



**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS**  
**VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILIS TOGA. 1948**

## **Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la  
Información**

### **TRABAJO DE DIPLOMA**

# **Mantenimiento en Espectrofotómetros de la serie GENESYS 10**

**Autor: Sheylan Mabel Cárdenas López**

**Tutores: Ing. Heykel Iglesias Reyes**

**Dr.C Sergio Rodríguez Arias**

**Santa Clara**

**2010**

**"Año 52 de la Revolución"**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE ELECTRÓNICA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

### **Mantenimiento en Espectrofotómetros de la serie GENESYS 10**

**Autor: Sheylan Mabel Cárdenas López**

scardenas@uclv.edu.cu

**Tutor(es): Ing. Heykel Iglesias Reyes**

higlesias@uclv.edu.cu

**Dr.C Sergio Rodríguez Arias**

sergior@uclv.edu.cu

Santa Clara

2010

"Año 52 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Biomédica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Tutor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

## *PENSAMIENTO*

*Lo fácil lo hicimos ayer, lo difícil lo terminamos hoy  
y lo imposible lo haremos mañana.*

*Pool.*

*Saberse sacrificar. Ese es el precio del éxito durable en todo.*

*José Martí.*

## DEDICATORIA

*A mi familia, pues han sido la razón de todo mi esfuerzo en estos 5 años.*

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ *A Dios, por demostrarme que no hay mejor ayuda que la que se da uno mismo y que nunca es tarde para comenzar de nuevo.*
- ❖ *A mi tutor Heykel, por su esfuerzo, dedicación e incondicionalidad, para él mi eterno agradecimiento.*
- ❖ *A mi tutor Sergio, pues su ayuda fue primordial en el desarrollo de este trabajo.*
- ❖ *A todos mis profesores en especial, por haber compartido tanto con ellos, a Carlitos, Taboada, Mendoza, Diana y Arturo.*
- ❖ *A mi papá Abel por guiarme siempre en la vida y ayudarme a ser la persona que soy hoy.*
- ❖ *A mi mamá Mabel porque es mi gran apoyo, por estar siempre tan pendiente de mí.*
- ❖ *A mi tía Milagro porque ella sabe que es mi segunda mamá.*
- ❖ *A mi tía Regla y a mis tíos Ramón y Eridio por su ayuda.*

- ❖ *A mis adorables abuelos Ana, Ramón y Manuela, porque siempre me han apoyado.*
- ❖ *A Adriamny y a su familia, porque parte de lo que soy hoy se los debo a ellos.*
- ❖ *A mis amigas del alma que más que amigas son mis hermanas Mariana, Maité, Meily, Yoana, Betty y Lianys que las quiero mucho.*
- ❖ *A mi gran amigo Lenier por estar siempre ahí para mí.*
- ❖ *A Ernesto J. Primelles por sus consejos.*
- ❖ *A Alexis por estar siempre dispuesto a ayudarme.*
- ❖ *A mis amigos del aula que nunca voy a olvidar Idileisy, Yadianis, Yaimée, Beatriz, Lyanett, Aramís, Roberto Jiménez, Jenkly, Denis, Addier, Roberto Castellanos y Osmany.*
- ❖ *A las niñas de mi cuarto 501 A Rizo, Grettica, Rache por soportarme tanto tiempo.*
- ❖ *A María, Madelaine y Yaquelyn.*
- ❖ *A todos los que estuvieron a mi lado en algún momento de mi vida, a todos muchas gracias.*

## TAREA TÉCNICA

- ❖ Realizar una revisión bibliográfica y un análisis crítico de las fuentes de información relacionadas con el mantenimiento y con los espectrofotómetros ultravioleta / visibles (uv / vis).
- ❖ Describir en detalle el funcionamiento de los bloques fundamentales de los instrumentos.
- ❖ Realizar la calibración de los equipos disponibles basado en el análisis del estado técnico de los espectrofotómetros de la serie *GENESYS 10* a través del *Software de Diagnóstico* y el programa *VisionLite*.
- ❖ Proponer un programa de mantenimiento para los espectrofotómetros de la serie *GENESYS 10*.

\_\_\_\_\_  
Firma del Autor

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

## RESUMEN

La espectrofotometría se encuentra hoy en día presente en un gran número de aplicaciones y campos. Los espectrofotómetros de radiaciones ultravioletas y visibles (uv/vis) son parte casi indispensable del equipo del laboratorio analítico moderno y son los instrumentos encargados de realizar las mediciones de transmitancia, absorbancia y como resultado determina la concentración de un elemento químico en una muestra.

Modelos como los de la serie **GENESYS 10** de la firma **Thermo Spectronic** llaman la atención por su modernidad y diseño.

Desconocer el estado técnico que presentan estos equipos durante años de trabajo, en algunos locales de la UCLV “Marta Abreu de las Villas”, promueve la necesidad de un estudio del comportamiento de este costoso equipamiento con fines de evitar averías imprevistas y de dar una guía para llevar a cabo una calibración.

En el presente trabajo se brinda la metodología de determinación del estado técnico y calibración de los espectrofotómetros vis y uv/vis de la serie *GENESYS 10*, utilizando programas para su diagnóstico y calibración. De igual forma se ofrece una metodología para la realización de los mantenimientos preventivos de tales equipos.

## ÍNDICE

<i>PENSAMIENTO</i>	<i>i</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>ii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>iii</i>
<i>TAREA TÉCNICA</i>	<i>v</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE</i>	<i>vii</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO EN ESPECTROFOTÓMETROS DE LA SERIE GENESYS™ 10</i>	<i>5</i>
1.1 Términos y definiciones del mantenimiento	5
1.1.1 Objetivos y funciones de las tareas de mantenimiento	6
1.1.2 Variables del mantenimiento	7
1.2 Tipos de mantenimiento	8
1.2.1 Mantenimiento Preventivo	9
1.2.2 Mantenimiento Sistemático	9
1.2.3 Mantenimiento Condicional o Predictivo	10
1.2.4 Mantenimiento Correctivo	10
1.3 Aspectos fundamentales relacionados con la espectrofotometría	11
1.3.1 Definiciones de espectrofotometría y espectrofotómetro	11
1.3.2 Instrumentación para espectrofotometría	12
1.3.2.1 Fuentes para un espectrofotómetro	13
1.3.2.2 Elementos de enfoque en los espectrofotómetros	13

1.3.2.3	Monocromadores	14
1.3.2.4	Celdas de muestra	16
1.3.2.5	Detectores	16
1.3.2.6	Sistemas de lectura	17
1.3.2.7	Señal de luz a la salida del transductor	17
1.3.3	Algunos parámetros del espectrofotómetro a tener en cuenta	18
1.4	Mantenimiento de equipos médicos en Cuba	19
1.4.1	Mantenimiento en equipos de Espectrofotometría <i>GENESYS™ 10</i> (vis) y uv/vis	20
1.5	Aspectos significativos del mantenimiento en general y en los equipos de espectrofotometría	21
<i>CAPÍTULO 2. ESPECTROFOTÓMETROS DE LA SERIE GENESYS™ 10</i>		22
2.1	Especificaciones técnicas de los espectrofotómetros <i>GENESYS™ 10</i> (vis) y uv/vis	22
2.2	Diagrama de bloques de los espectrofotómetros <i>GENESYS 10</i> vis y uv/vis	24
2.3	Explicación funcional de los bloques principales	25
2.3.1	Bloque <i>Simple Detector Board / Reference Detector Board</i>	25
2.3.2	Bloque <i>Lamp Control (tungsten lamp / flash lamp)</i>	27
2.3.3	Bloque <i>SIN / COS Microstep Drive</i>	28
2.3.4	Bloque <i>Power Drivers (Turret &amp; Filter Wheel Motors)</i>	29
2.4	Programas del instrumento	31
2.4.1	VisionLite	31
2.4.2	Comunicación serie a través del Hiperterminal	32
2.4.3	Genflash 3.0	32
2.4.4	Firmware del instrumento	33
2.4.5	Software de Diagnóstico	33
2.5	Aspectos significativos sobre los espectrofotómetros de la serie <i>GENESYS 10</i>	35
<i>CAPÍTULO 3. MANTENIMIENTO DE LOS ESPECTROFOTÓMETROS DE LA SERIE GENESYS™ 10</i>		36
3.1	Mediciones con el Software de Diagnóstico y el programa VisionLite	36
3.1.1	Software de Diagnóstico	36
3.1.1.1	Calibración de longitudes de ondas	37
3.1.1.2	Calibración de los motores de la <i>torreta</i> y la <i>rueda de filtros</i>	37
3.1.1.3	Alineación de la óptica	39

3.1.1.4	Diagnóstico de las tarjetas de los detectores	40
3.1.1.5	Chequeo de la lámpara	43
3.1.2	VisionLite	44
3.1.2.1	Calibración	44
3.2	Ventajas económicas del mantenimiento preventivo	46
3.3	Propuesta de plan de mantenimiento	46
3.3.1	Procedimientos para el mantenimiento	47
3.3.1.1	Cuidados de rutina	48
3.3.1.2	Limpieza y mantenimiento de las celdas	48
3.3.1.3	Limpieza de las ventanas del compartimiento de muestras	49
3.3.1.4	Calibración con los programas Software de Diagnóstico y VisionLite	49
3.4	Consideraciones finales relacionadas con el mantenimiento de los espectrofotómetros de la serie <i>GENESYS 10</i>	51
	<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	52
	Conclusiones	52
	Recomendaciones	53
	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	54
	<i>ANEXOS</i>	58



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las nuevas tecnologías se evidencia en el marco de la información y las comunicaciones, alcanzando límites insospechados. Los laboratorios analíticos no escapan de estos adelantos tecnológicos en cuanto a equipamiento. En la actualidad existe una amplia oferta de equipos para tales fines con tecnología de punta, que trae consigo múltiples beneficios al desarrollo del trabajo del personal técnico de estas instalaciones.

Los laboratorios clínicos utilizan diferentes métodos para las mediciones y análisis químico de tejidos y fluidos como sangre y orina. Entre estos métodos se encuentran los de separación, los no espectrales y los espectrales, y dentro de este último está la espectrofotometría.

Desde hace varios años la espectrofotometría viene cubriendo necesidades que surgen en la medida que el mundo evoluciona. Prácticamente no existe incertidumbre que no cause desarrollo en los medios que la eliminan. Los instrumentos espectroscópicos son los agentes que hacen visibles los avances en el mundo de la espectrofotometría.

Modelos de ellos existen en demasía, no es extraño hoy en día ver un espectrofotómetro en el más recóndito de los laboratorios. Algunos son ya antiguos, otros más actuales, pero con un principio básico de operación que no cambia [1].

Los espectrofotómetros de radiaciones ultravioletas y visibles (uv/vis) son parte casi indispensable del equipo del laboratorio analítico moderno. En muchas aplicaciones otras técnicas podrían ser empleadas, pero ninguna sobrepasa a la espectrofotometría visible y ultravioleta como combinación de simplicidad, versatilidad, exactitud y efectividad de costo.

La mayor parte de los espectrofotómetros uv/vis modernos pueden llegar a ubicar su ascendencia en el principio de la década de los 40 cuando los avances en amplificadores y los detectores hicieron de la espectrofotometría de precisión, algo opuesto a la colorimetría y las comparaciones a simple vista, una proposición práctica [1].



Los espectrofotómetros modernos han sido grandemente beneficiados desde los avances de la sociedad tecnológica, son ahora más precisos, confiables y simples de operar respecto a sus predecesores y ofrecen una mayor cantidad de prestaciones.

Sin embargo, los espectrofotómetros no son infalibles y tienen límites finitos en cuanto a su desempeño, la emisión decrece mayormente en los extremos de sus rangos de longitudes de onda, así como en el resto del espectro [2].

El mantenimiento a través de los años ha evolucionado de forma vertiginosa, tanto para equipos industriales como para los equipos médicos. Desde su surgimiento le proporcionó al hombre una forma de extender la vida útil de los activos fijos, a través de la aplicación de sus diversas formas. Actualmente en muchos países del mundo se relega el real papel que debe cumplir el mantenimiento, preocupándose más por adquirir nuevas tecnologías que por mantener la ya adquirida en correcto funcionamiento.

En Cuba desde la caída del campo socialista se ha fortalecido el desarrollo de la conciencia del mantenimiento preventivo. Se hace de suma importancia mantener y evitar que equipamiento costoso y de alta tecnología como este se averíe por no aplicarle los cuidados preventivos que llevan [3].

El mantenimiento preventivo en estos casos es de vital importancia pues proporciona ventajas económicas en cuanto a ahorro de recursos con respecto al mantenimiento correctivo.

En la Universidad Central “*Marta Abreu*” de las Villas (UCLV), en específico la facultad de *Química-Farmacología* y centros de investigación como el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), se han realizado inversiones en instrumentos como estos de avanzada tecnología, entre ellos, modelos de la serie *GENESYS 10*. Las compras se realizan a través de firmas comercializadoras, cuyas representaciones se encuentran en la Ciudad Habana y por tanto la comunicación se afecta, así como las instalaciones y el mantenimiento de los equipos.

EL *Centro de Desarrollo Electrónico (CDE)* asume el mantenimiento especializado de estas modernas tecnologías, cuya documentación y dominio presentan dificultades en nuestra universidad y en otros centros del territorio central, aunque se cuenta con la colaboración de especialistas en Ciudad Habana, que han brindado sus conocimientos, información y experiencias.

Los *GENESYS* se han caracterizado siempre por su buen desenvolvimiento y dentro de ellos, la serie *GENESYS 10* no es la excepción. Son tecnologías de punta que poseen numerosas ventajas entre las que se destaca la calidad.



A partir de lo descrito anteriormente puede plantearse que la **situación problemática** existente es: el desconocimiento del estado técnico que presentan los equipos de espectrofotometría de la serie *GENESYS* de la UCLV, después de cuatro años de trabajo, por lo que a partir de la misma pueden relacionarse las siguientes **preguntas científicas**:

- ¿Cómo determinar el estado técnico de los equipos de espectrofotometría de la UCLV?
- ¿Qué metodología debe emplearse para realizar el mantenimiento y calibración de los espectrofotómetros de la UCLV?
- ¿Cuál debe ser la metodología para la realización de los mantenimientos preventivos a los espectrofotómetros?

Partiendo de las preguntas científicas referidas, puede expresarse el siguiente **objetivo general**: Determinar el estado técnico de los espectrofotómetros vis y uv/vis de la serie *GENESYS 10* utilizando software para su diagnóstico y calibración.

De forma análoga, los **objetivos específicos** son los siguientes:

- Recopilar la información científico-técnica acerca del mantenimiento y de los espectrofotómetros.
- Describir el funcionamiento de los bloques fundamentales de los instrumentos.
- Determinar el estado de los parámetros fundamentales de los espectrofotómetros de la serie *GENESYS 10*.
- Realizar la calibración de los espectrofotómetros de la serie *GENESYS 10* a través del *Software de Diagnóstico* y el programa *VisionLite*.
- Proponer un programa de mantenimiento preventivo para los espectrofotómetros vis y uv/vis de la serie *GENESYS 10*.

Para la realización del trabajo se ha organizado el informe en: Introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y anexos.

En el Capítulo 1 nombrado “Introducción al mantenimiento en espectrofotómetros de la serie *GENESYS 10*”, se abordan temáticas relacionadas con el mantenimiento, haciendo énfasis en su definición, objetivos y funciones, en los tipos de mantenimiento existentes con sus características, así como en el mantenimiento de equipos médicos en Cuba, específicamente en equipos de laboratorio clínico como los espectrofotómetros *GENESYS™ 10* visible (vis) y uv/vis.



El Capítulo 2 brinda las especificaciones técnicas y el diagrama en bloques del equipo, ofrece una explicación del funcionamiento de los bloques que son fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Trata también de forma breve los programas que actualmente usan estos equipos.

El Capítulo 3 hace una descripción de las mediciones realizadas a los espectrofotómetros de la serie *GENESYS* mediante el empleo de los programas *Software de Diagnóstico* y *VisionLite* y a partir de los resultados obtenidos se ofrece la forma de calibración. Se hace un análisis económico de las ventajas que trae consigo el mantenimiento preventivo en los espectrofotómetros. Por último, se propone el plan de mantenimiento preventivo para este equipamiento.

En las Conclusiones se ofrecen los resultados finales sintetizados sobre los análisis realizados respecto al estado técnico de los espectrofotómetros y la propuesta de una metodología para su calibración y mantenimiento.

Los Anexos brindan una gran cantidad de información recopilada que facilita el entendimiento del principio de funcionamiento de los bloques fundamentales del equipo que favorece la realización del mantenimiento preventivo y correctivo. Además se ofrecen certificados de estándares de calibración dados por el fabricante.



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO EN ESPECTROFOTÓMETROS DE LA SERIE *GENESYS™ 10*

En el capítulo se abordarán temáticas relacionadas con el mantenimiento, haciendo énfasis en su definición, objetivos y funciones, en los tipos de mantenimiento existentes con sus características, así como en el mantenimiento de equipos médicos en Cuba, específicamente en equipos de laboratorio clínico como los espectrofotómetros *GENESYS™ 10* visible vis y uv/vis.

### **1.1 Términos y definiciones del mantenimiento**

Durante el desarrollo histórico del mantenimiento, el mismo ha presentado diversas definiciones que han dado lugar a una definición más completa y abarcadora. La definición del término mantenimiento ha sido expresada en diferentes libros, revistas y otros documentos con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso del equipo, empresa u organización de que se trate [4].

En la década de los años 1950 el mantenimiento fue definido como la realización eficiente de todas las inspecciones, reparaciones, revisiones y construcciones necesarias para establecer y mantener una facilidad o equipo en condiciones para cumplir los requerimientos de operación [4, 5], planteándose también [6], que este término implica la idea de un mantenimiento constante del equipo en buenas condiciones.

Otros consideraban que incluía todas las acciones necesarias para retener un artículo en funcionamiento o restaurarlo para una vida servible y útil. Estas acciones incluían, según esos autores, el servicio, la reparación, la modificación, la modernización, la revisión, la inspección y la determinación de condiciones [7].

Se ha definido el mantenimiento como la “conservación” de bienes en condiciones adecuadas de operación mediante limpieza, lubricación, reparación y ajuste [8] y también como el conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en condiciones de asegurar un determinado servicio [9].



Existen muchos otros autores que se han referido al concepto y contenido de la actividad de mantenimiento, algunos en forma muy escueta [4, 10], se refieren al mantenimiento como limpieza y lubricación de los equipos; otros reducen su concepto a lograr que las máquinas no solo trabajen, sino que lo hagan con eficiencia, confiablemente y con calidad [11], o lo resumen a la acción encaminada a incrementar la disponibilidad de los equipos [12].

En 1992 se establece el concepto de mantenimiento a partir de su realización en uno de los tres modos siguientes: *Break Down Maintenance* (realizar el mantenimiento posterior a la avería), *Time Based Maintenance* (realizar el mantenimiento tomando como base la utilización de la instalación) y *Condition Based Maintenance* (realizar el mantenimiento tomando como base las mediciones de la condición o estado técnico del equipo o instalación) [4, 13].

Hasta ese momento solo algunos autores habían tenido en cuenta el aspecto económico y la calidad del mantenimiento, ambos de gran importancia para el costo total de producción de un artículo o servicio.

En 1995 la Asociación Española de Mantenimiento (AEM) planteó que el mantenimiento debía procurar que durante la vida útil de los activos los costos de mantenimiento fueran mínimos, utilizando en cada caso y momento las técnicas y métodos óptimos para garantizar a un costo razonable la continua disponibilidad de máquinas e instalaciones [5, 14].

J. Knezevic [16] alega que hay multitud de sistemas creados por el hombre cuya funcionabilidad debe ser conservada durante su utilización por el usuario. De ahí que el proceso durante el que se mantiene la capacidad del sistema para realizar una función, es conocida como proceso de mantenimiento, y se define como «el conjunto de tareas de mantenimiento realizadas por el usuario para mantener la funcionabilidad del sistema durante su utilización» [15, 16].

De esta forma después de haber analizado a autores como de la Paz Martínez [4], Morrow [5], Peters [6], Goldman [7], Kohler [8], Payment [9], Kamenitzer [10], Encinas [11], Tavares de Carvalho [12], Van Kessel [13], Knezevic [14], se puede resumir que la actividad de mantenimiento, independientemente de la entidad en que se desarrolle, debe lograr la reducción de las averías imprevistas y del tiempo de reparación de los activos fijos, debe procurar la prolongación de la vida útil de los componentes, con el correspondiente ahorro de recursos y energía y con ello reducir el costo de mantenimiento de las instalaciones, dando como resultado la mejora continua de la calidad y la eficiencia de los servicios.

### 1.1.1 Objetivos y funciones de las tareas de mantenimiento

Cuando se analizan los objetivos de las tareas de mantenimiento realizadas durante un proceso de mantenimiento, es posible clasificarlos del modo siguiente: [16-18]



1. Reducción de la tasa de cambio de condición, lo que conduce al alargamiento de la vida operativa del sistema. Ejemplos típicos son: calibración, lavado, limpieza, filtrado, ajuste, lubricación, etc.
2. Garantía de la fiabilidad y la seguridad exigidas, lo que reduce la probabilidad de presencia de fallos. Las actividades más comunes de este tipo son: inspección, detección, exámenes, pruebas.
3. Recuperación de la funcionalidad del sistema. Las actividades más frecuentemente realizadas para recuperar la funcionalidad son: sustitución, reparación, restauración, renovación, etc.
  - Disminución de los accidentes.
  - Reducción de costos.

