituir el fusible. El proceso es el siguiente:

1. Colocar el interruptor principal en la posición apagado y desconectar el cable de alimentación eléctrica.
2. Retirar, con un destornillador de pala, la tapa del compartimiento del fusible.
3. Reemplazar el fusible por uno nuevo de las mismas especificaciones del original.

4. Colocar la cubierta del compartimiento del fusible.

Tabla de solución de problemas

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	POSIBLE SOLUCIÓN
No hay energía eléctrica	Falla en el fusible de protección	Sustituir el fusible
	Falla en la acometida eléctrica que alimenta al equipo	Revisar estado de la acometida eléctrica
	Equipo desconectado de la toma de corriente eléctrica	Conectar el equipo a la toma eléctrica.
	Cable de alimentación eléctrica defectuoso	Sustituir el cable
El plato no presenta efecto calefactor	No se ha seleccionado la función de calefacción	Accionar la función de calefacción en el tablero de control
	Resistencia calefactora dañada	Sustituir resistencia calefactora.
No hay efecto de rotación	No se ha seleccionado la función de rotación	Accionar el control de rotación en el tablero de control

POTENCIÓMETRO

Procedimiento general de calibración

Frecuencia: Diaria

Los analizadores de pH normalmente deben ser calibrados antes de ser utilizados, a fin de garantizar la calidad y exactitud de las lecturas. Los procedimientos que se realizan son los siguientes:

1. Calibración de un punto. Se realiza en condiciones de funcionamiento y uso normal.

Utiliza una solución de referencia de pH conocido.

2. Calibración de dos puntos. Se realiza si se requiere efectuar mediciones muy precisas.

Utiliza dos soluciones de referencia de pH conocido. Igualmente, si el instrumento se utiliza de forma esporádica y si el mantenimiento que recibe es eventual.

Mantenimiento general del potenciómetro

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).

Procedimientos generales de mantenimiento al cuerpo del potenciómetro

Frecuencia: Cada seis meses

1. Examinar el exterior del equipo y evaluar su condición física general. Verificar la limpieza de las cubiertas y el ajuste de las mismas.
2. Probar el cable de conexión y su sistema de acoples. Comprobar que se encuentran en buenas condiciones y que están limpios.
3. Examinar los controles del equipo. Verificar que se encuentran en buen estado y que se pueden accionar sin dificultad.
4. Verificar que el metro se encuentra en buen estado. Para esta verificación el instrumento debe estar desconectado de la línea de alimentación eléctrica. Ajustar la aguja indicadora a cero (0), utilizando el tornillo de graduación que generalmente se encuentra bajo el pivote de la aguja indicadora. Si el equipo dispone de pantalla indicadora, comprobar su funcionamiento normal.
5. Confirmar que el indicador de encendido –bombillo o diodo– opere normalmente.
6. Verificar el estado de brazo portaelectrodo. Examinar el mecanismo de montaje y fijación del electrodo, a fin de prever que el electrodo no se suelte. Comprobar que el ajuste de alturas opere correctamente.
7. Revisar las baterías –si aplica–; cambiar si es necesario.
8. Efectuar una prueba de funcionamiento midiendo el pH de una solución conocida.
9. Inspeccionar las corrientes de fuga y la conexión a tierra.

Mantenimiento básico del electrodo

Frecuencia: Cada cuatro meses

El electrodo detector requiere mantenimiento periódico de la solución conductora, para que pueda obtener lecturas precisas.

Los procesos recomendados para reponer la solución electrolítica son los siguientes:

1. Retirar el electrodo detector de la solución *buffer* de almacenamiento.
2. Enjuagar el electrodo detector con abundante agua destilada.
3. Retirar la cubierta superior del electrodo detector.
4. 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.
5. Envolver una pequeña parte de la tapa superior del electrodo para cubrir la apertura superior del mismo.
6. 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.
7. Enjuagar el electrodo con agua destilada.
8. Mantener el electrodo dentro de la solución *buffer* de almacenamiento, siempre que no esté en uso.

Limpieza del electrodo

La clase de limpieza requerida por el electrodo depende del tipo de contaminante que lo haya podido afectar. Se resumen a continuación los procedimientos más comunes.

9. **Limpieza general.** Remojar el electrodo de pH en una solución 0,1 M de ácido clorhídrico (HCl) o 0,1 M de HNO₃, durante 20 minutos. Enjuagar con agua corriente antes de usar.
10. **Remoción de depósitos y bacterias.** Remojar el electrodo de pH en una disolución 1:10 de blanqueador doméstico, durante 10 minutos. Enjuagar con agua abundante antes de usar.
11. **Limpieza de aceite y grasa.** Enjuagar el electrodo de pH con un detergente medio o con alcohol metílico. Enjuagar con agua antes de usar.

12. **Limpieza de depósitos de proteínas.** Remojar el electrodo de pH en pepsina al 1 % en ácido clorhídrico 0,1 M, durante 5 minutos.

Enjuagar con agua antes de usar.

Después de realizar cualquier operación de limpieza, es conveniente enjuagar con agua desionizada y rellenar el electrodo de referencia antes de usar.

Otros cuidados

13. 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–, es necesario manipularlo de forma cuidadosa, evitando que sufra golpes, choques o caídas.

14. Recordar que el electrodo es un elemento de consumo y que tiene una vida útil limitada.

15. Mientras no esté en uso, mantener el electrodo dentro de la solución *buffer* de almacenamiento.

Tabla de solución de problemas

PROBLEMA	CAUSA	PROBABLE REMEDIO
El analizador de pH presenta lecturas inestables.	Burbujas de aire en el electrodo	Remojar el electrodo para eliminar las burbujas.
	. Electrodo sucio o grasoso.	Limpiar el electrodo y recalibrar.
	Electrodo muy superficial.	Verificar que la muestra cubre perfectamente la punta del electrodo.
	Electrodo roto.	Reemplazar el electrodo.
La respuesta del electrodo es lenta.	Electrodo sucio o grasoso.	Limpiar el electrodo y recalibrar.
La pantalla presenta mensaje de error.	Operación incorrecta o selección errónea del modo de operación.	Verificar modo de operación seleccionado. Seleccionar una operación válida.
La pantalla presenta mensaje de calibración o error.	Error de calibración.	Recalibrar analizador de pH.
	Valor de buffer erróneo en la calibración.	Verificar los valores del buffer utilizado.
	Electrodo sucio.	Limpiar electrodo y calibrar.
Analizador de pH encendido, pero no hay señal en la pantalla (*).	Baterías mal instaladas.	Verificar polaridad de las baterías.
	Baterías agotadas.	Reemplazar baterías.
Indicador de baterías centellea (*).	Baterías agotadas.	Reemplazar baterías.
(*) Causa probable en equipos que funcionan con baterías.		

REFRIGERADOR

Rutinas de mantenimiento

Los refrigeradores son equipos que en general no son muy exigentes desde la perspectiva de mantenimiento, aunque sí son exigentes con relación a la calidad de los sistemas de alimentación eléctrica. Si se conectan a circuitos eléctricos de buena calidad y se verifica que tengan buena ventilación alrededor del equipo, pueden funcionar años sin demandar servicios técnicos especializados. El circuito de refrigeración es sellado en fábrica y no dispone de componentes que puedan requerir mantenimiento rutinario. Se describen a continuación las rutinas de mantenimiento más comunes.