### 1.1.2 Variables del mantenimiento

Para poder interpretar la forma en la que actúa el mantenimiento, se hace necesario analizar las distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas como son las siguientes:

- Fiabilidad: La fiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallo, durante un período determinado, bajo condiciones específicas.
- Disponibilidad: La disponibilidad es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.
- Mantenibilidad: La mantenibilidad es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.
- Calidad: Se debe destacar el lugar primordial que ocupa la calidad. El mantenimiento debe tratar de evitar los fallos, restablecer el sistema lo más rápido posible, dejándolo en condiciones óptimas de operar a los niveles de producción y calidad exigida
- Seguridad: La seguridad, está referida al personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, no puede ni debe dejársela a un costado, con miras a dar cumplimiento a demandas pactadas.
- Costo: En mantenimiento es de vital importancia conseguir que los costos sean lo más bajo posible para que sea rentable la aplicación del mismo.



## 1.2 Tipos de mantenimiento

En la literatura especializada, han sido tratados indistintamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento. En la Tabla 1.1 se muestra una recopilación de tipos de mantenimiento extraídos de la bibliografía consultada. [18-38]

Las políticas de mantenimiento tienen como fin primordial la reducción de tiempos de paradas, al menor costo. Las más conocidas son: política de mantenimiento preventivo, política de mantenimiento sistemático, política de mantenimiento predictivo y política de mantenimiento por avería .

Tabla 1.1 Tipos de mantenimiento.

Tipos de mantenimiento	Bibliografía que lo refiere
Detectivo	[Malaguera, 2001]
Mejorativo	[Malaguera, 2001]
Rutinario	[Vinivius Lucattelli & García Ojeda, 1995 ; Malaguera, 2001]
Programado, periódico o sistemático	[Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Malaguera, 2001]
Contra avería, reactivo, correctivo	[Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim et al., 1994; Torres, 1997; Lourival Tavares, 1999; Malaguera, 2001; Saavedra, 2000]
Circunstancial	[Malaguera, 2001]
Progresivo	[Pérez Jaramillo, 1992]
Preventivo	[Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim et al., 1994; Vinicius Lucatelly & García Ojeda, 1995; González García, 1997; Torres, 1997]
Predictivo	[Araya Schulz, 1991; Roda Vázquez & Sal García, 1992; Araya Schulz, 1993; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim et al., 1994; Bollman, 1995; Ellmann, 1997; Torres, 1997; Ortiz Álvarez, 2000; Martín, 2003]
Protectivo	[Desir & Castolin, 1994]
Productivo	[ Lezana, 1995; Ortiz Álvarez, 2000]
Proactivo	[Borda Elejabarrieta, 1993]



En este trabajo se harán referencia a 4 tipos básicos de mantenimiento: preventivo, sistemático, predictivo y correctivo dado que son los más comunes y utilizados. A continuación se amplía en que consiste cada uno.

### **1.2.1 Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua. Es decir, el mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de fallo, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos.

Es la intervención de mantenimiento prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de un fallo [19-25].

El mantenimiento preventivo presenta las desventajas siguientes:

1. Algunos fallos de todas formas ocurrirán entre los intervalos de reparación y esto puede ser inesperado e inconveniente.
2. Durante la detección muchos componentes en buenas condiciones se desmontarán, se inspeccionarán, o se cambiarán innecesariamente y si se comete algún error en el reensamble, la condición final con que queda el equipo puede ser peor que antes de realizar la intervención.
3. Como en una reparación general se requiere examinar gran número de elementos, ello puede tomar un tiempo considerable y puede resultar en una gran afectación en los servicios [37].

### **1.2.2 Mantenimiento Sistemático**

Mantenimiento Sistemático es el efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas.

Este requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es decir, se asegura que existe el conocimiento previo del comportamiento de los materiales. Una herramienta muy valiosa, es el estudio estadístico, el que permite determinar los tiempos óptimos de intervención.

Para poder utilizar datos estadísticos será necesario que transcurra un cierto tiempo, para poder contar con los datos históricos de cada equipo. De tal modo que el preventivo se retrasa con respecto al fallo y el mantenimiento correctivo toma el lugar del preventivo y neutraliza los posibles beneficios. Sobre la base



de lo expuesto, el mantenimiento preventivo requiere una correcta metodología para determinar su periodo de intervención. [17, 19, 20]

### **1.2.3 Mantenimiento Condicional o Predictivo**

Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros de funcionamientos cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves.

En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en que período de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves [4, 14].

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal del equipo mientras se está aplicando.

La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de equipo, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar [21, 24-35].

### **1.2.4 Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo [18, 22-25, 36-38]. Es la intervención necesaria para poder solucionar un defecto, o fallo ya ocurrido, en este caso las instalaciones o equipos operan con deficiencia o directamente no funcionan.

El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y el principal inconveniente que se encuentra en este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

Sus características son las siguientes:

- 1 Está basado en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- 2 Conlleva discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- 3 Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- 4 Tiene un bajo nivel de organización.
- 5 Se denomina también mantenimiento accidental.



Las desventajas del mantenimiento correctivo son:

- 2 Permite un fallo en un componente de un equipo y consecuentemente los costes pueden ser muy altos.
- 3 El fallo puede ocurrir a una hora inconveniente, o si el equipo es móvil, en un lugar inconveniente, de manera que no estará disponible ni el personal ni los repuestos necesarios para su reparación.

### 1.3 Aspectos fundamentales relacionados con la espectrofotometría

El Laboratorio Clínico es un área separada dentro de un hospital, que no presta atención directa a los pacientes, dedicada al análisis químico y a mediciones en tejidos y fluidos como son sangre y orina. Los resultados arrojados le ofrecen al personal médico la posibilidad de dar un diagnóstico y una valoración terapéutica con mayor precisión. Existen diferentes métodos utilizados en el Laboratorio Clínico dentro de ellos están:

- Métodos de separación
- Métodos no Espectrales:
  - Electroquímicos
  - Hematológicos
- Métodos espectrales
  - Espectrofotometría

#### 1.3.1 Definiciones de espectrofotometría y espectrofotómetro

Se denomina espectrofotometría a la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación y a las mediciones a una determinada longitud de onda [1].

Otros la definen como los métodos cuantitativos de análisis químico que utilizan la luz para medir la concentración de las sustancias químicas y según sea la radiación utilizada, como espectrofotometría de absorción visible (colorimetría), ultravioleta, e infrarroja [41].

Un espectrofotómetro es un instrumento que maneja un haz de Radiación Electromagnética, por lo general denominado haz de luz. Lo separa en bandas de longitudes de onda específicas, con el fin de identificar, calificar y cuantificar su energía [2]. Permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.



Las longitudes de ondas visibles o ultravioletas son empleadas en el campo de la biotecnología, en análisis de la sangre y en químicas de inmunoensayos para el cuidado de la salud.

### 1.3.2 Instrumentación para espectrofotometría

El propósito fundamental de la espectrofotometría es proveer un rayo de radiación monocromática de forma apropiada para iluminar la muestra y medir la relación  $I/I_0$ .

Un espectrofotómetro típico posee cuatro componentes básicos: una fuente de radiación que tiene intensidad constante en el rango de longitud de onda que cubre, un monocromador que separa la banda de longitud de onda deseada del resto del espectro y la dispersa al compartimiento de la muestra, un compartimiento para esta, y un fotodetector acompañado de un sistema de medición, que analizan cuantitativamente la radiación que pasa por la muestra [2].

En la Fig. 1.1 se muestran las partes fundamentales de un espectrofotómetro.

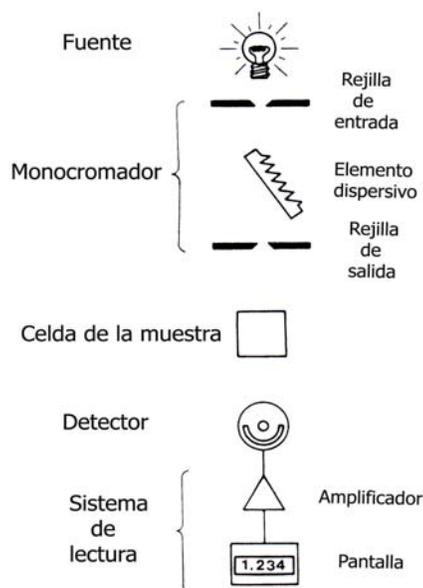


Fig. 1.1. Partes fundamentales de un espectrofotómetro.

Existen varias combinaciones de fuentes, monocromadores, sistemas de medida, etc., los cuales pueden ser ensamblados para formar espectrofotómetros integrados con grados variados de precisión y conveniencia para aplicaciones particulares.

A continuación se hará un breve resumen de los principales componentes utilizados indistintamente en los espectrofotómetros.



### 1.3.2.1 Fuentes para un espectrofotómetro

**Lámpara de filamento de tungsteno.** Es el método más sencillo para proveer radiación visible. Tiene las ventajas de ser barata, confiable, y una intensidad de luz estable puede ser obtenida mediante una fuente de alimentación. Su vida útil está frecuentemente limitada por el oscurecimiento de la envoltura de cristal, causado por la evaporación del filamento de tungsteno.

**Lámpara halógena de tungsteno.** Prácticamente casi todos los espectrofotómetros modernos utilizan una lámpara halógena de tungsteno o yoduro de cuarzo. Estas lámparas tienen un filamento de tungsteno mucho más compacto dentro de una envoltura de cuarzo pequeña.

Esta lámpara tiene una serie de ventajas en relación con la de filamento de tungsteno. Opera a una temperatura de filamento mayor, así que la salida ultravioleta será más potente, y obviamente la envoltura de cuarzo absorbe menos radiación que la de cristal. Además, no sufren de oscurecimiento en la envoltura.

**Lámpara de Deuterio.** Por debajo de los 330 nm aproximadamente, es la fuente de radiación ultravioleta más satisfactoria para propósitos espectrofotométricos. La envoltura de la lámpara está construida normalmente de un grado óptimo de sílica, la cual exhibe una excelente transmisión ultravioleta, pero contribuye pesadamente con un alto costo de reemplazo comparado con las fuentes de luz visible.

**Arcos de Mercurio y de Xenón.** Producen un intervalo de radiación con líneas espectrales superpuestas en la banda. Las lámparas de mercurio pueden ser usadas como accesorios dentro del compartimiento para la calibración de la longitud de onda. Son lámparas de baja potencia, compactas, que aportan líneas espectrales bien definidas.

**Láseres.** No han encontrado aún una amplia aplicación en la espectrofotometría convencional uv/visible. Existen algunos comercialmente disponibles y se utilizan en un ancho de banda requerido, son voluminosos y caros. Es poco probable que estas fuentes reemplacen a las descritas anteriormente.

### 1.3.2.2 Elementos de enfoque en los espectrofotómetros

El proceso de transferencia de energía de la fuente de radiación a través del monocromador está acompañado por una serie de lentes y espejos.

**Lentes.** Su inconveniente primario es la aberración cromática, originada por su rápido y variante índice de refracción en el ultravioleta.

**Espejos.** En espectrofotómetros se emplean espejos delanteros con superficies cubiertas por aluminio. El aluminio es uno de los pocos materiales con una alta reflectividad a lo largo de un intervalo ultravioleta-visible-infrarrojo.



Una alta reflectividad es importante, porque si el espectrofotómetro contiene varios espejos, las pérdidas de energía son considerables. El aluminio cuando se expone a la radiación ultravioleta envejece y pierde reflectividad. Por esta razón, los espejos son recubiertos por una capa transparente. El mejor material que se emplea es el cuarzo (sílice), el cual previene la formación de óxido y le suministra a la superficie una tenacidad para que resista fregados vigorosos. El fregado normalmente restablece el valor original de reflectividad.

### 1.3.2.3 Monocromadores

La función principal de un monocromador es la de proporcionar un haz de energía radiante con una longitud de onda nominal y una anchura de banda dada.

La función secundaria de un monocromador consiste en el ajuste del rendimiento de energía. Los anchos de rendijas excesivamente pequeños provocan rendimientos de baja energía en la señal del detector, afectando la sensibilidad analítica como resultado de la degradación de la relación señal-ruido.

El monocromador es el corazón del espectrofotómetro, y las deficiencias en su funcionamiento no pueden ser complementadas por otros elementos de mayor calidad en el sistema óptico.

En la práctica, la mayoría de los monocromadores consisten en una ranura de entrada para delimitar la radiación de la fuente a un área utilizable, espejos para pasar la luz a través del sistema, un elemento dispersivo para extender la radiación en componentes de longitudes de ondas y una ranura de salida la cual selecciona la longitud de onda con la que se va a iluminar la muestra.

**Filtros.** El monocromador más sencillo es una pieza de cristal colorido o una gelatina colorida intercalada entre placas de cristal para formar un filtro de luz. El término especial “colorímetro” o “fotómetro” está reservado para instrumentos que emplean solo filtros para aislar o separar una banda de longitudes de ondas deseadas. Estos dispositivos normalmente no poseen una ranura de entrada, sino que la armadura de sujeción del filtro cumple ese propósito. Similarmente, la ranura de salida es una máscara determinada para delimitar el rayo a las dimensiones del porta muestras.

**Prismas.** Por muchos años los prismas se utilizaron como el estándar de elemento dispersivo en los espectrofotómetros. En la Fig. 1.2 se muestra el esquema de un prisma monocromador:

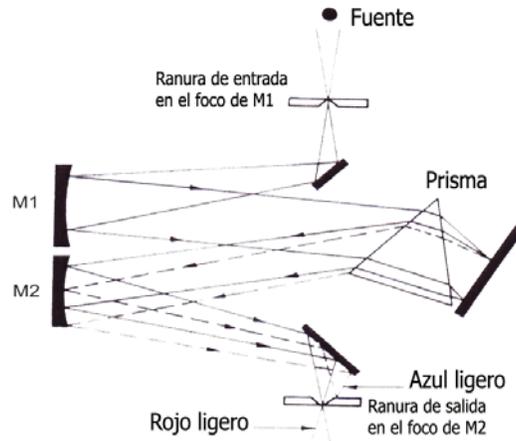


Fig. 1.2. Prisma monocromador.

La luz de una fuente se convierte en rayos paralelos alineados por el espejo M1 y reflejados hasta el prisma. Este tiene la propiedad de desviar la luz de diferentes longitudes de ondas en diferentes cantidades. La luz pasa a través del prisma para que este doble la dispersión o la separación angular de las longitudes de ondas. Si el rayo dispersado es ahora reenfocado por el espejo M2, el punto focal de una longitud de onda será físicamente desplazado por otra. Se puede seleccionar la longitud de onda requerida moviendo la ranura de salida a través del plano focal.

Los sistemas ópticos más usados en la práctica difieren del mostrado anteriormente por razones de compactación, conveniencia y costos, pero el principio es el mismo.

En la mayoría de los casos, el prisma es más bien quien se rota para desplazar el espectro a través de la ranura de salida y no la ranura y se emplea un espejo que cumpla las funciones de M1 y M2 para disminuir los costos.

La eficiencia de los prismas monocromadores es mucho mejor que la de los filtros. Sin embargo, la dispersión cambia con la longitud de onda y si se requiere que las medidas se realicen a un ancho de banda constante, entonces el ancho de la ranura de salida debe ser ajustado de tal manera que pueda cerrarse cuando el espectro desde el prisma se agrupa y abrirse cuando se expande.

**Rejillas de difracción.** Consiste en una serie de ranuras o muescas grabadas en una superficie reflectante. Un buen funcionamiento para las regiones uv/visible, requiere por lo menos 1200 líneas/mm.

Las rejillas de difracción tienen ciertas ventajas sobre los prismas, por ejemplo, es posible obtener pequeñas longitudes de ondas debido a su diseño; la dispersión sigue una ley geométrica que no es



propiedad del material, así que las medidas a un ancho de banda constante se alteran mucho menos; y son menos sensibles a los cambios de temperatura.

#### 1.3.2.4 Celdas de muestra

Las celdas de muestra están disponibles en una amplia gama de formas y tamaños para que se ajusten a casi cualquier medición espectrofotométrica. Casi todos los instrumentos se ajustan con sostenedores (o porta celdas) para celdas estándares rectangulares de 10 mm de recorrido. Estos porta celdas deben asegurar que las caras de las celdas queden perpendiculares al rayo.

Las celdas modernas normalmente se construyen de vidrio o sílice. El vidrio se adecua para el uso en la región desde 340 a 1000 nm, pero la sílice es necesaria para trabajar entre 220 y 340 nm, así que es común que se fusionen sílice y vidrio. Entre 185 y 220 nm un grado especial de sílice debe ser usado. Celdas polietileno moldeado están disponibles como una alternativa del vidrio. Tienen las ventajas de ser baratas y desechables, de modo que se evita tener que limpiarlas. Sin embargo, las celdas fusionadas son preferibles para las mediciones por razones de precisión. Las caras de estas celdas están pulidas, son planas y bien paralelas para evitar pérdidas de luz en la superficie, ya sea por reflexión o dispersión.

#### 1.3.2.5 Detectores

Existen varios tipos de detectores difiriendo estos en su rango de longitudes de ondas, velocidad de respuesta, sensibilidad, etc. Su propósito es convertir la energía de la radiación incidente en señales eléctricas que serán procesadas y puestas en pantalla de forma interpretable para el operador [2].

**Fotoceldas.** Este detector es el más simple y menos costoso de todas las variantes. Está formado por una pieza de metal cubierta por un material fotosensible (usualmente selenio).

Tienen las ventajas de ser robustos, pequeños, y no necesitan alimentación externa. Como desventajas se aprecian un rango limitado de longitudes de ondas, entre 400 y 750 nm, y comparativamente, una baja sensibilidad. Por esta razón, más bien las fotoceldas están destinadas a los colorímetros y no a los espectrofotómetros. Tienen una respuesta lenta ante los cambios en los niveles de luz y temperatura.

**Fototubos.** Han sido lentamente reemplazados por los fotodiodos ya que dependen de una tecnología de válvulas para su construcción. Están hechos de una envoltura de cristal o sílice en dependencia del rango de longitudes de ondas requerido.

Aunque son más sensibles que las fotoceldas, requieren de una fuente de alimentación para mantener el voltaje entre los electrodos y un amplificador de señal externo. Debido a estas desventajas y al costo, no se encuentran tan difundidos en los espectrofotómetros.



**Fotodiodos.** Usualmente tiene su sensibilidad pico a los 1000 nm y aparentemente no son sensibles por debajo de los 400 nm, razón por la que serían inadecuados para la espectrofotometría uv/visible. Sin embargo, el avance tecnológico ha permitido que su respuesta se extienda por debajo de los 200 nm, haciéndolos eminentemente apropiados para los espectrofotómetros.

**Fotomultiplicadores.** Son parientes bastante cercanos de los fototubos, pero tienen las ventajas de ser mucho más sensibles y de ofrecer un rango de longitudes de onda mucho más amplio. Tienen una rápida respuesta a los cambios en los niveles de luz y son los detectores preferidos para instrumentos con sistemas de doble rayo.

Los fotomultiplicadores no son propensos a fatigarse como las fotoceldas y los fototubos, pero se pueden quemar o fundir si llega a incidir sobre ellos la luz del día mientras trabajan.

Los fotomultiplicadores son sensibles a la luz en el rango visible y ultravioleta aproximadamente desde 190 a 900 nm.

Son caros al necesitar una fuente de alto voltaje.

Su uso está destinado a la espectrofotometría de alto rendimiento con estrechos anchos de bandas que requieran la detección de bajos niveles de luz y una rápida respuesta ante las variaciones de estos niveles.

#### 1.3.2.6 Sistemas de lectura

El eslabón final en la cadena es la conversión de la señal del detector a una forma en la que el analista comprenda.

La señal amplificada del detector es proporcional al porcentaje de transmitancia de la muestra, y para que sea más útil se convierte a niveles de absorbancia.

Los instrumentos modernos con microprocesadores pueden utilizar una tabla de búsqueda para realizar la conversión.

Los microprocesadores, por supuesto, han revolucionado la electrónica de los espectrofotómetros. Inicialmente fueron usados puramente para controlar el instrumento, pero en la actualidad también se encargan de calibrar y comprobar sus funciones con ayudas de programas, así como de poner en pantalla la lectura realizada [2].

#### 1.3.2.7 Señal de luz a la salida del transductor

Una señal puede definirse como la respuesta obtenida a la salida de un transductor que está respondiendo al sistema químico de interés. La señal que se origina posee varios componentes: el causado por la señal



que origina el analito o sustancia de interés, el originado por la señal de las otras especies que conforman la matriz de la muestra y el originado por la instrumentación utilizada en la medición. Todas las señales que acompañan a la señal del analito y que pueden interferir en la medida de la señal de este se conocen como *ruido de fondo o background*. En las medidas se trata, por diferentes medios, de reducir el ruido para obtener una alta relación *Señal / Ruido*, o  $S/N$ .

Generalmente se acepta como válida una señal cuando su valor es el doble o el triple de la señal de fondo o ruido, es decir  $S/N \geq 2$  ó  $3$ .

### 1.3.3 Algunos parámetros del espectrofotómetro a tener en cuenta

Dentro de los parámetros del espectrofotómetro a tener en cuenta están la resolución espectral y la luz espuria. La resolución espectral se expresa en general como ancho de banda espectral del instrumento (*spectral bandwidth*) [39]. Es muy importante saber qué resolución se necesita para trabajar. Como regla general, el ancho de media banda instrumental debe ser como máximo 1/10 del ancho de media banda espectral de la banda de absorción a medir una representación gráfica de ello es apreciada en la Fig. 1.3.