Refrigeradores de conservación

Limpieza interior

Frecuencia: Trimestral

1. Verificar que los estantes interiores del refrigerador se encuentran limpios. Generalmente se fabrican en malla metálica, a la cual se le aplica un recubrimiento para evitar la corrosión. Para limpiarlos debe retirarse del refrigerador cualquier material que pudiera interferir la labor de limpieza. Mover los estantes vacíos hacia adelante. Aplicar un detergente suave con un trapo húmedo, frotar suavemente, las superficies superiores e inferiores. Secar y reubicar en la posición original.
2. Si el refrigerador dispone de cajones, la labor de limpieza es similar. Desocupar los cajones y desmontarlos de los dispositivos de ajuste. Retirarlos del refrigerador.
3. Una vez desmontados los estantes o cajones, limpiar las paredes interiores del refrigerador, utilizando un detergente suave. Secar antes de montar los accesorios interiores.
4. Aplicar a los cajones un detergente suave con un trapo húmedo. Frotar con cuidado. Secar los cajones y reinstalarlos en los dispositivos de montaje disponibles en el refrigerador.

Advertencia: Evitar el uso de lana de acero u otros abrasivos para efectuar la limpieza de los estantes o los cajones. Evitar el uso de gasolina, nafta o adelgazantes, porque estos dañan los plásticos, el empaque o la pintura de las superficies.

Limpieza del condensador

Frecuencia: Cada 6 meses

1. Desconectar el cable de alimentación eléctrica.
2. Verificar la posición donde se encuentra instalado el condensador. Los fabricantes lo colocan principalmente en la parte inferior y en la parte trasera del equipo. Algunos refrigeradores lo tienen instalado en la parte superior.
3. Retirar la rejilla de protección y el filtro de protección del condensador (No todos los fabricantes proveen filtro).
4. Retirar la suciedad y el polvo depositados sobre la superficie del condensador. Utilizar una aspiradora dotada de un cepillo de succión. Recorrer toda la superficie del condensador para retirar la suciedad o el polvo acumulado. Verificar que tanto la superficie de los tubos como la superficie de las aletas conductoras de calor queden limpias. Aspirar también el filtro (si se dispone de este elemento).
5. Reinstalar la cubierta.
6. Conectar el refrigerador a la acometida eléctrica.
Advertencia: Si el condensador no se limpia, se interfiere el proceso de transferencia de calor y el refrigerador podría "calentarse" o funcionar con temperaturas diferentes a las seleccionadas.

Empaque de la puerta

El empaque de la puerta es un componente que debe permanecer en buen estado para que el refrigerador opere correctamente. Para verificar su estado se procede como se explica a continuación.

1. Abrir la puerta.
2. Insertar una tira de papel de unos 5 cm de ancho, entre el empaque de la puerta y el reborde del cuerpo del refrigerador donde se aloja el empaque.
3. Cerrar la puerta.
4. Halar suavemente el papel desde el exterior.
El papel debe presentar una resistencia a ser desplazado hacia afuera. Si el

papel puede retirarse sin presentar resistencia, el empaque debe ser sustituido. Efectuar este procedimiento cada 10 cm alrededor de todo el perímetro sobre el cual actúa el empaque.

Advertencia: Un empaque en malas condiciones produce varios inconvenientes en el funcionamiento del refrigerador:

1. Permite el ingreso de humedad, que se condensa y congela en el interior del evaporador.
2. Incrementa el tiempo de operación del compresor para mantener la temperatura seleccionada.
3. Afecta la conservación de la temperatura.
4. Incrementa los costos de operación.

Descongelar

Muchos refrigeradores modernos disponen de ciclos automáticos para descongelar el evaporador, a fin de evitar que se presenten acumulaciones de escarcha. Normalmente, dichos ciclos se realizan mediante la activación de un conjunto de resistencias eléctricas que de forma rápida eliminan la escarcha presente. Algunos fabricantes prefieren que este ciclo se realice bajo el criterio de quien opera el refrigerador y su accionamiento es manual. Se presenta a continuación el procedimiento recomendado para descongelar.

1. Verificar que el espesor de la escarcha sea superior a 8 mm.
2. Retirar el contenido de los compartimientos.
3. Desconectar el refrigerador.
4. Dejar la puerta abierta.
5. Retirar el agua a medida que esta se acumula en los compartimientos. Utilizar una esponja o una pieza de tela absorbente.
6. Colocar una toalla para evitar que el agua descongelada moje la parte frontal e inferior del refrigerador.