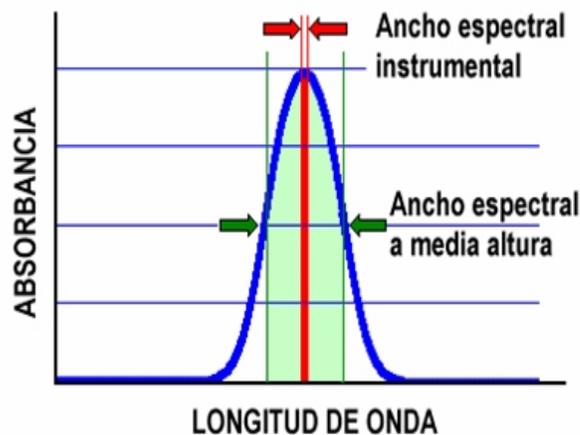


Fig. 1.3. Resolución espectral.

La segunda más importante causa de error en fotometría es la luz espuria, que es toda luz de longitud de onda diferente a la de medición que llega al detector.

La Fig. 1.4 refleja los errores de medición en función de la absorbancia teórica, para instrumentos con diferente nivel de rechazo de luz espuria (S).

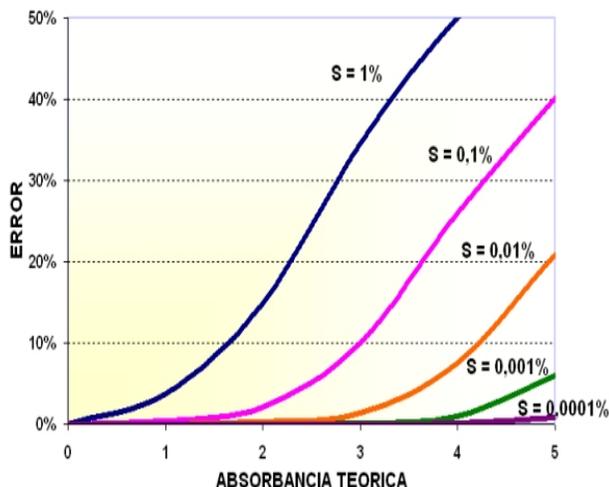


Fig. 1.4. Efectos de la luz espuria en mediciones.

La luz espuria puede tener varios orígenes: luz de órdenes superiores de la red de difracción, reflexiones internas en el monocromador, en los montajes de componentes ópticos y en superficies ópticas deterioradas, luz dispersada por partículas de polvo flotando en el camino óptico.

Para disminuir la luz espuria por órdenes superiores, los fabricantes utilizan filtros de corte que se ubican en general en forma automática en función de la longitud de onda seleccionada. Para evitar las reflexiones internas, todas las superficies no ópticas se pintan de negro mate.

El deterioro de las superficies con el tiempo depende de la calidad de las mismas, de la hermeticidad del sistema y de las condiciones ambientales. La manera más efectiva de disminuir la luz espuria es mediante el uso de dos monocromadores en serie, pero esto aumenta mucho los precios.

Además de ser un parámetro importante en la evaluación de la calidad de un espectrofotómetro en el momento de su adquisición, la medición periódica de luz espuria es una excelente medida del deterioro del equipo en el tiempo [1].

#### 1.4 Mantenimiento de equipos médicos en Cuba

En Cuba desde la década del 60 hasta la década del 80 el mantenimiento que se le realizaba a los equipos médicos era posterior a la avería, sustituyendo las piezas o componentes que estuvieran dañados. En la década del 90 con el derrumbe del campo socialista, dejaron de entrar al país piezas de repuesto; esto traía consigo que las reparaciones se dificultaran por lo que se comenzó a aplicar en las reparaciones las



modificaciones de los componentes averiados, sustituyéndolos en algunas ocasiones por otros de equipos similares.

Dada la situación económica que presentaba el país, se comenzó a partir de ese momento a explotar un poco más el mantenimiento preventivo.

Para comprar equipamiento Cuba creó Empresas Mixtas y otros métodos por terceros países. Entre estas Empresas Mixtas que se dedican a la compra de equipamiento de laboratorio clínico está la BDC Internacional, firma comercializadora de estos equipos.

Actualmente en nuestro país el mantenimiento de equipos médicos se basa en 2 tipos básicos de mantenimiento: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. El mantenimiento predictivo en Cuba prácticamente no se aplica, pues para ello se requiere de inversión en equipos e instrumentos, y la mayoría del equipamiento médico no posee el instrumental necesario.

#### **1.4.1 Mantenimiento en equipos de Espectrofotometría *GENESYS™ 10* (vis) y uv/vis**

Los espectrofotómetros de la serie *GENESYS™ 10* visible (vis) y uv/vis son equipos de alta tecnología y el mantenimiento que se les realiza se resume en el preventivo, y en algunos casos correctivo o contra avería. A pesar de que son equipos duraderos y confiables los problemas más frecuentes que presentan están dados por las lámparas, suciedad de los espejos, afectaciones en los componentes de la placa por variaciones en el voltaje de la línea, problemas con la fuente y con la rueda de los filtros.

El fabricante recomienda una serie de cuidados de rutina que alargan el intervalo entre mantenimientos así como la vida y el desenvolvimiento del instrumento.

La limpieza de las celdas por dentro y por fuera es de vital importancia, no sólo debido a que cualquier material contaminante puede absorber la luz, sino que el material en la celda puede reaccionar con reactivos posteriores. Los métodos de limpieza dependen de la naturaleza del material contaminante [2].

El equipo tiene planificado mantenimientos preventivos cada 6 meses.



### **1.5 Aspectos significativos del mantenimiento en general y en los equipos de espectrofotometría**

- El mantenimiento es uno de los factores indispensables para el buen funcionamiento y desarrollo de los equipos, se puede definir como el conjunto de técnicas y sistemas que actuando sobre los medios de producción permiten la reparación de averías, la previsión de las averías mediante revisiones y otras técnicas más complejas como técnicas estadísticas, seguimiento y diagnóstico de equipos y la especificación de las normas de manipulación y de buen funcionamiento de los operadores.
- Entre los mantenimientos más aceptados se encuentran el preventivo, el correctivo, el sistemático y el predictivo.
- Los espectrofotómetros de la serie *GENESYS™ 10* vis y uv/vis, son equipos de alta tecnología y el mantenimiento que se les realiza se resume en el preventivo, y en algunos casos correctivo o contra avería.



## CAPÍTULO 2. ESPECTROFOTÓMETROS DE LA SERIE GENESYS™ 10

El capítulo brinda las especificaciones técnicas y el diagrama en bloques del equipo, ofrece una explicación del funcionamiento de los bloques que son fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Aborda también de forma muy breve los programas que actualmente usan estos equipos. La principal fuente de información que se utilizó fue el *Manual de Servicio* del fabricante [2].

### 2.1 Especificaciones técnicas de los espectrofotómetros GENESYS™ 10 (vis) y uv/vis

Los investigadores, científicos y técnicos en todo el mundo utilizan con gran frecuencia, los espectrofotómetros uv/vis de la firma *Thermo Spectronic* para explotar sus aplicaciones y necesidades específicas.

Los espectrofotómetros *GENESYS 10* en sus modelos, vis y uv/vis (ultravioleta/visible) son una elección responsable para los ambientes ocupados del laboratorio y brindan las características que se han llegado a esperar, incluyendo un diseño escabroso y una interfaz de fácil manejo. Ambos modelos, ofrecen un diseño óptico poderoso, así como un manejo de la muestra flexible y capacidades del programa versátiles que los hace la opción adecuada para aplicaciones químicas. Las ópticas de calidad superior para los resultados de alto rendimiento son completamente esenciales en la obtención de las medidas espectrofotométricas exactas y precisas. Ambos modelos de *GENESYS 10* utilizan diseños ópticos únicos que reducen la luz y producen una imagen precisamente enfocada en la muestra. Sus poderosas ópticas permiten incluso medir hasta 70  $\mu\text{L}$  sin muchos requerimientos.

Estos espectrofotómetros posibilitan el uso de microceldas sin tener que emplear sostenedores de celdas sofisticados asegurando al mismo tiempo la exactitud de los resultados.

Los modelos que manejan seis celdas sostienen una solución de referencia o “blanco” y un máximo de cinco celdas de muestra en cubetas cuadradas de 10 mm ó 1/2 o en tubos de ensayo. La torreta medirá las



seis posiciones automáticamente o puede girarse de forma manual a posiciones específicas apretando los botones del cambiador de celdas. Las mediciones rutinarias de absorbancia y transmitancia pueden ser determinadas de la pantalla, empleando un simple proceso de tres pasos. Las medidas de la concentración sólo requieren dos pasos adicionales: entrar y medir la concentración del estándar. Estos instrumentos personalizan y salvan hasta 40 pruebas como seguridad.

El *GENESYS 10 vis* emplea únicamente la lámpara halógena de tungsteno como fuente de luz (Anexo 1), mientras que el modelo uv trabaja con una lámpara flash de Xenón que recorre el espectro desde 190 hasta 1100 nm, cubriendo así los rangos ultravioleta y visible, además emplea detectores duales para ofrecer una relación señal a ruido excelente. La lámpara de Xenón sólo se enciende cuando se necesita durante las mediciones, lográndose así que se extienda su tiempo de vida y que disminuyan los costos de operación del equipo. Un beneficio extra de esta lámpara es la emisión de líneas distintivas y uniformes, que permiten verificar la exactitud de la longitud de onda y la resolución.

Una opción incorporada es una impresora interna de 3" (76.2mm) que registra todos los parámetros, incluso tiempo y fecha, nombre de la prueba, datos y resultados finales.

Estos modelos despliegan gráficos, estadísticas y número de muestras. Un display gráfico de cristal líquido (LCD) permite ver de forma fácil las condiciones del instrumento y los resultados de las medidas. El funcionamiento de un teclado simple de teclas blandas, específico para cada pantalla, simplifica la preparación del instrumento con los parámetros de prueba del laboratorio. El pequeño tamaño, garantiza que en la habitación haya espacio suficiente para otro equipo del laboratorio y las superficies químico-resistentes, con facilidades de limpieza y diseño escabroso, los hacen la opción magnífica para los ambientes ásperos del laboratorio.



## 2.2 Diagrama de bloques de los espectrofotómetros GENESYS 10 vis y uv/vis

El diagrama de bloques de los equipos GENESYS 10 vis y uv/vis [2] se muestra en la Fig. 2.1.

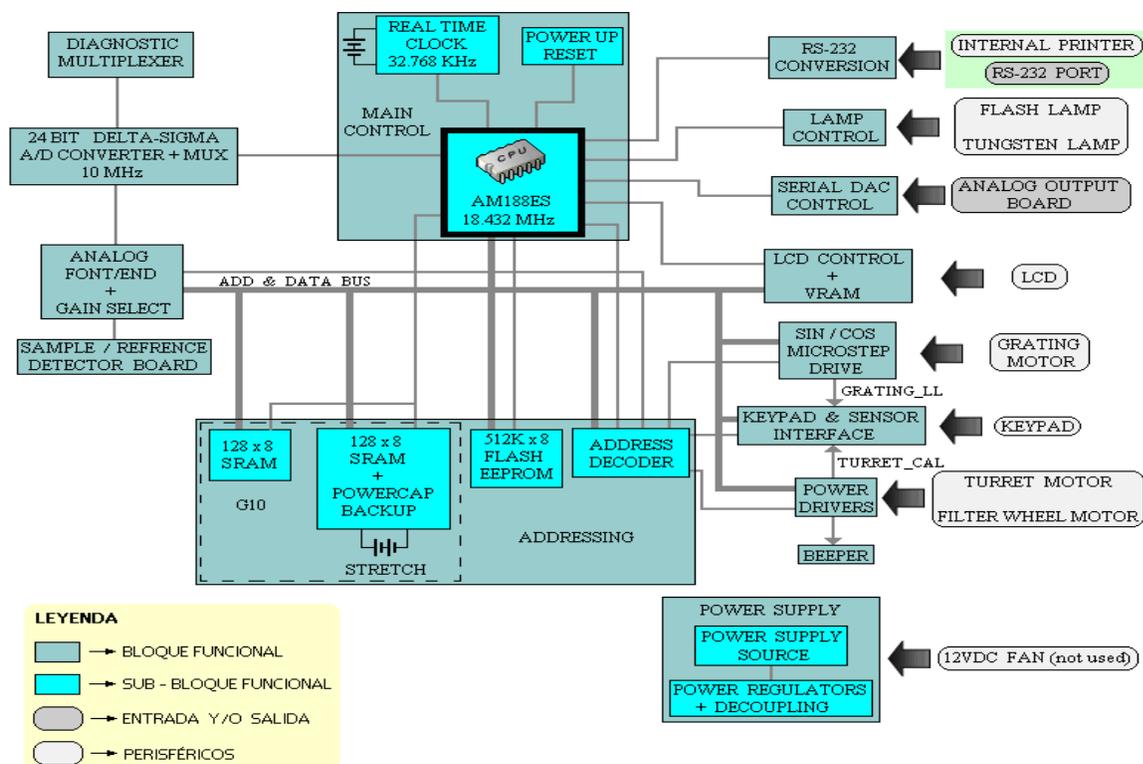


Fig. 2.1. Diagrama en bloques de la electrónica del equipo.

En el modelo que emplea un “scanning” o barrido en las longitudes de ondas, el diagrama es muy semejante, pues sólo cambia el programa de la CPU y la estructura en algunas secciones.

El esquema cuenta con 15 bloques principales y sub-bloques funcionales. Su estructura tiene un orden escalonado para comprender el equipo o para localizar un problema y el diagrama en bloques que se muestra en la Fig. 2.2 habla de esta jerarquía.

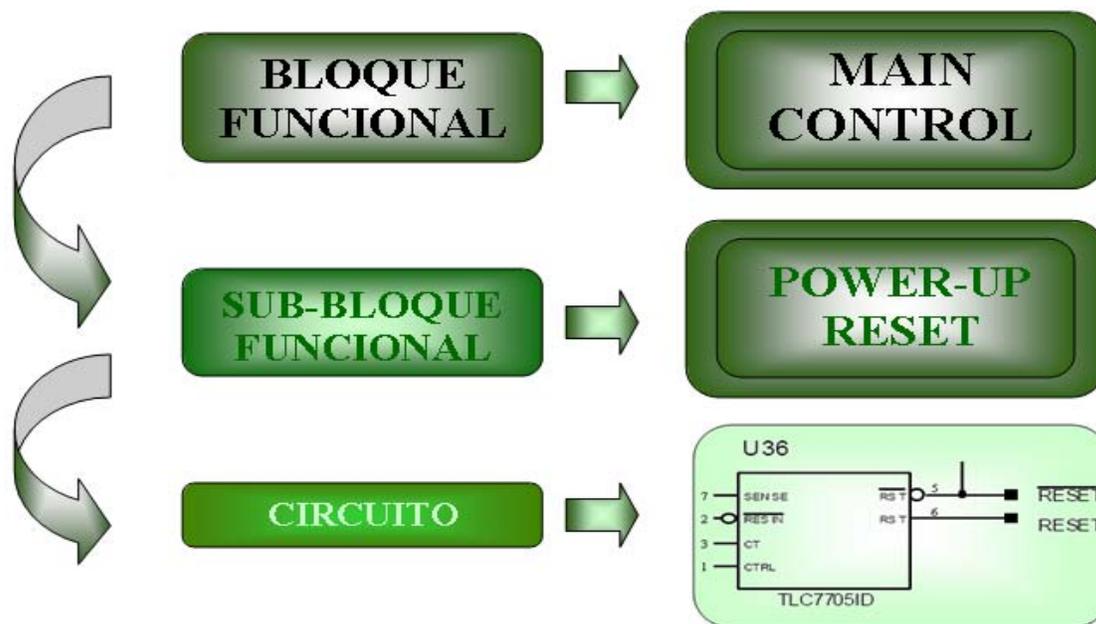


Fig. 2.2. Jerarquía de los bloques.

### 2.3 Explicación funcional de los bloques principales

A continuación se brinda la información detallada del funcionamiento de los circuitos, que conforman los bloques del diagrama que son de interés para este trabajo.

#### 2.3.1 Bloque *Simple Detector Board / Reference Detector Board*

En el anexo 2 se encuentra el sensor usado en el circuito del detector que es un fotodiodo. En el modelo *GENESYS 10 vis* se emplea un S2387-66R y en los *GENESYS 10 uv/scanning* se utiliza el S1337-66BQ (D1) con un rango de longitudes de ondas mucho mayor, desde 190 hasta 1100 nm, ambos fotodiodos son del fabricante Hamamatsu.

Como para distintas longitudes de ondas la intensidad de la luz de la lámpara no es la misma al igual que la sensibilidad del detector, se necesitan componentes electrónicos que regulen la ganancia de la señal de entrada.

El circuito integrado (CI) CD4051 (U7) del anexo 3 es quien selecciona las ganancias escogiendo cuáles de los resistores R13, R8, R7, R2, R3, R4, R5 ó R6, será el que fomente la configuración no inversora del amplificador operacional OP177 (U5), presente en este anexo.



Este CI es un multiplexor que se controla por sus terminales 9, 10 y 11, por los que llegan los voltajes referidos con las etiquetas MUXA2-A0 respectivamente, provenientes del conector J7 de la Main Board (anexo 5) hasta el conector CON16 de la placa del detector (anexo 4).

Las etiquetas MUXA2-A0 en el multiplexor se corresponden con los pines de salida 6, 5 y 2 del CI 74AHC273 del anexo 6 que es un flip-flop tipo D con salida octal, reloj (en este caso es el control de escritura) y un CLEAR (reset); podría ser U34 para el detector de la muestra (SAM) o U35 para la referencia (REF). Debe tenerse en cuenta, que las placas de estos detectores son idénticas para los modelos GENESYS 10 uv/scanning, los cuales emplean el sistema de doble haz con doble detector.

El flip-flop es controlado por una lógica de direccionamiento proveniente del microprocesador AM188ES (CPU) y del decodificador de direcciones, y tiene otros pines de salida: 9, 12, 15 y 16, que llegan al buffer JLN2803 (U43) del anexo 5 y ponen a tierra (DGND – tierra digital) cualquiera de sus terminales 18-15 para la muestra.

Una vez que estos terminales están con un cero lógico, activarán a los relés JWD-107-5 (U1-U4) del anexo 2, a través de las etiquetas S3-S6 respectivamente.

Los relés son los encargados de seleccionar cuál o cuáles de los capacitores internos del integrado que es el CI IVC102 (U6), o externos (C4, C5, o C6, ver anexo 2) serán quienes integren la señal proveniente del sensor.

El IVC102 (anexo 2) es un amplificador en configuración de integrador de precisión que emplea amplificadores operacionales construidos con fets, capacitores de integración, y dispositivos conmutadores fets de muy bajas fugas. Los mismos son ideales para la integración de niveles bajos de corriente provenientes de sensores (fotodiodos, cámaras de ionización) en un período determinado, almacenando el voltaje resultante en el capacitor integrador. Las señales de corrientes de entrada toman valores positivos o negativos. La salida del circuito integrador permite medida precisa. En la Fig. 2.3 se encuentra el esquema interno de este integrado, así como la lógica que controla la integración de la señal [40-46].





manera tal que si el voltaje de +5V de su cátodo aumenta, entre en conducción y sature a Q3, poniendo al regulador en un estado de espera o “standby”.

Por V\_SENSE se toma una muestra de corriente circulante por la lámpara y se convierte a voltaje a través de R15 que forma un divisor con el filamento de tungsteno. Esto se hace por si llegara a existir un exceso de corriente por la lámpara, ejemplo, un cortocircuito. Una vez que se dispone de la muestra de voltaje, la misma se compara con el potencial del terminal inversor del operacional AD820AR (U16). Si llega a ser superior, por su salida habrá +12V que inhibirán el funcionamiento del regulador integrado.

El capacitor C40 se coloca para eliminar ruido en las comparaciones de niveles DC.

Los resistores R13 y R14 forman un divisor de voltaje del que se toma una muestra (VL) para ser analizada en el microprocesador y este voltaje se censa para comprobar si llega alimentación a la lámpara. De forma análoga a VL, VS constituye otra muestra de voltaje tomada a la salida de la lámpara para encuestar si circula corriente por ella independientemente de que está alimentada con +5V. Los voltajes VL y VS llegan a los pines 4 y 5 del multiplexor de diagnóstico DG408BR (U33); vía V\_MUX pasan al convertidor ADS1211U y luego a la CPU.

En el modelo GENESYS 10 uv la lámpara flash de xenón parpadea a una frecuencia de 50-100 Hz. Su encendido se realiza a través de los excitadores (*drivers*) Q1 y Q2, presentes en el anexo10, por donde llegan las señales LAMP\_FAST y LAMP\_SLOW respectivamente desde el microcontrolador.

### 2.3.3 Bloque SIN / COS Microstep Drive

En unos de los bloques de la Fig. 2.4 se encuentran los *drivers* del motor de la rejilla de difracción. Son mosfets de canal N que controlan la corriente a través de los enrollados del motor paso a paso. Las señales que le llegan están desfasadas unas respecto a otras. Se identifican con las etiquetas SIN,  $\overline{\text{SIN}}$ , COS, y  $\overline{\text{COS}}$  y provienen del bus de direcciones y datos y pasan por el convertidor DAC84008FS (U42) del anexo 11, para llegar de forma analógica al motor.

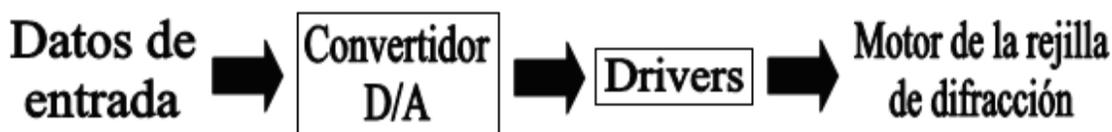


Fig. 2.4. Esquema simplificado del bloque SIN/COS Microstep Driver.



### 2.3.4 Bloque Power Drivers (Turret & Filter Wheel Motors)

Los modelos de espectrofotómetros que son estudiados en el presente trabajo, cuentan con motores que mueven la rueda de filtros y la torreta donde se coloca la o las muestras (las para el modelo con cambiacedas de seis posiciones).

La rueda es mostrada en la Fig. 2.5, tiene ocho posiciones y un límite para contar a partir de ahí los pasos cuando esta gira. La segunda posición de la rueda es un orificio cerrado para medir la “*corriente de oscuridad*” provocada por la “*luz espuria*”.

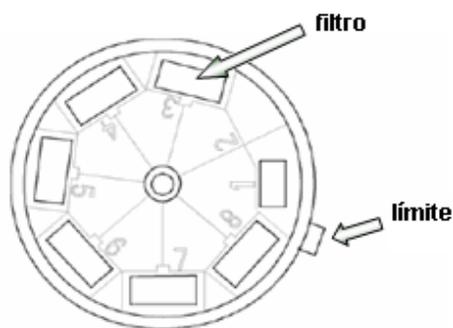


Fig. 2.5. Rueda de filtros.

La función de la rueda o placa colorida es posicionar el filtro adecuado para la medición en el intervalo visible. Esto hace que la fracción del espectro que llega al monocromador se encuentre concentrada en un intervalo y que exista una mejor cobertura en la rejilla de difracción y en la ranura de salida, como se observa en la tabla 2.1.



Tabla 2.1. Posiciones de los filtros dentro de la rueda

GENESYS 10 UV			GENESYS 10 VIS		
Posición	$\lambda$ inicial (nm)	$\lambda$ final (nm)	Posición	$\lambda$ inicial (nm)	$\lambda$ final (nm)
1			1		
2	orificio cerrado		2	orificio cerrado	
3	325	429	3	325	359
4	430	619	4	360	419
5	620	1100	5	420	519
6			6	520	649
7			7	650	1100
8			8		

Una vez que la selección de la posición de la rueda es hecha por la CPU en función de la longitud de onda de la medición, esta gira de forma automática. Pudiera rotar manualmente con la ayuda del programa de diagnóstico ofrecido por el fabricante.

Los motores son de cuatro fases y manejados a través de *drivers* que resisten las corrientes de consumo (anexo 12), para su comprensión, la Fig. 2.6 muestra un diagrama simplificado del circuito.

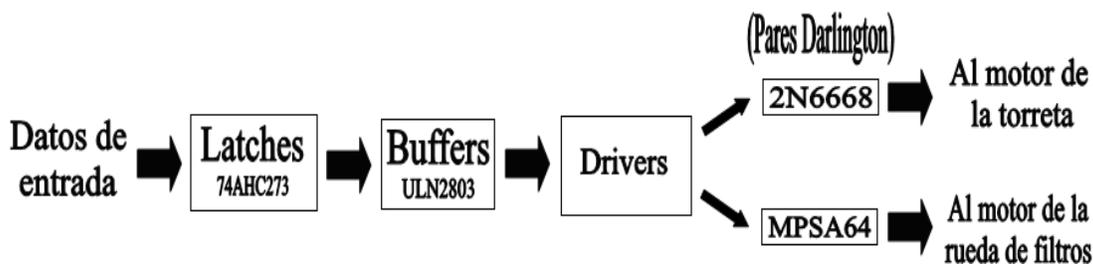


Fig. 2.6. Diagrama simplificado del circuito correspondiente al bloque *Power Drivers (Turret & Filter Wheel Motors)*.



En el caso de la torreta, se emplea como *driver* el arreglo tipo Darlington 2N6668 (Q8), que soporta picos de corriente hasta 15A y voltajes de colector a emisor de 80V. Sin duda alguna, es un motor más potente que el utilizado en la rueda de filtros.

Este segundo emplea como *driver* el MPSA64 (Q9) que es otro arreglo tipo Darlington, pero para corrientes inferiores a 1.2A.

Ambos motores los controla la lógica del bus de direcciones y datos que llega a los CI 74AHC273 (U18 y U19) del anexo 12, los cuales actúan como *latches* permitiendo así que el bus realice otras funciones mientras estos desempeñan sus roles.

## 2.4 Programas del instrumento

El diseño de la serie GENESYS 10 está muy bien realizado pero no es infalible. Los espectrofotómetros cuentan con una *guía de solución de averías* en el *Manual de Servicio*, que no brinda la información exacta del componente que puede haber fallado. Se utilizan los siguientes programas computacionales para su operación y diagnóstico.

### 2.4.1 VisionLite

*VisionLite* es un programa que contiene un paquete de funciones para la operación y calibración de los espectrofotómetros vis y uv/vis de la serie Thermo Electron GENESYS, Helios y Evolution e instrumentos compatibles. El paquete incluye la grabación de varios datos y funciones de evaluación de los mismos.

El programa cuenta con 4 aplicaciones:

- *Scan*: Recorre y graba el espectro.
- *Rate*: Graba la curva de reacción.
- *Fixed*: Graba la absorción de la muestra en puntos a una determinada longitud de onda.
- *Quant*: Hace la cuantificación según la Ley de Lambert-Beer.

El programa en su rutina de comienzo permite seleccionar una de las aplicaciones que van a ser usadas Fig. 2.7. Las aplicaciones son muy similares en su diseño, solamente difieren en sus funciones típicas. Cada aplicación graba los datos en un formato similar y permite la medición de las condiciones y el procedimiento de datos específicos que fueron entrados, además de salvar e imprimir los resultados.



La configuración de las mediciones puede ser guardada como un *preset*. Solamente una aplicación a la vez puede ejecutarse en el espectrofotómetro. Para cambiar a diferentes mediciones se requiere principalmente de que las aplicaciones que estén activas sean cerradas. Las configuraciones difieren de acuerdo al instrumento y a sus accesorios.

### Requerimientos del hardware

VisionLite necesita una PC estándar con sistema operativo de Microsoft Windows con 32 bit, puede ser Windows NT, Windows 2000 o Windows XP. La pantalla debe tener una resolución mínima de 800x600 píxeles. Para conectar el espectrofotómetro a la PC se necesita un conector RS232C. Este programa ocupa 10MB de espacio en disco duro

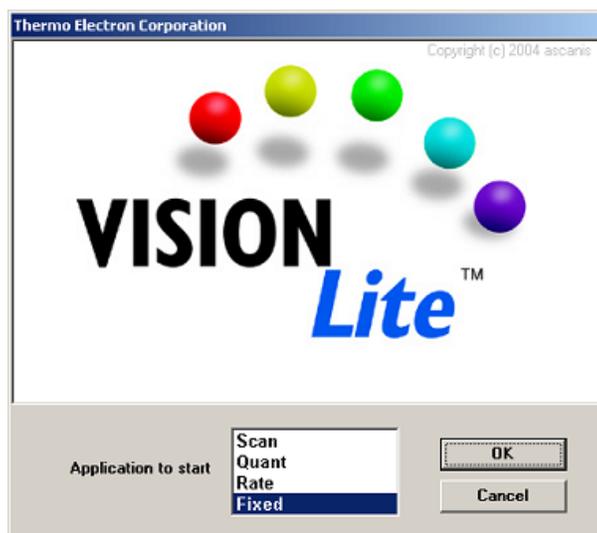


Fig. 2.7. Interfaz del programa *VisionLite*.

### 2.4.2 Comunicación serie a través del Hiperterminal

Los instrumentos de la serie *GENESYS 10* se comunican vía RS-232 con la computadora (PC) para que esta asuma el control. La comunicación puede ser a través de comandos RS-232 (por el *Hyper Terminal*).

### 2.4.3 Genflash 3.0

*Genflash* es un programa útil diseñado para actualizar el firmware de los equipos de la serie *GENESYS 10* incluyendo *GENESYS 10 Vis*, *GENESYS 10 UV/Vis*, *BioMate 3*, *GENESYS 10 UV scanning*, *GENESYS 6*, *GENESYS 10*, *Bio* y *Evolution 60*.



*Genflash* mantiene intactas las mediciones salvadas, así como las pruebas *Smartstart* y la calibración del equipo.

En la Fig. 2.8 se muestra el interfaz de este programa.



Fig. 2.8. Interfaz de Genflash 3.0.

#### 2.4.4 Firmware del instrumento

Se puede dividir este programa en dos secciones, manipulación y autocontrol. El autocontrol se ejecuta durante varios minutos al encenderse el equipo y sigue toda una trayectoria para informar el surgimiento de un problema en la calibración en caso que aparezca.

#### 2.4.5 Software de Diagnóstico

El servicio del *Software de Diagnóstico* puede ser usado tanto para la calibración como para detectar problemas de funcionamiento de espectrofotómetros de la serie *GENESYS 10 Vis*, *GENESYS 10 UV*, *GENESYS 10 UV scanning*, *GENESYS 6* y *BioMate 3*. La calibración requiere de un filtro de Didimio. El programa puede ser usado para mover los motores, para chequear la ganancia de los detectores y para la calibración del instrumento. En la Fig. 2.9 se muestra la interfaz del *Software de Diagnóstico*.

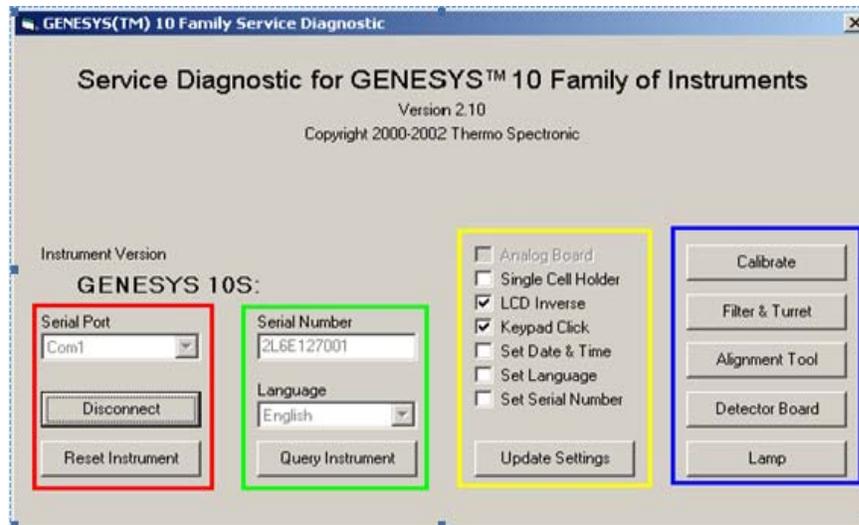


Fig. 2.9. Interfaz del *Software de Diagnóstico*.

En esta ventana se han enmarcado cuatro regiones.

El primer recuadro de izquierda a derecha se encarga de establecer o eliminar la conexión del instrumento (botón *Connect/Disconnect*), o de reiniciarlo (botón *Reset Instrument*).

El segundo recuadro de izquierda a derecha mediante *Query Instrument* le comunica al usuario el número de serie del equipo, así como el lenguaje con el que opera.

El tercer recuadro de izquierda a derecha actualiza parámetros como la hora, la fecha, el idioma, el número de serie si se cambia la Main Board, entre otros. Una vez que son seleccionados los parámetros a actualizar el botón *Update Settings* ejecuta las órdenes.

El cuarto recuadro de izquierda a derecha cuenta con botones que desempeñan varias funciones y se describen en los siguientes sub-epígrafes del capítulo 3.

El *Software de Diagnóstico* manifiesta ventajas respecto a los programas anteriores referidos, porque interactúa directamente con los circuitos del instrumento y analiza los datos que le brindan los componentes.



## 2.5 Aspectos significativos sobre los espectrofotómetros de la serie GENESYS 10

Partiendo de los aspectos descritos, relacionado con los espectrofotómetros de la serie GENESYS 10 pueden sintetizarse los siguientes aspectos más representativos:

- El diagrama en bloques y la explicación de aquellos fundamentales ofrecen una mayor claridad en la comprensión de la electrónica del instrumento.
- La serie GENESYS 10 cuenta con una circuitería complicada, pero muy ingeniosa en su concepción por las protecciones ante fallos que brinda, que redundan en una mayor fiabilidad en su funcionamiento.
- El diseño de la serie GENESYS 10 no es infalible, y la *guía de solución de averías* del *Manual de Servicios*, no brinda la información exacta del componente que puede haber fallado.
- La utilización de los programas computacionales *Software de Diagnóstico* y *VisionLite* son fundamentales para diagnosticar posibles fallos.



## CAPÍTULO 3. MANTENIMIENTO DE LOS ESPECTROFOTÓMETROS DE LA SERIE GENESYS™ 10

En el capítulo se hace una descripción de las mediciones realizadas a los espectrofotómetros de la serie GENESYS mediante el empleo de los programas *Software de Diagnóstico* y *VisionLite* y a partir de los resultados obtenidos se ofrece la forma de calibración. Se hace un análisis económico de las ventajas que trae consigo el mantenimiento preventivo con respecto al mantenimiento correctivo en los espectrofotómetros. Por último, se propone el plan de mantenimiento preventivo para este equipamiento.

### 3.1 Mediciones con el Software de Diagnóstico y el programa VisionLite

En la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas fueron instalados dos espectrofotómetros de la serie GENESYS 10 a partir del 31 de marzo del 2006. Uno de ellos (el que trabaja en el espectro ultravioleta/visible) en el Laboratorio de Espectrofotometría del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). El otro (espectro visible) está ubicado en el Laboratorio de Espectrofotometría de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas.

Hasta la realización del presente trabajo, nunca se había realizado mantenimiento preventivo alguno a tales equipos, incluido su calibración por no poseer un plan con este fin.

Las pruebas para detectar el estado técnico del equipo se realizaron de forma diferente en ambos equipos debido a la no existencia de los mismos filtros de Didimio en los locales. Por esta razón se trabaja fundamentalmente con el *Software de Diagnóstico* en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y en el CIAP con el *Software de Diagnóstico* y con el *VisionLite* para la calibración de estos.

#### 3.1.1 Software de Diagnóstico

A través de este programa como fue descrito en el Capítulo 2, se puede calibrar el instrumento en dos longitudes de onda, comprobar el estado técnico de los motores de la rueda de filtro y de la torreta, alinear



ópticamente el equipo, diagnosticar el detector así como chequear la vida de las lámparas halógena de tungsteno y de xenón. A continuación se describen las pruebas realizadas.

### 3.1.1.1 Calibración de longitudes de ondas

Cuando se selecciona el botón Calibrate, aparece una ventana de calibración (Calibration Window) y una vez seleccionado, el equipo hace una calibración automática de longitudes de ondas. Para ello se utiliza un filtro de Didimio (en la posición 1 de la torreta para el modelo de 6 celdas) y si el equipo no presenta ninguna anomalía, debe dar picos de Absorbancia como los mostrados en la Fig. 3.1. El equipo al que se le realizó la calibración de las longitudes de onda es el espectrofotómetro uv/vis.

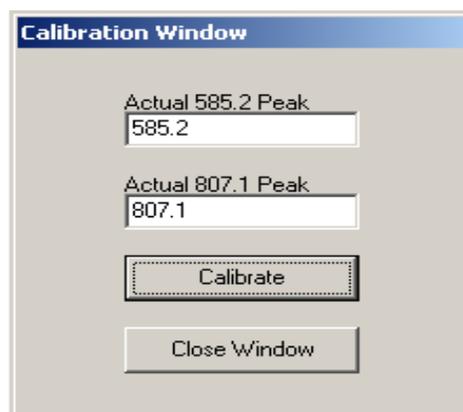


Fig. 3.1. Interfaz *Calibration Window*.

En la figura anterior se observa un espectro desde los 400-900 nm con picos de Absorbancia de 585.5 nm y 807.8 nm, lo que refleja el buen funcionamiento de la lámpara de este equipo.

### 3.1.1.2 Calibración de los motores de la torreta y la rueda de filtros

Al presionar el botón Filter & Turret, en la ventana Filter & Turret Control, mostrada en la Fig. 3.2, se analizan posibles fallos en los motores de la torreta y la rueda de filtros. Existen interruptores de límites para llevar la cuenta del número de pasos cuando los motores giran.

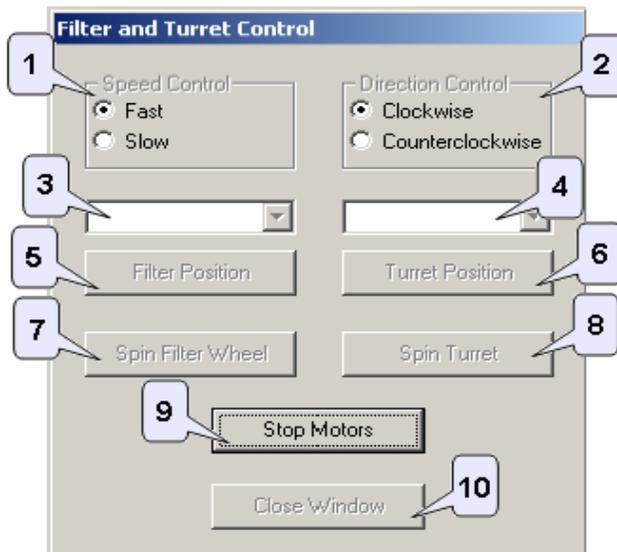


Fig. 3.2. Interfaz *Filter & Turret Control*.

Leyenda de la figura 3.2:

1. Configuración de las velocidades de los motores, *rápida (fast)* o *lenta (slow)*.
2. Dirección de giro de los motores, *horaria (clockwise)* o *antihoraria (counterclockwise)*.
3. Muestra el filtro seleccionado.
4. Muestra la posición de la torreta establecida.
5. Mueve la posición de la rueda una a una.
6. Mueve la posición de la torreta una a una.
7. Gira la rueda a la posición establecida.
8. Gira la torreta a la posición ajustada.
9. Detiene los motores.
10. Cierra la ventana.

Se realizaron las pruebas pertinentes en ambos espectrofotómetros observándose un buen funcionamiento en los motores y en los interruptores al seleccionar las posiciones deseadas en el programa.



### 3.1.1.3 Alineación de la óptica

El botón *Alignment Tool* debe presionarse para comprobar que el interruptor de límite de la rejilla se encuentra operante y establecer así el *orden cero*, que es la luz blanca con  $\lambda = 0$  nm. Esto se hace antes de alinear físicamente alguno de los espejos.

Una vez seleccionado el botón se aparece la interfaz de la Fig. 3.3.

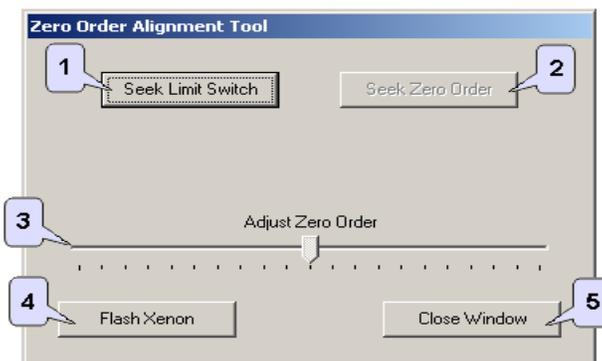


Fig. 3.3. Interfaz *Zero Order Alignment Tool*.

La función de los botones de la figura se describe a continuación:

1. Busca el switch límite de la rejilla, si está inoperante, sale en la pantalla un cartel, avisando que no se encontró el interruptor. Si funciona bien, el rayo de luz se posiciona a la izquierda de la ranura de salida.
2. Comprueba la alineación del instrumento calibrado. Este control se habilita luego de comprobarse que el interruptor límite está bien ajustado. Al presionarse se mueve la rejilla cierta cantidad de pasos, donde el instrumento cree que el *orden cero* está localizado, su posición es la correcta cuando está centrado en la ranura de salida.
3. Barra que manualmente se ajusta para centrar el *orden cero* en la ranura de salida.
4. Hace que la lámpara de xenón en el modelo *GENESYS 10 uv/vis* parpadee a una velocidad máxima durante la alineación (en el modelo visible la lámpara de tungsteno está siempre encendida).
5. Cierra la ventana.

En las pruebas de alineación del espectrofotómetro *uv/vis* se comprobó el buen funcionamiento de la óptica, y no fue necesario ajustar la posición del haz de luz con el cursor *Adjust Zero Order* en el *Software de Diagnóstico*.



### 3.1.1.4 Diagnóstico de las tarjetas de los detectores

Para el diagnóstico de las tarjetas de los detectores se utiliza la opción *Detector Board*. La Fig. 3.4 muestra la interfaz con la que interactúa el usuario una vez seleccionada esta opción.