Advertencia: Nunca utilizar elementos punzocortantes para retirar el hielo o la escarcha del evaporador. Tal acción puede perforar la pared del evaporador y permitir la fuga del fluido refrigerante, causando una falla grave que solo puede ser re- parada en un taller especializado.

Tabla de solución de problemas

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
El refrigerador no funciona.	Equipo desconectado.	Verificar conexión del refrigerador.
	No hay electricidad en circuito de alimentación.	Comprobar acometida eléctrica.
		Verificar el interruptor general (breaker).
El refrigerador funciona de forma continua sin efecto frigorífico.	Termostato ajustado a alta temperatura.	Confirmar ajuste del termostato.
	Refrigerador congelado.	Ajustar el termostato a una temperatura me- nos baja.
		Descongelar el refrigerador.
El refrigerador presenta fluctuaciones de temperatura.	Control de temperatura descalibrado.	Calibrar la temperatura de operación según procedimiento definido por el fabricante.
	Condensador sucio.	Limpiar condensador, de acuerdo a procedimiento citado en rutinas de mantenimiento.
El refrigerador presenta temperatura alta.	Puerta abierta.	Verificar que la puerta esté bien ajustada.
	Falla en la alimentación eléctrica.	Confirmar que la acometida eléctrica funciona correctamente.
	Se colocó una carga a temperatura alta (líquidos o sólidos) dentro del refrigerador.	Esperar a que el refrigerador retire el calor de la carga.
	El compresor no funciona.	Verificar funcionamiento del compresor.
		Comprobar si está encendida una de las bombas de aceite.
	El compresor funciona, pero hay hielo en el evaporador.	Verificar si funcionan los ventiladores del evaporador.
	El compresor funciona, no hay hielo en el evaporador y funcionan bien los ventiladores del evaporador.	Se requiere una verificación completa del sistema de refrigeración. Llamar al servicio técnico especializado.
Al operar el refrigerador se escuchan sonidos similares a un clic.	El protector térmico ha desconectado el compresor.	Verificar si el voltaje de alimentación es el correcto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

POTENCIÓMETRO

Basic Ph Meter PH-20, *Operation Manual*, Sartorius, Publication N° WPB6001-e00062. (www.sartorius.com)

Castellanos, J., *Medidor de pH en sangre*, Fondo Nacional Hospitalario, División de Ingeniería y Mantenimiento, 1989.

Healthcare Product Comparison System, ECRI, 2002.

Restrepo, F., Vargas L., *Química básica*, Medellín,

Editorial Bedout. Sienko, M., Plane R., *Química*,

Madrid, Aguilar S.A. de Ediciones, 1971.

Potts, R., *The pH Meter*, Science learning Center, University of Michigan - Dearborn.
(<http://www.umd.umich.edu/casl/natsci/slc/slconline/PHM/ph-home.htm>)

BALANZAS

Explorer Pro. Instruction Manual, Ohaus Corporation, Part N° 80250955, 2003. (www.ohaus.com)

Guidelines for calibration in laboratories, Drinking Water Inspectorate By LGC (Teddington) Ltd., December 2000.
(<http://www.dwi.gov.uk/regs/crypto/..%5Ccrypto%5Cpdf%5CCalibration%20guidelines.pdf>)

Mantenimiento y reparación del equipo de laboratorio, diagnóstico por imagen y hospital, Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1996.

Manual of Basic Techniques for a Health Laboratory, Geneva, World Health Organization, 2nd. Edition, 2003.

Voyager Pro®, *Instruction Manual*, Ohaus Corporation, Part N° 80251000, 2003. (www.ohaus.com).

BAÑO MARIA

Fisher Isotemp economy water baths, Instructions: Fisher Scientific, Part N° 103412, Rev. E., 2004. (<http://www.fisherlabequipment.com/productinfo.htm>)

Fisher Isotemp water baths, Instructions: Fisher Scientific, Part N° 102370, Rev. K., 2004. (<http://www.fisherlabequipment.com/productinfo.htm>)

Venegas, J., *Texto de física, Fono-foto y electrología*, Cali, Colombia, Editorial Norma.

CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Cabinas de Seguridad Biológica. Uso, Desinfección y Mantenimiento, Washington D. C., Organización Panamericana de la Salud, 2002.

Class II (Laminar flow) Biohazard Cabinetry, NSF International Standard, NSF-49-1992.

Pérez, W., Mantenimiento de cabinas de flujo laminar, Memorias Taller Internacional sobre Calidad en el Laboratorio de Salud Pública, Bogotá, Instituto Nacional de Salud, 2003.

MICROSCOPIO

Manual of Basic Techniques for a Health Laboratory, World Health Organization, Geneva, 2nd. Edition, 2003.

(<http://www.ruf.rice.edu/~bioslabs/methods/microscopy/microscopy.html>)

(<http://www.twingroves.district96.k12.il.us/Renaissance/University/Inventions/Microscope>)

CENTRÍFUGA

Manual de operación y cuidados del equipo del laboratorio clínico, Proyecto de mantenimiento hospitalario, San Salvador, El Salvador, GTZ-Ministerio de Salud Pública, 1998, 5-7.

(<http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspasgtz/Downloads/LaboratorioClinico.pdf>)

(<http://web.princeton.edu/sites/ehs/labsafetymanual/sec7i.htm>)

ESTUFA DE SECADO

Manual de Esterilización y Desinfección, Santiago de Chile, Unidad de Infecciones Intrahospitalarias de la Red de la División Asistencial, Ministerio de Salud.

(<http://odontologia.uchile.cl/catedras/operator/operato/manualfinal.pdf>)

ESPECTROFOTÓMETRO DE LUZ VISIBLE/ULTRAVIOLETA

Castellanos, J., *Sistema de capacitación técnica, Mantenimiento de equipo médico, Módulo Laboratorio Clínico, submódulo 2, espectrofotómetro*, Bogotá, Colombia, Fondo Nacional Hospitalario, División de Ingeniería y Mantenimiento, 1989.

Seminario Taller Operación y Mantenimiento de Espectrofotómetros, Proyecto Subregional de Mantenimiento, convenio RE-HS-02 OPS/OMS, 1992.

(http://www.biochrom.co.uk/images/spectro/ultra100pro_white.jpg)

(<http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chem-ed/spec/spectros.htm>)

AUTOCLAVE

Manual de Esterilización y Desinfección, Santiago de Chile, Unidad de Infecciones Intrahospitalarias de la Red de la División Asistencial, Ministerio de Salud.
(<http://odontologia.uchile.cl/catedras/operator/operato/manualfinal.pdf>)

Manual de operación para equipos esterilizadores y destiladores, San Salvador, Proyecto de Mantenimiento Hospitalario, Ministerio de Salud - GTZ, 1998.

Manual de operación de autoclave, San Salvador, Proyecto de Mantenimiento Hospitalario, Ministerio de Salud - GTZ, 1997.

INCUBADORA

Holman, J., *Heat Transfer*, New York, Mc Graw Hill Co., 1972

Low Temperature Incubator, Model 307A, Operating and Service Instructions, Fisher Scientific, Part N° 88732, 1993.

PLATO CALIENTE CON AGITADOR

Instructions for replacement on ceramic top on Fisher 11-500 series, Hotplates and Stirrers, Part N° 103177, 1998.

Instruction manual for Fisher Scientific Stirrers, Hotplates and Stirring Hotplates, Pittsburg, Fisher Scientific.

(<http://www.mastrad.com/hotplate1.jpg>)

REFRIGERADOR

Installation and Operation, Laboratory Refrigerators, REVCO. (<http://www.revco-sci.com/support/manuals/labfrz2.pdf>).

Hernández, E., *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*, México, Editorial Limsa, 1973.

General purpose laboratory refrigerator/freezer, Instruction Manual, Pittsburgh, Fisher Scientific, Part N° 102778, Rev. D, 2002.