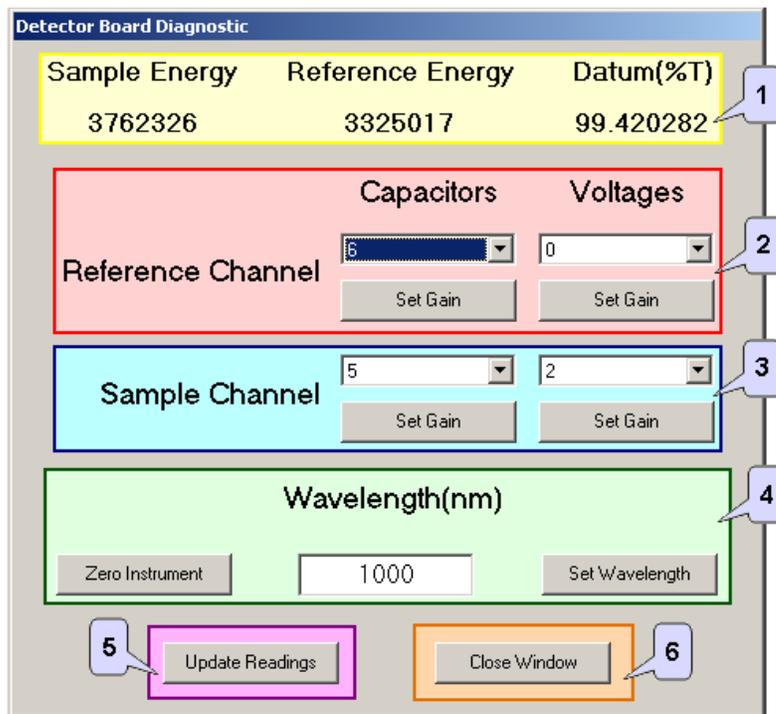


Fig. 3.4. Interfaz *Detector Board Diagnostic*.

Leyenda de la Fig. 3.4:

1. Muestra la lectura de los niveles de energía que llegan a los detectores de la muestra y de la referencia menos la corriente de oscuridad del canal correspondiente, así como el por ciento de transmitancia que llega al detector. La lectura se toma de los datos de salida del convertidor A/D ADS1211U.
2. Se establece la configuración de ganancias de voltaje y capacidad del canal de la referencia.
3. Se establece la configuración de ganancias de voltaje y capacidad del canal de muestra.
4. Se fija la longitud de onda de la medición (*Set Wavelength*).
5. Actualiza las lecturas.
6. Cierra la ventana.

Las configuraciones de voltaje y capacidad se utilizan para compensar las cantidades de luz que llegan al detector a diferentes longitudes de ondas. Estos establecimientos se realizan de forma automática por el



equipo cuando se mide un “blanco”. El circuito del detector utiliza un integrador (CI IVC102) y resistores en el selector de ganancias (anexo 3). Cambiar la capacidad o el voltaje, en la ventana de la figura 3.4, conlleva a variar la energía que llega a los detectores, de ahí que un número de ganancia alto equivale en el programa a un nivel de energía grande que llega al detector.

La lectura se satura a la cuenta de 6, 300, 000. Si cambian los valores de voltaje o capacidad, habrá también cambios en los niveles de energía mostrados en ventana de diagnóstico. Si no aparece el correspondiente cambio y la lectura no está saturada, entonces existen averías en la Main Board, en los detectores o en la cinta que enlaza ambas tarjetas. Una manera de comprobarlo es fijar una longitud de onda en un punto de baja energía (850 nm) y probar las configuraciones de voltajes y capacidad. Las mediciones se hicieron no solo para 850 nm, sino también para 200 nm para observar mejor el comportamiento del equipo.

Los resultados de las mediciones para el espectrofotómetro uv/vis se obtuvieron primeramente (Tabla 3.1) para una longitud de onda de 200 nm, estableciendo capacidad cero.

Tabla 3.1. Voltajes a 200 nm y capacidad cero.

Voltaje (n)	Energía medida		(Energía n) / (Energía n-1)		
	Muestra	Referencia	Muestra	Referencia	Valor de referencia
0	149 945	144 436			1.3333-1.43 máx
1	201 564	194 227	1.3442	1.3447	1.3333-1.43 máx
2	280 616	264 643	1.3921	1.3625	1.3333-1.43 máx
3	375 280	353 163	1.3373	1.3344	1.3333-1.43 máx
4	503 474	489 619	1.3415	1.3863	1.3333-1.43 máx
5	678 272	665 859	1.3447	1.3599	1.3333-1.43 máx
6	904 732	896 791	1.3338	1.3468	1.3333-1.43 máx
7	1 267 922	1 229 147	1.4014	1.3706	1.3333-1.43 máx

Para 850 nm y capacidad cero se obtuvo la Tabla 3.2 de voltajes que se muestra a continuación.

Tabla 3.2. Voltajes a 850 nm y capacidad cero.

Voltaje (n)	Energía medida		(Energía n) / (Energía n-1)		
	Muestra	Referencia	Muestra	Referencia	Valor de referencia
0	47 735	25 215			1.3333-1.43 máx
1	63 677	34 193	1.3339	1.3560	1.3333-1.43 máx
2	85 117	45 695	1.3366	1.3363	1.3333-1.43 máx
3	119 082	61 666	1.3990	1.3495	1.3333-1.43 máx
4	160 950	82 326	1.3515	1.3350	1.3333-1.43 máx
5	224 999	110 032	1.3979	1.3365	1.3333-1.43 máx
6	303 030	151 270	1.3468	1.3747	1.3333-1.43 máx
7	406 329	206 617	1.3408	1.3658	1.3333-1.43 máx



Cuando la ganancia de voltaje es incrementada en 1, la razón entre ganancias de un nivel respecto al inmediato superior, deben estar dentro del intervalo de 1.33-1.43 máx.

Para el voltaje igual cero a 200 nm las lecturas en la tabla de capacidades se saturan a partir de la capacidad igual 4, pero no significa un error, solamente que los valores obtenidos del convertidor A/D dada la configuración de voltajes y capacidad, exceden el rango del *Software de Diagnóstico*. En la tabla 3.3 se pueden observar los valores.

Tabla 3.3. Capacidades a 200 nm y voltaje cero.

Capacidad(n)	Energía medida		(Energía n) / (Energía n-1)		
	Muestra	Referencia	Muestra	Referencia	Valor de referencia
0	140 897	145 396			
1	181 016	189 554	1.2847	1.3037	1.2670-7.14máx
2	789 729	960 226	4.3627	5.0657	4.3333-7.14 máx
3	4 578 665	4 902 587	5.7977	5.1056	5.1000-7.14 máx
4	6 584 992	5 608 338	-	-	1.4286-7.14 máx
5	-	-	-	-	1.7500-7.14 máx
6	-	-	-	-	4.0000-7.14 máx

En la tabla 3.4 se muestran las mediciones de capacidad para 850 nm con voltaje igual a cero. A partir de la capacidad igual a seis se satura la lectura.

Tabla 3.4. Capacidades a 850 nm y voltaje cero.

Capacidad(n)	Energía medida		(Energía n) / (Energía n-1)		
	Muestra	Referencia	Muestra	Referencia	Valor de referencia
0	48 339	26 007			
1	61 365	38 484	1.2694	1.4797	1.2670-7.14máx
2	270 288	185 315	4.4045	4.8153	4.3333-7.14 máx
3	1 473 189	954772	5.4504	5.1521	5.1000-7.14 máx
4	2 115 694	1 365419	1.4361	1.4301	1.4286-7.14 máx
5	6 208 334	5 608 338	2.9344	4.1074	1.7500-7.14 máx
6	-	-	-	-	4.0000-7.14 máx

Si la ganancia del capacitor es incrementada en 1, las relaciones de ganancias de un nivel respecto a otro deben estar dentro del intervalo de la tabla anterior.



Si los valores de las mediciones de voltaje y capacidad no están dentro de los valores anteriormente expuestos, entonces podrían existir averías en la Main Board, en los detectores o en la cinta que enlaza ambas tarjetas.

### 3.1.1.5 Chequeo de la lámpara

Cuando se presiona *Lamp* se tiene la opción de ver el por ciento de horas de vida de las lámparas halógena de tungsteno (*GENESYS 10 vis*) y de xenón (*GENESYS 10 uv/vis*). El software de Diagnóstico presenta un error de configuración, pues siempre se muestra el nombre de xenón aunque se trabaje con la de tungsteno.

La interfaz para el modelo vis se muestra en la Fig. 3.5.



Fig. 3.5 Por ciento de horas de uso de la lámpara halógena de tungsteno.

La interfaz para el modelo uv se aprecia en la Fig. 3.6.

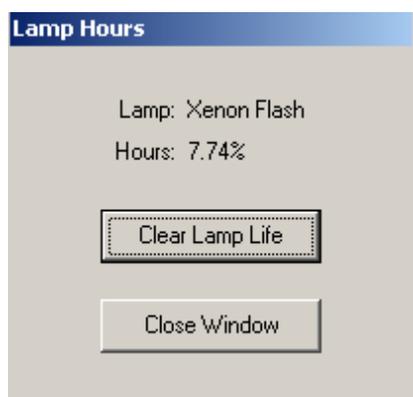


Fig. 3.6 Porcentaje de horas de uso de la lámpara de xenón.

El botón *Clear Lamp Life* de la interfaz reinicia las horas de vida de la lámpara en caso que esta se cambie.



### 3.1.2 VisionLite

Con este programa se pueden obtener curvas de calibración, comprobar patrones preestablecidos por el fabricante, y realizar las mediciones que normalmente el equipo toma sin necesidad de acople con la PC, sólo que, *VisionLite* brinda una interfaz cómoda de trabajo y mayor rapidez al medir las muestras.

#### 3.1.2.1 Calibración

Para la calibración se utilizaron filtros de Didimio de diferentes longitudes de onda (Anexo 13). Primeramente se seleccionó la opción Fixed, figura 3.7 y se midió con una cubeta de 0 Absorbancia (A) a 590 nm, que equivale a no poner nada en dicha posición de la torreta.

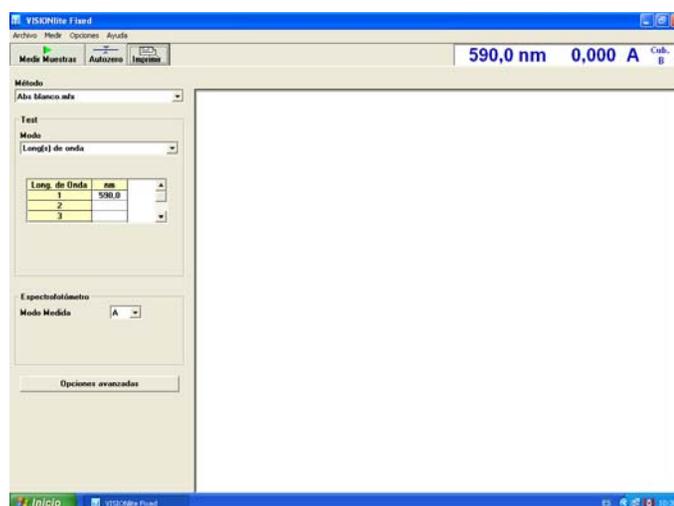


Fig. 3.7 Calibración a 590 nm con 0% A.

Luego se realizaron mediciones de Absorbancia(A) a 590 nm con filtros de Didimio de etiqueta amarilla y de etiqueta blanca al 10 y 50% respectivamente. Los resultados se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Medición de Absorbancia a 590 nm con filtros de Didimio.

Filtro	Valor estándar de A a 590nm	Valor medido de A a 590nm	Incertidumbre permitida
50% Etiqueta Blanca (A)	0.295 A	0.293 A	+/- 0.005 A
50% Etiqueta Amarilla(A)	0.289 A	0.289 A	+/- 0.005 A
10 % Etiqueta Blanca (A)	0.990 A	0.989 A	+/- 0.013 A
10 % Etiqueta Amarilla(A)	0.994 A	0.991 A	+/- 0.013 A

Como se puede apreciar, comparando los resultados de los valores medidos con los que están estipulados en el certificado de estándares de calibración (Anexo 14), los valores son similares, pues sus variaciones son muy pequeñas y se encuentran dentro del rango de tolerancia. En caso de no suceder así, habría problemas en la lámpara.



Luego se realiza la medición de Transmitancia (T) a 590 nm con filtros de Didimio también, de etiqueta amarilla y de etiqueta blanca al 10 y 50% respectivamente. Los resultados se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Medición de Transmitancia con filtros de Didimio.

Filtro	Valor medido de T a 590 nm	Valor estándar de T a 590 nm	Incertidumbre
50% Etiqueta Blanca (T)	50.8 % T	50.8 % T	+/- 0.6 % T
50% Etiqueta Amarilla (T)	51.5 % T	51.4 % T	+/- 0.6 % T
10 % Etiqueta Blanca (T)	10.3 % T	10.2 % T	+/- 0.3 % T
10 % Etiqueta Amarilla (T)	10.2 % T	10.1 % T	+/- 0.3 % T

Los resultados obtenidos, al igual que en las mediciones de Absorbancia, son muy cercanos a los estándares lo que refleja que el equipo está trabajando satisfactoriamente.

Para utilizar los filtros estándares de energía radiante (SRE) se selecciona la opción Scan, los filtros usados son de 220, 340 y 400 nm. Se configuran los valores de inicio, fin e intervalo del barrido; el modo de medida y la velocidad. El barrido comienza en 200 nm y termina en 800 nm, pues este es el espectro *ultravioleta- visible*, con un intervalo de 5 nm. El modo medida es % T y la velocidad es rápida (Fast) (Anexo 15).

En la Fig. 3.8 se observa las curvas de Transmitancia vs Longitud de Onda, a mayores longitudes de onda mayor es la Transmitancia.

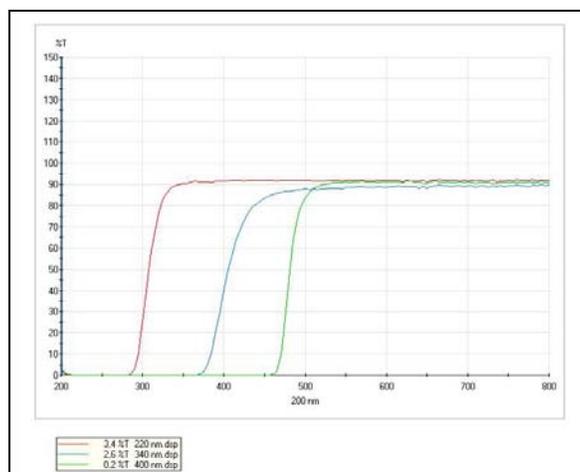


Fig. 3.8 Curvas de calibración para filtros SER.

Las curvas obtenidas comparadas con las que ofrece el fabricante (Anexo 16) son muy parecidas, no existen irregularidades notables a pesar de las variaciones en el voltaje de la línea, lo que refleja resultados satisfactorios en esta calibración.



### 3.2 Ventajas económicas del mantenimiento preventivo

El análisis de las ventajas económicas del mantenimiento preventivo con respecto al correctivo se basa fundamentalmente en el costo de los equipos y de sus componentes. En la tabla 3.7 se muestran los precios de los equipos y de algunos de sus componentes en euros (EUR).

Tabla 3.7. Precios de los equipos y sus componentes.

Descripción	Precio en EUR (€)
Lámpara halógena de Tungsteno (paquete de 2)	€ 75.40
Fusibles ( paquete de 4)	€ 48.700
GENESYS 10 Vis con salida analógica e impresora	€ 3654.00
GENESYS 10 Uv/Vis de barrido de 6 celdas con impresora	€ 5701.20
Filtros de Didimio	€ 313.20
Cubetas de cuarzo	€ 868.80
Placa de impreso con los componentes	€ 1845.90
Fuente Conmutada	€ 160.20
Lámpara de Xenón	€ 150.65

Dado que Cuba es un país con múltiples limitaciones en el plano económico es de vital importancia mantener y evitar que equipos como estos, sufran averías imprevistas por no darles el cuidado preventivo que llevan. Por esta razón a continuación se propone un plan de mantenimiento para los espectrofotómetros de la serie *GENESYS*.

### 3.3 Propuesta de plan de mantenimiento

La propuesta de plan de mantenimiento se basa en resultados empíricos, pues se ha comprobado el buen estado en que se encuentran los equipos después de un período de 4 años desde la última calibración en el momento de la instalación. Como variable de fiabilidad se asume que un intervalo de 6 meses entre cada mantenimiento es suficiente para asegurar el buen funcionamiento de los espectrofotómetros.

Se conoce que los espectrofotómetros *GENESYS* 10 vis y uv/vis se encuentran en los Laboratorios de Farmacia y del CIAP respectivamente. La entidad que se encarga del mantenimiento de estos equipos es la UCLV, la misma cuenta con un personal calificado dentro de la brigada de “Equipamiento Complejo” del



Centro de Desarrollo Electrónico (CDE), siendo ingenieros graduados en la especialidad de Electrónica con cursos de superación en esta clase de equipos.

### 3.3.1 Procedimientos para el mantenimiento

Para el mantenimiento preventivo se necesitan los siguientes materiales y herramientas:

Materiales:

- Alcohol Isopropílico 10 mL.
- Hidróxido de sodio (o amonio).
- Acido clorhídrico.
- Clorox.
- Solución de Limpieza (332260-169).
- Acido crómico.
- Paño fino de algodón o papel tisú libre de pelusas.
- Agua Destilada 500 mL.

Herramientas:

- Se utilizan programas como *Software de Diagnóstico* y *VisionLite* que necesitan para su buen funcionamiento una computadora estándar; con sistema operativo de Microsoft Windows con 32 bit, puede ser Windows NT, Windows 2000 o Windows XP. La pantalla debe tener una resolución mínima de 800x600 píxeles. Para conectar el espectrofotómetro a la PC se necesita un conector RS232C. Este programa ocupa 10MB de espacio en disco duro
- Destornilladores de estría y paleta.
- Dispensor (brocha) de cepa blanda.



### 3.3.1.1 Cuidados de rutina

Para el mantenimiento preventivo es necesario tener en cuenta los siguientes cuidados de rutina:

- Para prevenir la acumulación de polvo sobre y dentro del instrumento, siempre coloque la cubierta plástica cuando apague el instrumento. La cubierta plástica entregada con el instrumento, es resistente a la mayoría de soluciones acuosas [2].
- No use ni almacene el instrumento en ambientes corrosivos.
- Limpie suavemente con una tela suave la parte exterior del instrumento para quitar polvo o líquidos derramados. También se puede usar agua, alcohol isopropílico y otro agente limpiador común de laboratorio.
- Si derrama algo, límpielo enseguida para evitar o reducir desperfectos en el instrumento. Si derrama sobre el instrumento ácidos o bases concentradas, o algún material de hidrocarbano, limpie el área afectada inmediatamente.
- Use agua, alcohol isopropílico u otro agente limpiador común de laboratorio para limpiar el teclado. Es recomendable que limpie inmediatamente cualquier salpicadura en el teclado.

### 3.3.1.2 Limpieza y mantenimiento de las celdas

Limpieza de las celdas por dentro y por fuera es muy importante, no sólo porque cualquier material contaminante puede absorber luz, sino que el material en la celda puede reaccionar con reactivos posteriores. Los métodos de limpieza dependen de la naturaleza del material contaminante. Hidróxido de sodio (o amonio) y ácido clorhídrico diluido pueden ser usados para remover algunos contaminantes ácidos o básicos, respectivamente. Clorox (sin diluir o 1:1) es también muy efectivo para remover contaminante proteínicos y bacteriales. También puede usar la Solución de Limpieza (332260-169) para limpiar las celdas.

Finalmente, usando ácido crómico removerá la mayoría de los contaminantes, pero debe ser manejado, y descartado en forma segura. Debido a la reacción exotérmica del ácido con el agua, cualquier generación de calor debe ser rápidamente disipada para evitar alterar el paso de las celdas. Las celdas no deben ser colocadas en ácido crómico caliente.

Para preparar solución de limpieza de ácido crómico, añada lentamente (agitando) 800 mL de ácido sulfúrico concentrado a 458 mL de agua destilada conteniendo 92 g de bicromato de sodio ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Esta solución de limpieza debe ser de un color rojo amarronado. Descártelo, usando métodos apropiados, cuando aparezca una tonalidad verde.



Celdas con ralladuras en las ventanas del paso óptico deben ser descartadas porque las ralladuras causarán anomalías en las lecturas. Las celdas deben ser protegidas durante la limpieza y no deben ser colocadas junto con otra vidriería donde puedan ser ralladas. La parte exterior de las celdas se puede limpiar con un papel tisú libre de pelusas, y nunca se deben dejar marcas de huellas digitales.

Las micro celdas de flujo se pueden mantener limpias de la siguiente forma:

- Lavando con un solvente luego de usar.
- Aspirando ácido diluidos, bases, detergentes especiales o Clorox a través de la celda.
- Almacenado agua destilada en la cámara de la celda.

### 3.3.1.3 Limpieza de las ventanas del compartimiento de muestras

Siga las siguientes instrucciones para limpiar las ventanas del compartimiento de muestras:

- No use acetona para limpiar las ventanas del compartimiento de muestras. En su lugar use una solución de limpieza de laboratorio no abrasiva (Solución de limpieza, 332260-169), agua destilada o alcohol.
- Use el líquido y un papel tisú libre de pelusas para limpiar las ventanas. No aplique mucha presión o la superficie de la ventana puede ser dañada. Asegúrese de no dejar marcas de huellas digitales.

### 3.3.1.4 Calibración con los programas Software de Diagnóstico y VisionLite

Primeramente se calibra con el Software de Diagnóstico para realizar pruebas rápidas del equipo, y finalmente se utiliza VisionLite para un proceso de calibración más completo.

#### 1. Calibración de los equipos mediante el *Software de Diagnóstico*.

- Alinear ópticamente.  
En caso de no poder alinear mediante el *Software de Diagnóstico*, abrir el equipo y limpiar los espejos. En caso de persistir el problema, entonces se reajusta la posición de los espejos siguiendo el recorrido desde la celda hacia la fuente de luz.
- Calibrar instrumento a 585 y 807 nm.  
Si no hay nada que bloquee el rayo y los valores de los picos obtenidos anteriormente difieren en un rango mayor a  $\pm 1$  nm entonces se lleva a cabo todo un proceso de limpieza en el mecanismo óptico. Si el problema se mantiene se analizan los detectores, pero si la avería permanece una vez reemplazados, entonces hay que cambiar la Main Board.
- Comprobar el tiempo vida útil de la lámpara.



En caso de existir problemas en la calibración y no haber llegado el tiempo de vida útil a su límite, entonces se prueba con otra lámpara.

Si el tiempo de vida de la lámpara se ha cumplido, se procede a cambiar la lámpara.

- Calibrar motores de la torreta y la rueda de filtros.

Cuando se ordena girar los motores y las posiciones de la rueda y la torreta son erróneas, se ajustan los interruptores límites en las posiciones correctas y se intenta de nuevo. Si permanece la anomalía, se siguen las instrucciones de la *guía de solución de averías* del *Manual de Servicio (Troubleshooting Guide)* según el fallo.

- Diagnosticar las tarjetas de los detectores.

La lectura se satura a la cuenta de 6, 300, 000. Si cambian los valores de voltaje o capacidad, habrá también cambios en los niveles de energía mostrados en ventana de diagnóstico. Si no aparece el correspondiente cambio y la lectura no está saturada, entonces existen averías en la Main Board, en los detectores o en la cinta que enlaza ambas tarjetas. Una manera de comprobarlo es fijar una longitud de onda en un punto de baja energía (850 nm) y probar las configuraciones de voltajes y capacidad. En caso de que persistan los problemas durante la calibración, remitirse a la *guía de solución de averías* brindada por el fabricante.

## 2. Calibración de los equipos mediante el software *VisionLite*.

- Calibrar a 0% y 100% de Transmitancia.
- Calibrar a 590 nm con filtros de Didimio 50% y 10 % de Absorbancia.
- Calibrar con filtros (SRE) 220, 340 y 400 nm.



### **3.4 Consideraciones finales relacionadas con el mantenimiento de los espectrofotómetros de la serie GENESYS 10**

1. El *Software de Diagnóstico* utilizado manifiesta ventajas respecto a programas en los cuales el usuario tiene que realizar interrogaciones constantemente para detectar un fallo, porque interactúa directamente con los circuitos del instrumento y analiza los datos que le brindan los componentes. La persona que lo utiliza, no necesita efectuar mediciones electrónicas para descubrir ciertas averías y se ahorra tal vez una tediosa búsqueda de la anomalía.
2. Como desventaja se cita que no diagnostica todos los fallos que puede presentar el equipo. Esta detección de problemas se encuentra en un intervalo limitado, pero no por ello deja de tener potencialidad.
3. Se comprobó a través de las pruebas realizadas el estado técnico de los equipos demostrando de esta forma que ambos equipos se encuentran trabajando satisfactoriamente.
4. Con el análisis del costo de los equipos y de sus componentes fundamentales quedaron reflejadas las ventajas del mantenimiento preventivo con respecto al correctivo.
5. La propuesta de plan de mantenimiento ofrece una alternativa a seguir para el cuidado de estos equipos.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Al culminar este trabajo se puede concluir que se cumplieron los objetivos generales específicos propuestos, lo cual puede ser evidenciado a partir de los siguientes aspectos:

1. La recopilación de la información científico-técnica, relacionada con el mantenimiento y con los espectrofotómetros, pudo lograr acumular información valiosa que ayuda al técnico a aplicar de una forma más efectiva los mantenimientos preventivos y correctivos, dado que antes de la realización de este trabajo de diploma, la información se encontraba dispersa y no documentada.
2. La explicación detallada de los bloques principales del equipamiento, no ofrecida por el fabricante, le brinda al personal técnico, una idea clara del funcionamiento electrónico. Se describen en detalle los bloques de *Simple Detector Board / Reference Detector Board*, *Lamp Control (tungsten lamp/ flash lamp)*, *SIN / COS Microstep Drive* y *Power Drivers (Turret & Filter Wheel Motors)*. Estas explicaciones demuestran que la serie *GENESYS 10* cuenta con una circuitería de alto grado de complejidad, pero muy ingeniosa en su concepción por las protecciones ante fallos que brinda, que redundan en una mayor fiabilidad en su funcionamiento
3. Se determinaron parámetros para la calibración de longitudes de onda y motores de la torreta y rueda de filtros, alineación de la óptica, diagnóstico de las tarjetas de los detectores, chequeo de la lámpara, y valores estándares de absorbancia, transmitancia y curvas de filtros SER. El chequeo de todos estos parámetros demostró que los equipos comprobados equipos presentan óptimas condiciones de trabajo, pues los resultados estuvieron dentro de los patrones establecidos por el fabricante.
4. Los softwares utilizados, *Software de Diagnóstico* y *VisionLite*, que facilitan la determinación de los parámetros comentados anteriormente, eliminan incertidumbres ante posibles fallos y constituyen una valiosa guía de trabajo para el especialista que atiende el mantenimiento especializado del equipo.
5. La propuesta de plan de mantenimiento ofrece una alternativa a seguir por el especialista encargado del mantenimiento. Se confecciona sobre la base de sus variables y brinda una serie de pasos a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo los cuidados de rutina, limpieza y mantenimiento de las celdas y ventanas del compartimiento de muestras y calibración de los equipos con los programas *Software de Diagnóstico* y *VisionLite*.



## Recomendaciones

Se recomienda lo siguiente:

1. Realizar una descripción detallada de los circuitos de los modelos de las fuentes de alimentación de la serie *GENESYS 10* no contemplado en este trabajo.
2. Diseñar un programa experto, que a partir de una base de conocimientos, logre detectar el componente específico que falla y brinde recomendaciones para su reparación, pues dada la complejidad de los circuitos de los equipos de la serie *GENESYS*, se hace compleja su reparación y se necesita el uso de las opiniones de personal experto, que no siempre está disponible en el momento de roturas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JENCK S.A. (2006). Cómo comprar el mejor espectrofotómetro UV-VISIBLE, <http://www.jenck.com/uv-dq.htm>, abril del 2006.
- [2] Thermo Spectronic, (2002). *GENESYS™ 10 Series, BioMate™ 3 and GENESYS 6 Spectrophotometers Service Manual. USA.*
- [3] K. Sequeira, "Los Hospitales Modernos," in *CubanMan* La Habana: Editorial CEIM-CUJAE, 2005.
- [4] E. De la Paz, "Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la industria textil cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma", " in Facultad de Ingeniería Industrial y Economía. Departamento de Ingeniería Industrial Santa Clara: Universidad Central de Las Villas, 1996.
- [5] L. Morrow, "Maintenance Engineering Handbook. Inc"., USA: McGraw Hill Book Company, 1957.
- [6] M. Peters, "Plant Design and Economics for Chemical Engineering". La Habana: Edición Revolucionaria, 1968.
- [7] A. Goldman, "Maintainability: a major element of system effectiveness". New York, 1964.
- [8] E. Kohler, "Diccionario para contadores", México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana (UTEHA), 1990.
- [9] S. Payement, "La certificación de las empresas de servicio de mantenimiento," in Revista Mantenimiento. vol. 4. No. 2 Perú, 1994, pp. 10-14.
- [10] S. Kamenitzer, Organización, planificación y dirección de la actividad de las empresas industriales. 1 Parte. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985.
- [11] B. Encinas, "La visión del mantenimiento basado en la fiabilidad para la maximización de la productividad," Revista Mantenimiento. Perú, vol. 4 1994.



- [12] L. Tavares, "Mantenimiento en empresas competitivas.," in *Revista Mantenimiento Chile*, 1994, pp. 20-23.
- [13] N. Van Kessel, "Searching for the optimum through maintenance concepts: maintenance engineering in theory and practice", in *Euromaintenance '92*, Lisboa, 1992.
- [14] AEM, *El mantenimiento en España*. Barcelona, 1995.
- [15] J. Knezevic, "Reliability, Maintainability and Supportability Engineering- A Probabilistic Approach". Londres (Inglaterra), 1993.
- [16] J. Knezevic, "Mantenibilidad", Primera ed. Madrid (España), 1996.
- [17] Anónimo, "CONF-1:El mantenimiento como parte de la gestión tecnológica hospitalaria," in *Diplomado de Gestión de mantenimiento marzo del 2005*.
- [18] Y. Borroto, "Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara," in *Facultad de Ciencias Empresariales Departamento de Ingeniería Industrial Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas 2005*.
- [19] J. Marín, (1994).Selección de criterios de mantenimiento. /*Revista de mantenimiento (Chile) Año 5 No 1*, pp 18-19.
- [20] M. Vinicius, and R. García (1995). "Estudio de procedimientos de mantenimiento preventivo de equipamiento electromédico". *Octavo Congreso Latinoamericano de mantenimiento*.
- [21] C. Pérez, (1992). "Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información". Colombia, Soporte y CIA. LTDA
- [22] O. Aduvire, C. López, and L. Mazadiego, (1994). Relación entre mantenimiento y vida útil de maquinaria en minería. *Revista Mantenimiento, España. 72: 23-31*
- [23] S. Benaim, et al. (1994). *Mantenimiento de edificios para la salud*. Buenos Aires, Argentina, OPS, CAM
- [24] L. Tavares, (1999). *Administración moderna de Mantenimiento*, Editorial Novopolo, Publicaciones Brasil
- [25] P. Saavedra, (2000). *Mantenimiento predictivo y monitoreo según condición*. <http://www.mantencion.com>, enero 2003:
- [26] J. González, (1997). Operación y mantenimiento de una cogeneración: contratación de este servicio. *Revista Mantenimiento, España. 105: 15-18*
- [27] R. Araya, (1993). Predictivo es como una UTI de diagnóstico médico. Revisado el 6 de mayo de 2004: <http://www.mantencion.com>



- [28] C. Roda y. C. Sal, (1992). El mantenimiento predictivo como mejora en la productividad y en los costes de las instalaciones fuertemente mecanizadas. *Revista Mantenimiento, España*. 59: 17-21.
- [29] R. Araya, (1991). Mantenimiento según condición: una herramienta de productividad (parte 1). Revisado el 6 de mayo de 2004: <http://www.mantencion.com>
- [30] B. Bollman, (1995). Notas sobre el mantenimiento predictivo proactivo. Revisado el 22 de junio de 2002: <http://www.mantencion.com>
- [31] H. Ellmann, (1997). ¿Por qué el mantenimiento predictivo antes que preventivo? *Revista Mantenimiento, España*. 10: 44-51
- [32] V. Ortiz, (2000). Aplicación del TPM (primera parte). *Revista Mantenimiento, Costa Rica*. 13: 3-7
- [33] A. Martín, (2003). ¿Qué resultados se obtienen del mantenimiento predictivo? *Revista Ingeniería y Gestión de Mantenimiento, España*. 29: 39-42
- [34] J. Desir and S Castolín, (1994). Protective Maintenance: A Major Opportunity to generate Savings in the Maintenance of Industrial Plants and Machines. Cuarto Congreso Nacional de Mantenimiento de Portugal. Lisboa
- [35] E. Lezana, (1996). Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). *Revista Mantenimiento, España*. 91: 25-36.
- [36] J. Borda, (1993). El mantenimiento moderno (proactivo). *Revista Mantenimiento, España*. 70: 37-38
- [37] L. Torres, *Mantenimiento. Su implementación y gestión*. Segunda ed. Argentina Universitas 2005.
- [38] L. Amendola, *Modelos Mixtos de Confiabilidad*. Valencia: Datastream.net, 2003.
- [39] JENCK S.A. (2009). Resolución espectral, <http://www.jenck.com/uv-dq.htm>, abril 2010
- [40] Alldatasheet. (2009). DS1345YP-70-ND, <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/58495/DALLAS/DS1345YP-70-ND.html>, mayo 2010.
- [41] Alldatasheet. (2009). SED1353, <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/90317/EPSON/SED1353.html>, mayo 2010.
- [42] AMD Corporation. (2009). Processors, <http://www.amd.com/epd/processors/2.16bitcont/2.am186exfa/6.am186es/a20002/20002.pdf>, mayo 2010.
- [43] DatasheetArchive. (2009). <http://www.datasheetarchive.com/datasheet.php?article=730115>, mayo 2010.
- [44] DatasheetArchive. (2009). <http://www.datasheetarchive.com/datasheet.php?article=726926>, mayo 2010.
- [45] DatasheetArchive. (2009).



<http://www.datasheetarchive.com/datasheet.php?article=1848637>, mayo 2010.  
2010.

- [46] Teheran Sermeno Plinio Del Carmen, Universidad Nacional de Colombia. (2004).  
Métodos ópticos de análisis,  
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001184/lecciones/Cap05/05\\_04\\_01.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001184/lecciones/Cap05/05_04_01.htm), abril  
2010



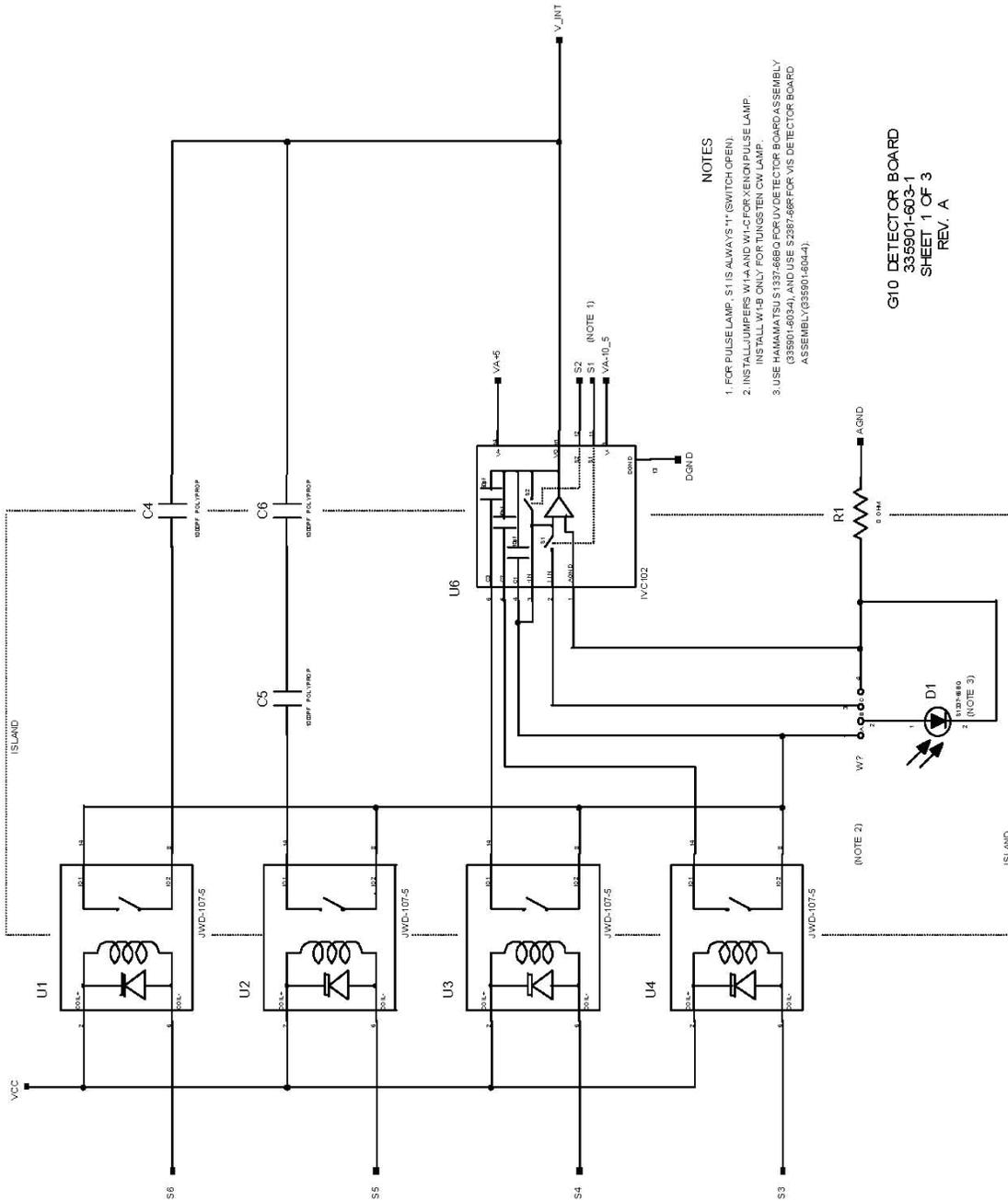
## ANEXOS

## Anexo 1. Especificaciones técnicas de las serie GENESYS 10

Modelos Especific.	GENESYS 10 VIS	GENESYS 10 UV	GENESYS 10 UV de barrido
<b>Ancho de banda espectral</b>	5 nm		
<b>Sistema óptico</b>	Haz sencillo, rejilla de difracción con simple detector	Haz sencillo, rejilla de difracción con detectores dobles	
<b>Lámpara</b>			
<b>Tiempo de vida</b>	Tungsteno-halógeno, 1000 hrs en condiciones normales	Xenón, 5 años	
<b>Longitud de onda</b>			
<b>Rango</b>	325 - 1100 nm	190 - 1100 nm	
<b>Exactitud</b>	± 1.0 nm		
<b>Repetibilidad</b>	± 0.5 nm		
<b>Pantalla</b>	320x240 píxeles, cristal líquido, 3.8x2.8"		
<b>Rango fotométrico</b>	0.3 - 125%T, -0.1 - 0.3A, 0- 9999C		
<b>Lectura</b>	Absorbancia, Transmitancia, Concentración		
<b>Exactitud fotométrica</b>	0.5% ó 0.005A la que sea mayor hasta 2A		
<b>Ruido</b>	≤ 1mA a 0A, ≤ 2mA a 2A, pico a pico		
<b>Corrimiento</b>	≤ 2 mA/h después de calentar	≤ 1 mA/h	
<b>Luz parásita</b>	≤ 0.1%T a 340 y 400 nm	≤ 0.1%T a 220, 340 y 400 nm	
<b>Interfase estándar</b>	Bi-direccional RS-232C		Bi-direccional RS-232C con salida paralela para formato PCL
<b>Portaceldas estándar</b>	Portaceldas de una o seis posiciones		
<b>Teclado</b>	Membrana		
<b>Software</b>	Absorbancia, transmitancia, concentración, relación y diferencia de absorbancias, cinética, barrido de exploración, 3 puntos netos, múltiples longitudes de ondas, validación de funcionamiento		Como los anteriores pero con un barrido completo a una velocidad de 200 - 1000 nm/min, con intervalo de muestreo: 1,2,3,5 nm.
<b>Almacenamiento de análisis</b>	Hasta 40 juegos de parámetros de ensayo		
<b>Idiomas</b>	Inglés, francés, alemán, español, italiano (seleccionable por el usuario) El manual de usuario en los mismos idiomas		
<b>Impresora (opcional)</b>	Gráfica, 40 columnas, interna		Gráfica, 40 columnas, interna, externa HP con formato PCL
<b>Salida analógica</b>	0 - 1V para -0.1 hasta 2.5A		No disponible
<b>Alimentación</b>	Selecciona automáticamente 100-240V		
<b>Dimensiones</b>	13 x 16 x 9"		
<b>Peso</b>	8 Kg (19 lb)		
<b>Garantía</b>	1 año		



Anexo 2. Circuito del Bloque Simple Detector Board / Reference Detector Board (1 de 3)

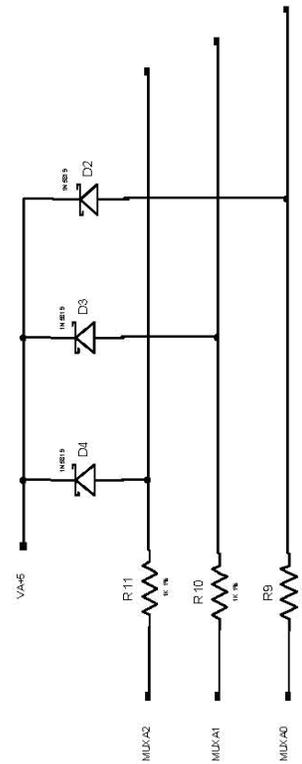
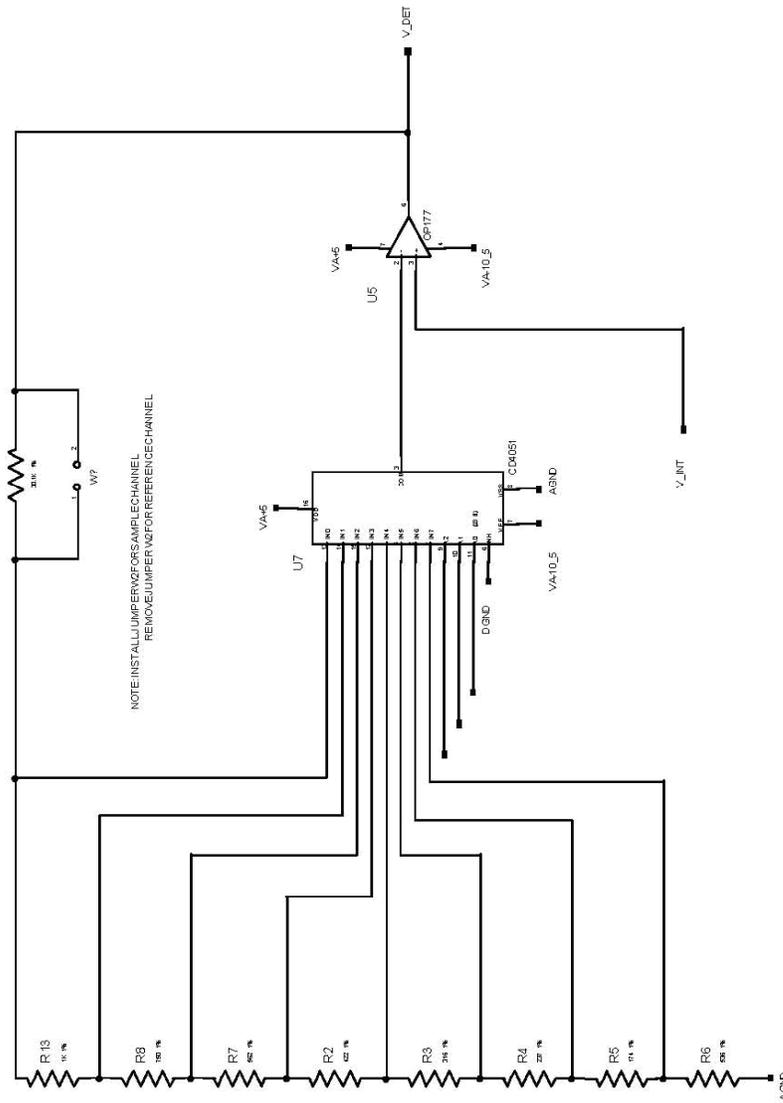


- NOTES
1. FOR PULSE LAMP, S1 IS ALWAYS "1" (SWITCH OPEN).
  2. INSTALL JUMPERS W1A AND W1-C FOR XENON PULSE LAMP. INSTALL W1-B ONLY FOR TUNGSTEN CW LAMP.
  3. USE HAMAMATSU S1337-6680 FOR UY DETECTOR BOARD ASSEMBLY (335901-603-4), AND USE S2387-6687 FOR VIS DETECTOR BOARD ASSEMBLY (335901-604-4).

G10 DETECTOR BOARD  
335901-603-1  
SHEET 1 OF 3  
REV. A



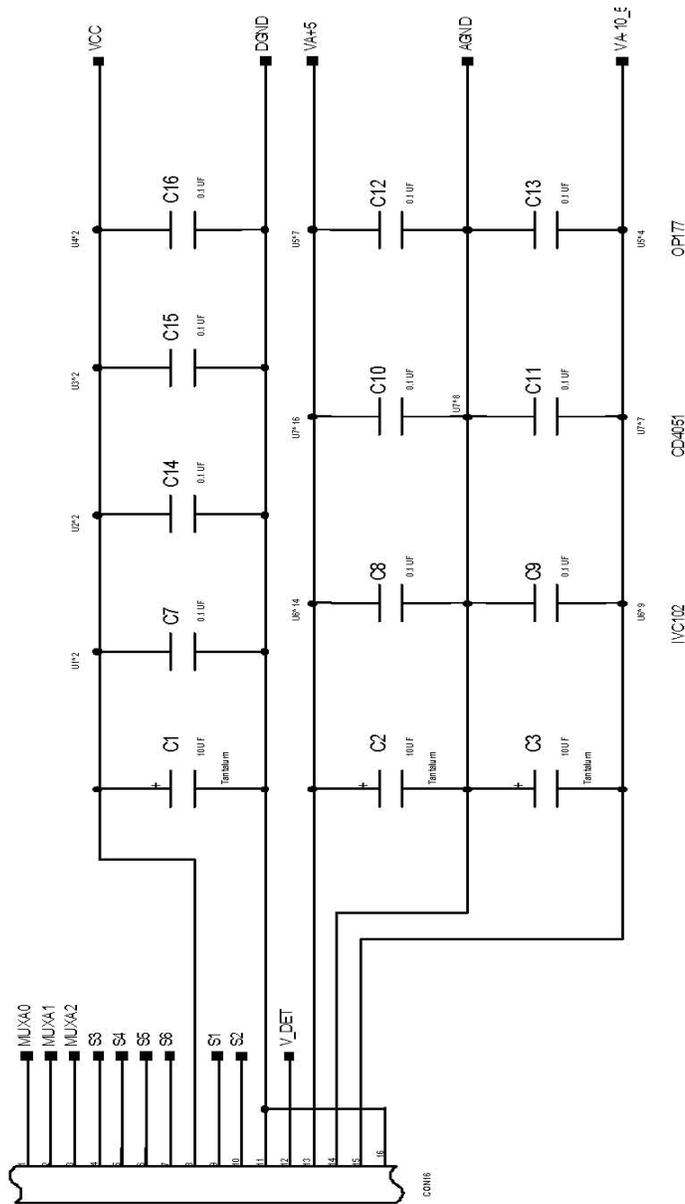
Anexo 3. Circuito del Bloque Simple Detector Board / Reference Detector Board (2 de 3)



G10 DETECTOR BOARD  
335901-603-1  
SHEET 2 OF 3  
REV. A



**Anexo 4. Circuito del Bloque Simple Detector Board / Reference Detector Board (3 de 3)**

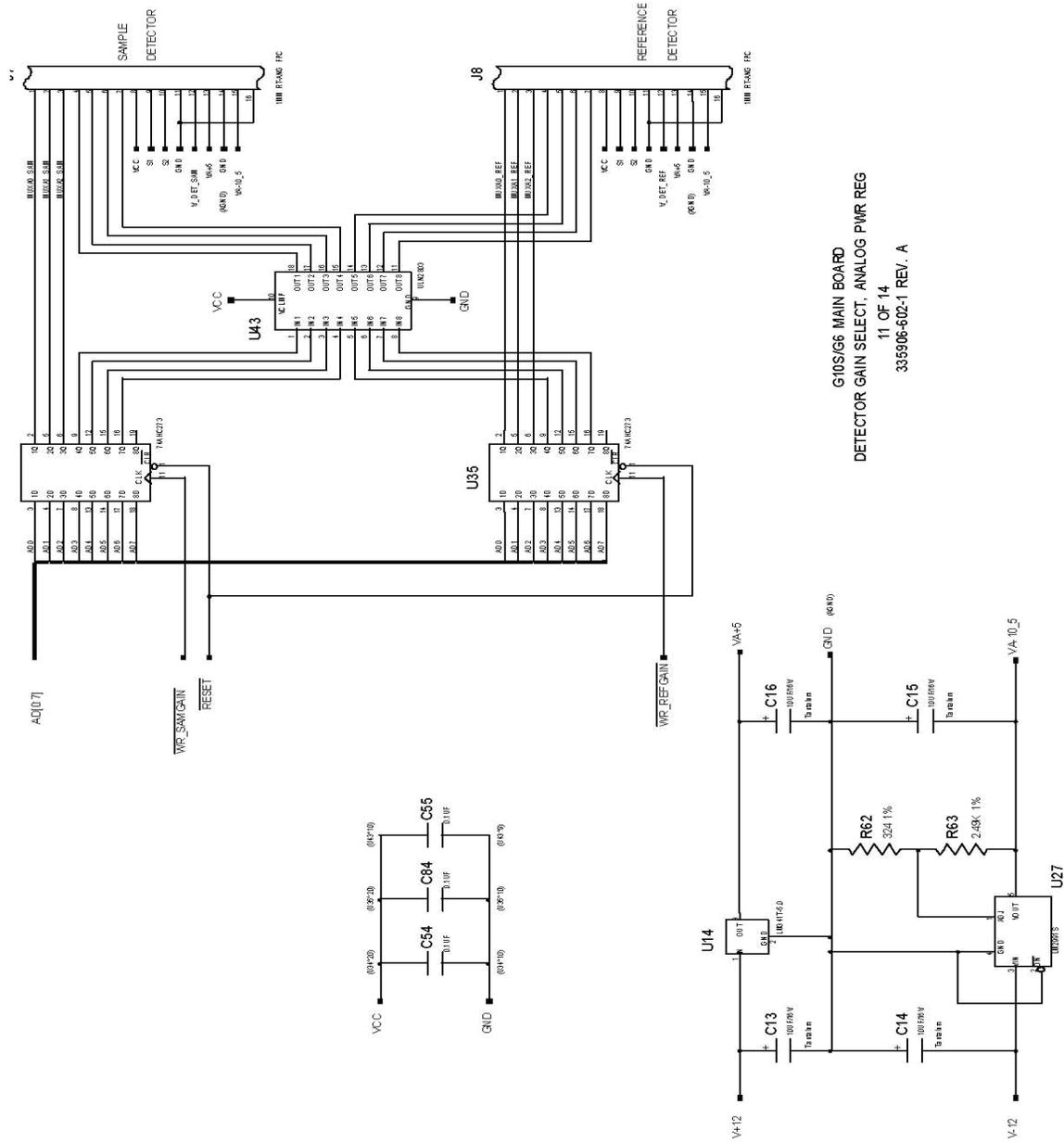


G10 DETECTOR BOARD  
 335901-603-1  
 SHEET 3 OF 3  
 REV. A

- NOTES**
1. PLACE 10UF DECOUPLING CAPACITORS (C1-C3) CLOSE TO CONNECTOR (J1).
  2. PLACE 0.1UF DECOUPLING CAPACITORS (C7-C16) CLOSE TO POWER AND GROUND PINS OF ICs.
  3. USE .25 MIL TRACE TO RUN SIGNALS VCC, D3ND, VA+5, AGND, AND VA+10.E.  
 USE 8 MIL TRACE FOR ALL OTHER SIGNALS

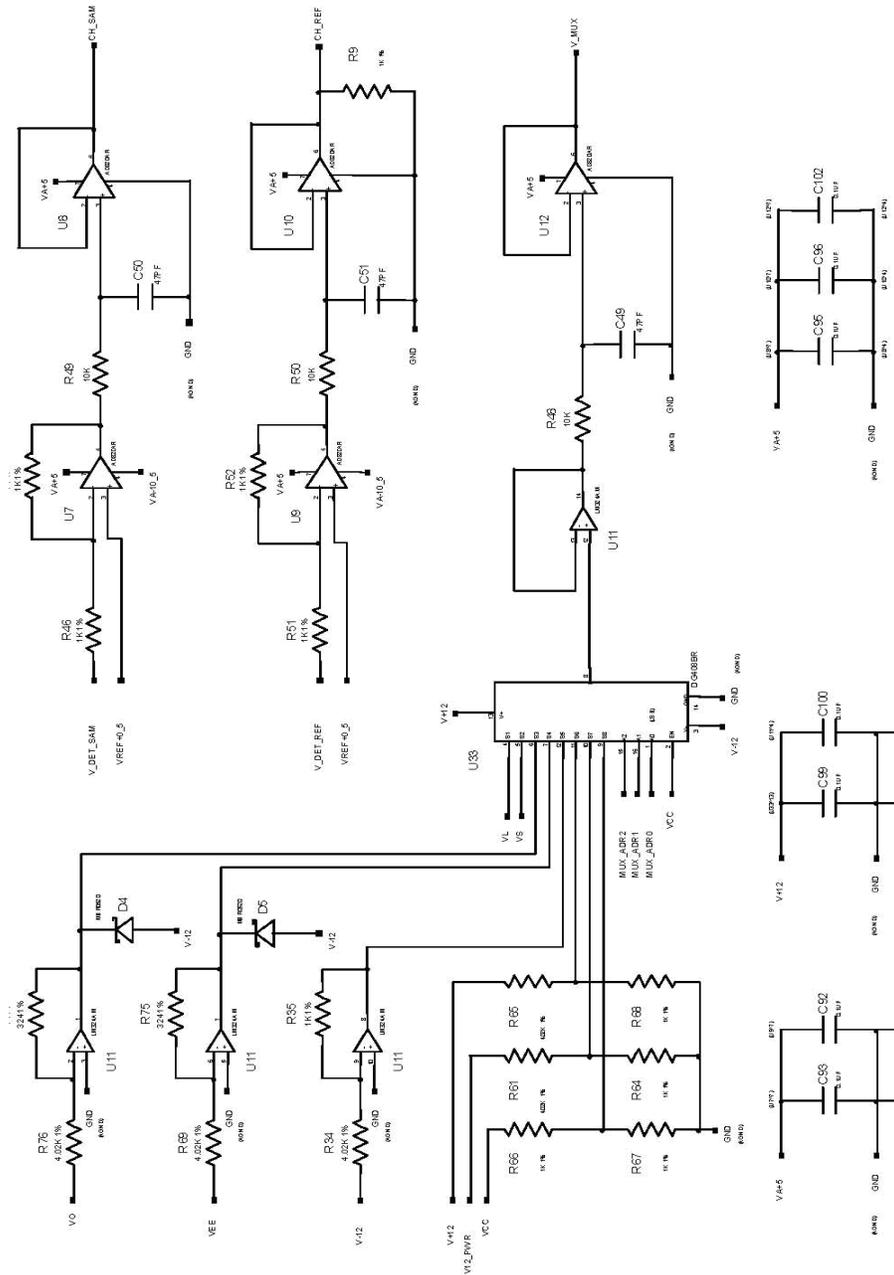


## Anexo 5. Circuito que selecciona las ganancias del detector y las capacidades del integrador CI IVC102





### Anexo 6. Circuito del Bloque Diagnostic Multiplexer



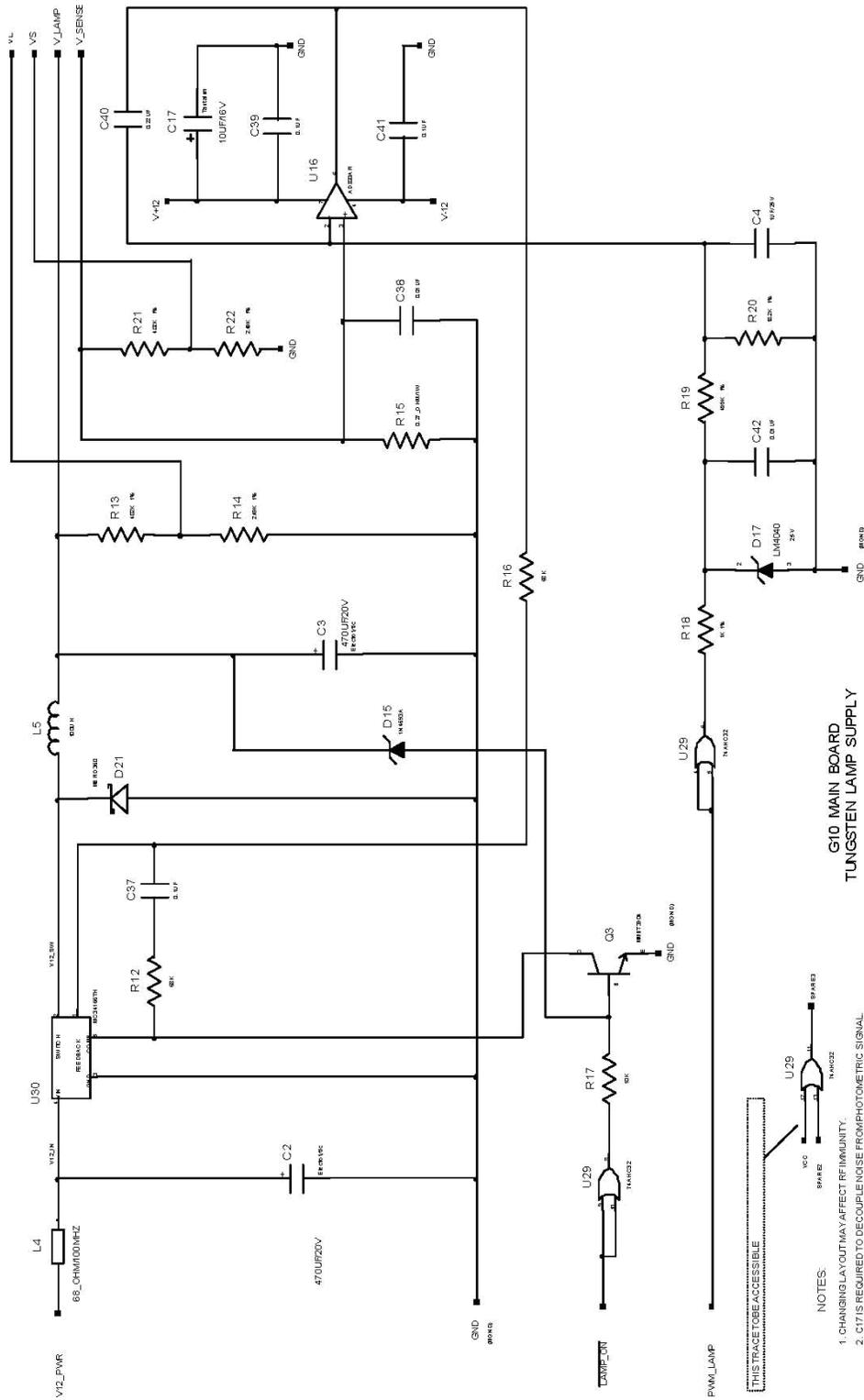
G10 MAIN BOARD  
ANALOG FRONT END  
9 OF 14  
335901-002-1 REV. A

NOTE 1: PLACE COMPONENTS IN THIS PAGE ON AGND/P LANE  
NOTE 2: ROP NOT USED IN 4024U/MAINBOARD  
NOTE 3: REF CHANNEL NOT USED IN 6064VISM/MAINBOARD EXCEPT R9





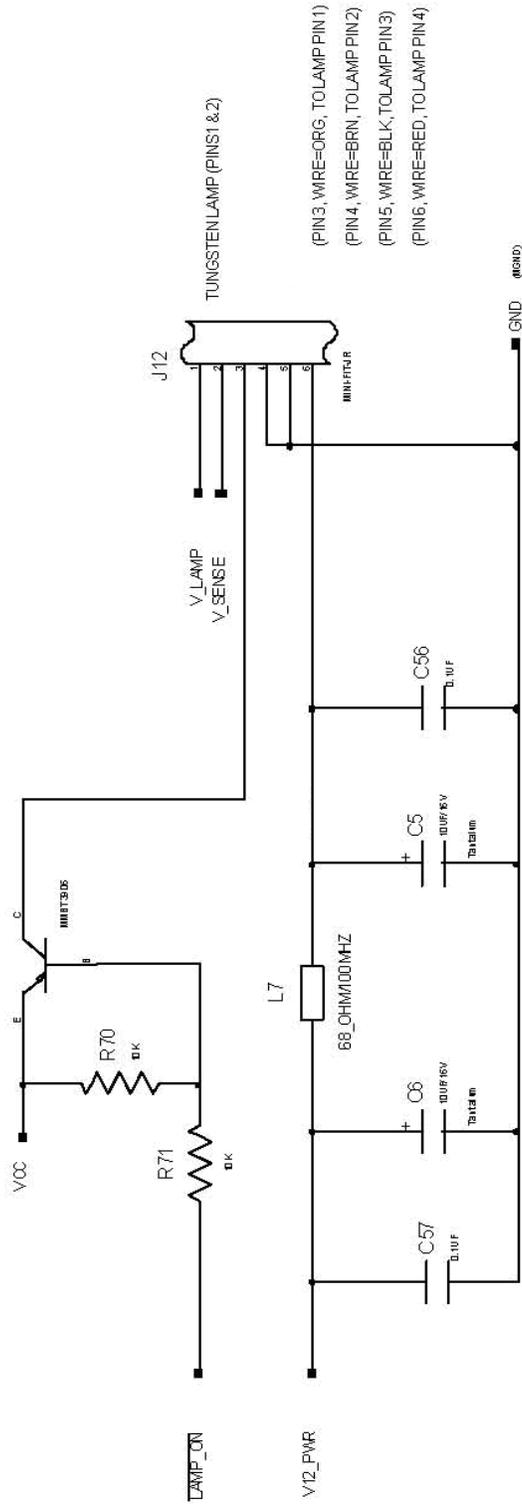
Anexo 8. Circuito del Bloque Lamp Control (tungsten lamp / flash lamp)



- NOTES:
1. CHANGING LAYOUT MAY AFFECT REFLECTIVITY.
  2. C17 IS REQUIRED TO DECOUPLE NOISE FROM PHOTOMETRIC SIGNAL.
  3. PLACE COMPONENTS ON THIS SHEET IN AGND SECTION.
  4. TUNGSTEN LAMP SUPPLY CIRCUIT NOT INSTALLED ONLY MAIN BOARD, ONLY INSTALL R14 & R22 TO GND MAX INPUTS.

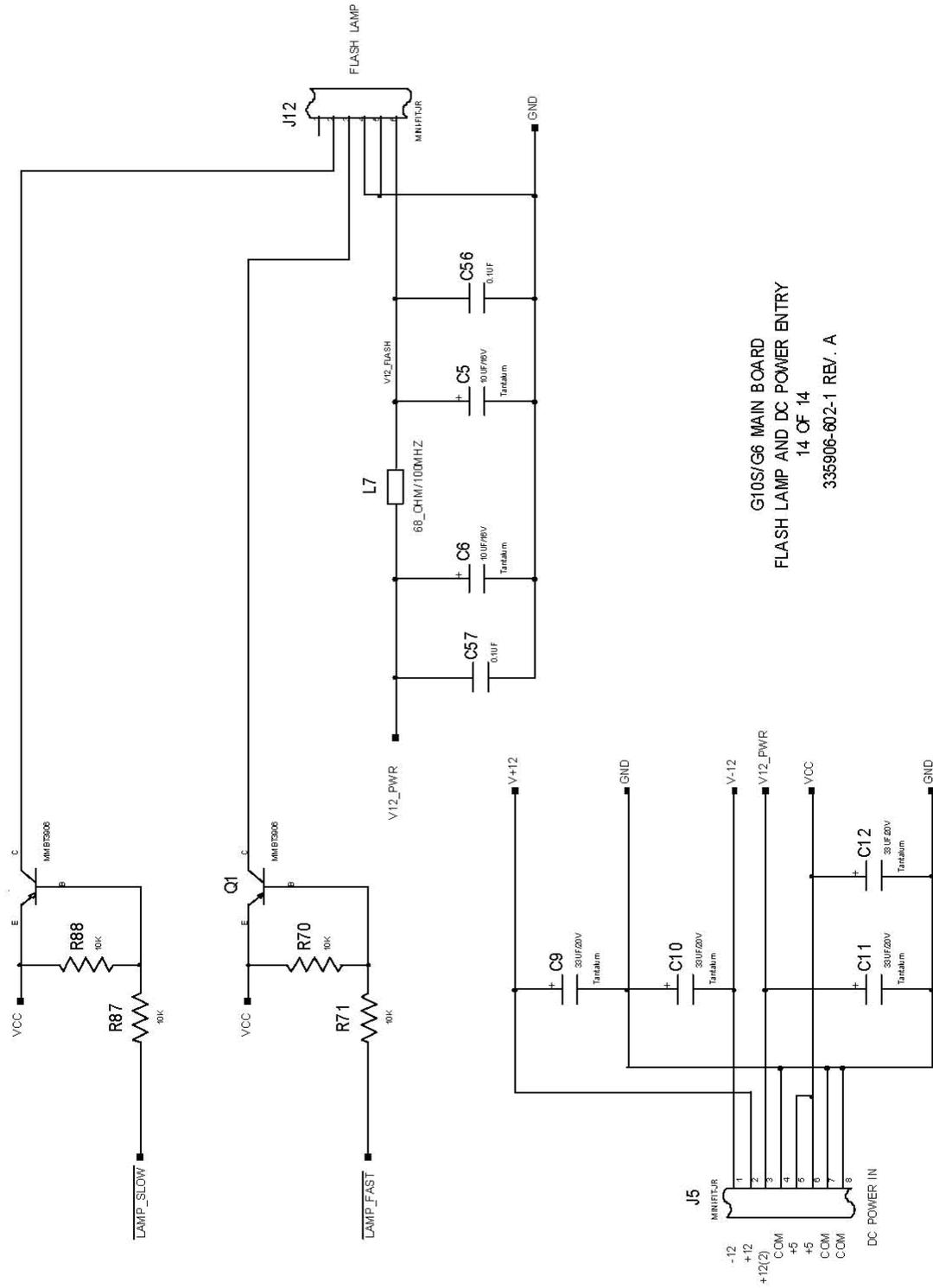


### Anexo 9. Conector de la lámpara de tungsteno



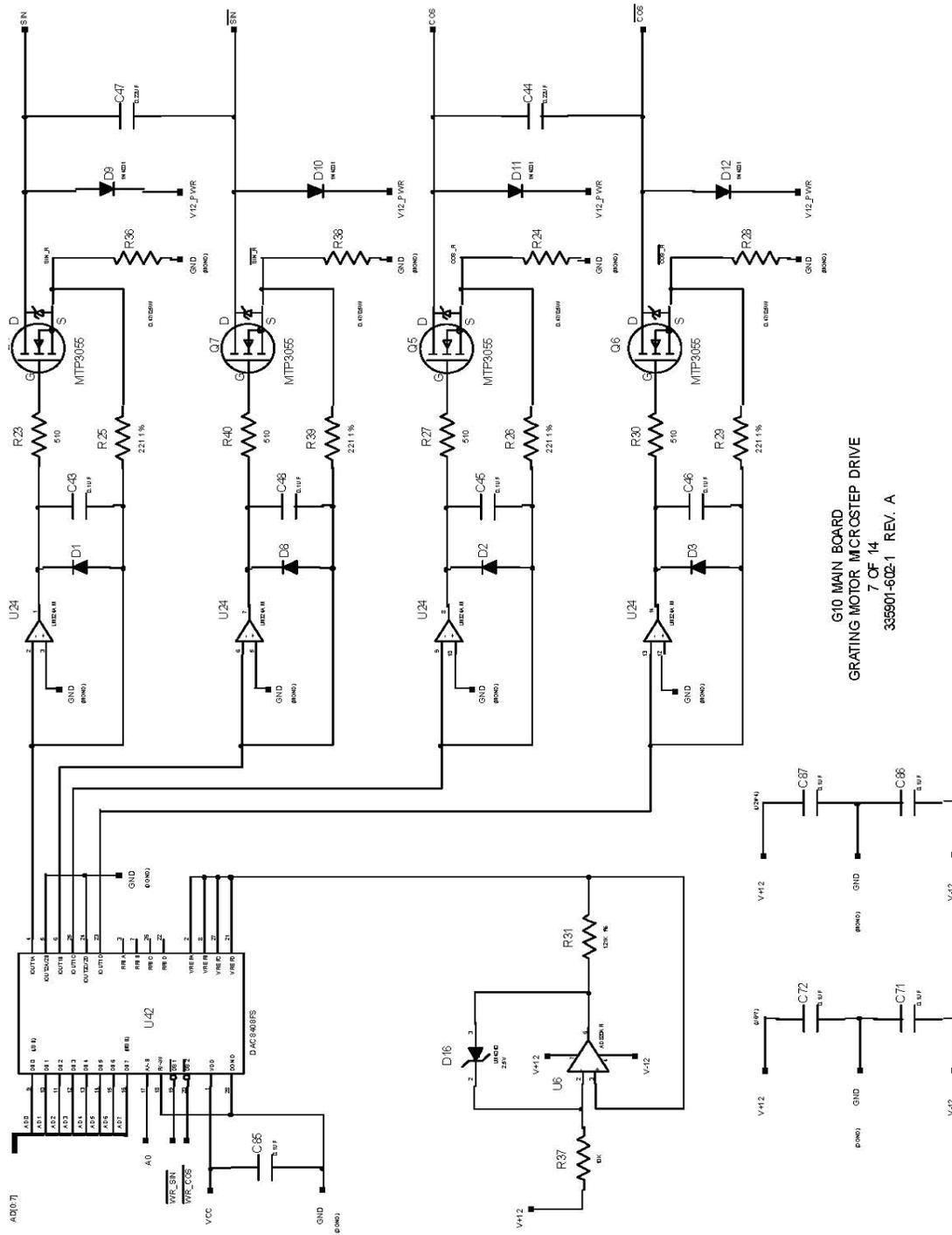


Anexo 10. Drivers y conector de la lámpara de Xenón del modelo GENESYS 10 uv



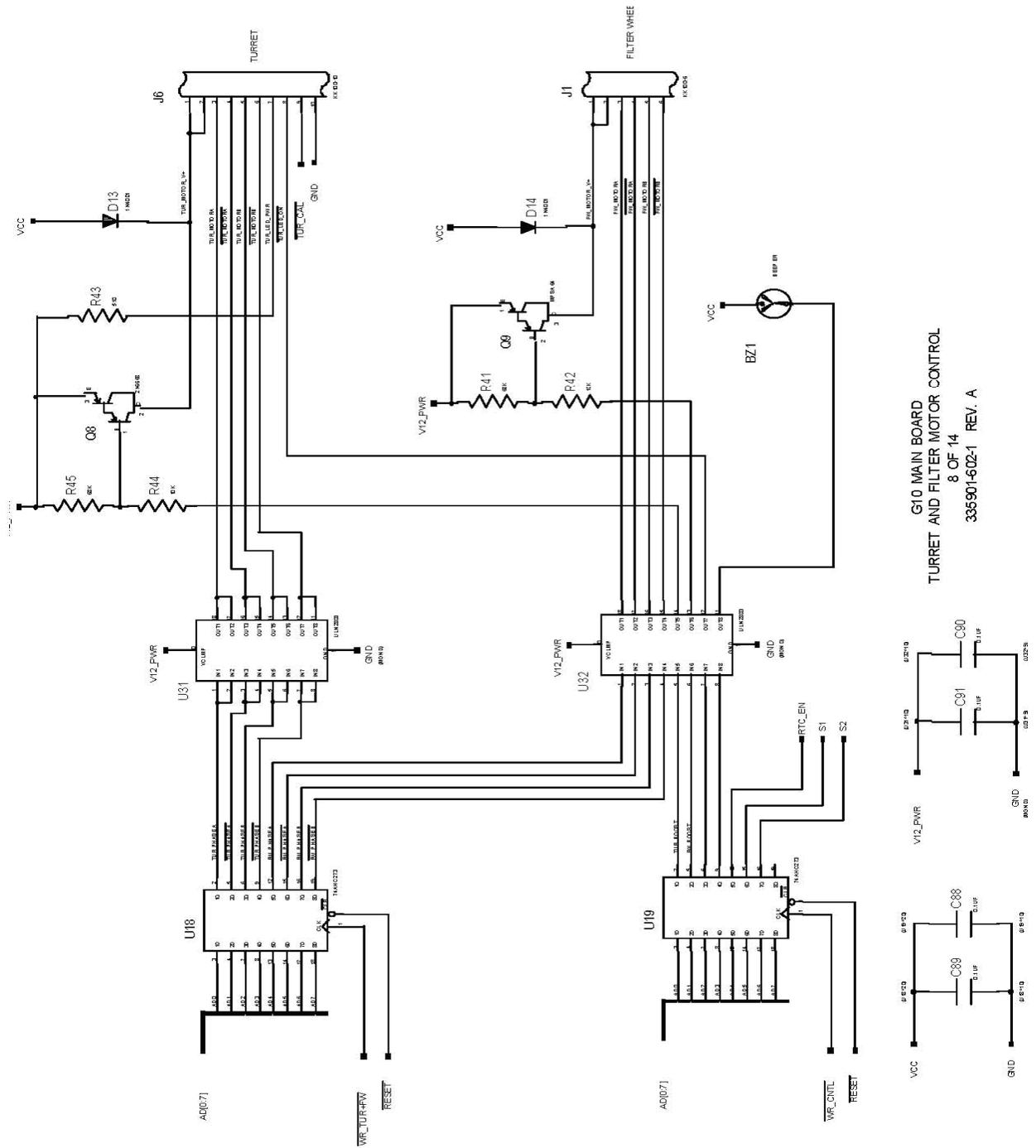


Anexo 11. Circuito del Bloque SIN / COS Microstep Drive





Anexo 12. Circuito del Bloque Power Drivers (Turret & Filter Wheel Motors)





## Anexo 13. Filtros de Didimio para la calibración

### INTRODUCTION

SPECTRONIC Standards are an affordable, accurate and stable set of filters for performance validation purposes.

SPECTRONIC Standards enable the spectrophotometer user to quickly and reliably

evaluate the major performance parameters of Thermo Electron's spectrophotometers. As a part of the laboratory's normal quality control program, SPECTRONIC Standards are an invaluable aid in the detection of incipient instrument problems before errors occur.

### DESCRIPTION

SPECTRONIC Standards (set 333150-000) consists of the following items (see Figure 1):

- 220nm stray radiant energy standard
- 340nm stray radiant energy standard
- 400nm stray radiant energy standard
- Wavelength standard
- 0% transmittance standard

- Two photometric performance standards with stated transmittance values near 10%T at 590nm
- Two photometric performance standards with stated transmittance values near 50%T at 590nm
- Empty filter holder (unlabeled)
- Cleaning brush
- Carrying and storage case
- Certificate of calibration

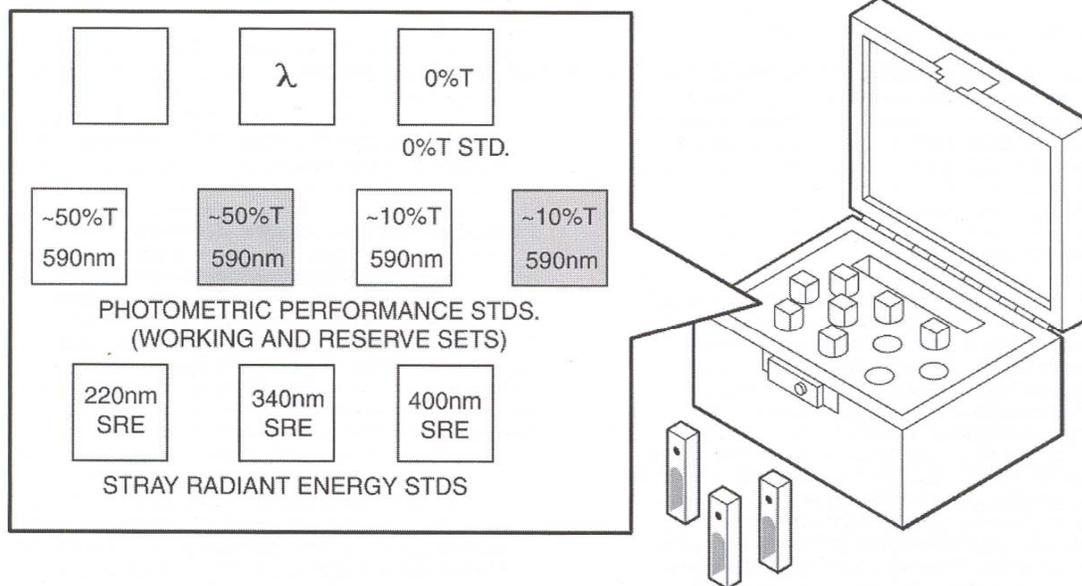


Figure 1, SPECTRONIC Standards Set



## Anexo 14. Certificado de estándares de calibración.

**Thermo**  
ELECTRON CORPORATION

5225 Verona Road, Madison, WI 53711

### Certificate of Calibration for SPECTRONIC™ Standards

Standard Kit Catalog Number: 333150

Standard Kit Serial Number: 325J082006

Date of Certification: March 28 2006  
Chamber Temperature: 22 C

Next Certification Date: March 28 2008  
Relative Humidity: 32 %

Photometric Standards	Value at 590nm	Uncertainty
50% White Label %T	50.8 %T	+/- 0.6 %T
50% White Label A	0.295 A	+/- 0.005 A
50% Yellow Label %T	51.4 %T	+/- 0.6 %T
50% Yellow Label A	0.289 A	+/- 0.005 A
10% White Label %T	10.2 %T	+/- 0.3 %T
10% White Label A	0.990 A	+/- 0.013 A
10% Yellow Label %T	10.1 %T	+/- 0.3 %T
10% Yellow Label A	0.994 A	+/- 0.013 A

Wavelength Standard	Value	Uncertainty
Primary Peak (0.5nm SBW)	525.3 nm	+/- 1.0nm

SRE Filters	Status
SRE-220 Filter	Pass
SRE-340 Filter	Pass
SRE-400 Filter	Pass

The reported uncertainty is the Expanded Uncertainty at  $k = 2$  (95% confidence level).

The spectrophotometer wavelength calibration is established using emission lines from Mercury (253.7nm, 546.1nm and others) and Deuterium (486.0nm and 656.1nm). Wavelength measurements are traceable to NIST 2034.

The photometric measurements are traceable to NIST SRM 930 and NIST SRM 1930. All photometric measurements are made at 2.0nm SBW.

The SRE filters are not traceable to NIST. They are tested against design specifications.

Performed by: Susan Ganshert

Spectrophotometer used: UV530 064707 v6.56 v2.20

Test method used: 397-012402 Rev 1.5

The Standards box has been sealed to ensure integrity of the standards. The continued validity of the certified values depends on the care exercised by the user. The value of a Standard should stay within stated tolerances for a period of two years after recalibration. Changes in values can be caused by damage or contamination as a result of improper handling or storage. A Standard must not be touched on the glass surface. Refer to the User's Manual for all precautions in the use and handling of these standards.

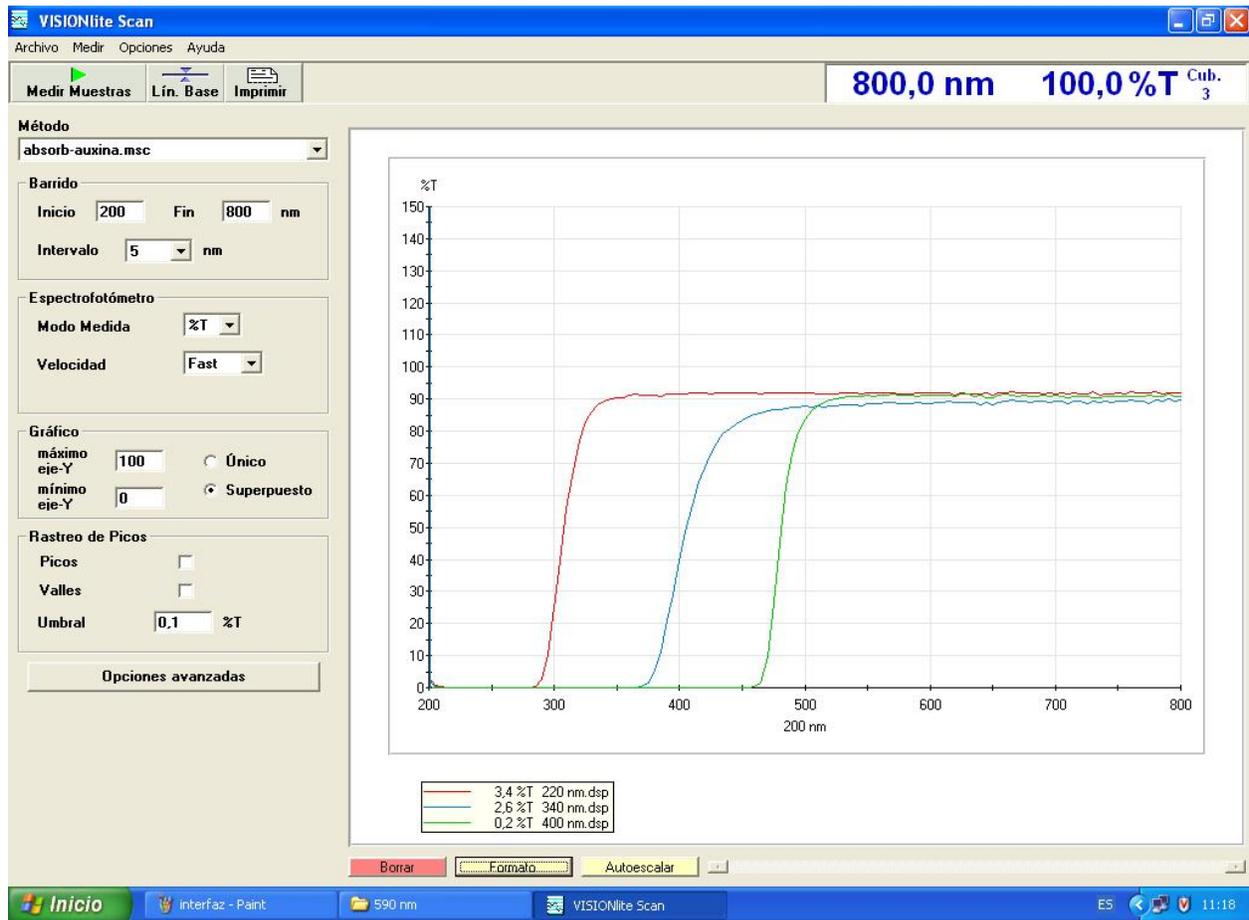
It is recommended practice to return the entire set of standards for inspection, cleaning, and recertification every two years, or sooner, if you have reason to believe that a standard no longer exhibits the certified value. To arrange for recertification, contact Technical Support at 1-800-642-6538 (USA) or +1-608-273-5015 (worldwide).

Certified by: S. Ganshert

Date: 3/28/06



## Anexo 15. Medición de curvas de calibración con filtros de Didimio (SRE)





## Anexo 16. Curvas de calibración de Longitud de onda vs % de Transmitancia

All standards have the same external dimensions as a 10mm-pathlength square cuvette, so they will fit in standard spectrophotometer cell holders. Adapters that permit the standards to be used in Thermo Electron test-tube-holder sample compartments are described under Accessories.

Your set of SPECTRONIC Standards has been individually tested and certified. Wherever pertinent, SPECTRONIC Standard values are traceable to NIST.

### 0% Transmittance Standard

The 0% transmittance (0%T) standard is opaque at all spectrophotometric wavelengths. It is used to check the 0%T reading by blocking the light beam from the instrument's source lamp. This constitutes a test for light leaks and for incorrect adjustment of the zero setting. The 0% transmittance standard's apparent transmittance, if any, is also used to refine the estimate of stray radiant energy in instruments that do not read exactly 0.0%T.

This standard is not traceable to NIST.

Some spectrophotometers do not provide the user with a transmittance mode of operation. If only an absorbance mode is available, readings equivalent to nearly 0%T will be out of range. *Therefore, the 0% transmittance standard cannot be used in such instruments.*

### Wavelength Standard

The wavelength standard produces three widely spaced, symmetrical, high transmittance peaks in the regions of 400nm, 525nm and 780nm. The primary testing peak, near 525nm, is located in the region where many spectrophotometers show the flattest energy measurement response with small changes in wavelength. The primary peak is recorded on the label of the wavelength standard and is the certified wavelength for your wavelength standard recorded on the certificate accompanying the SPECTRONIC Standards. This primary peak near 525nm is the only peak calibrated by the Thermo Electron calibration.

The peaks in the regions of 400nm and 780nm can be used for checking the repeatability of your instrument over a wider wavelength range.

### Stray Radiant Energy Standards

Three stray radiant energy standards are provided. Each standard is essentially opaque at its test wavelength and highly transmitting at longer wavelengths, as shown in Figure 2.

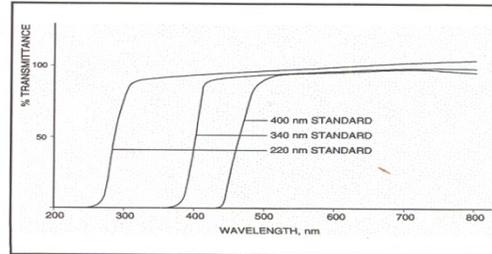


Figure 2. Transmittance/Wavelength Profile of Stray Radiant Energy Standards

The test wavelengths chosen (220nm, 340nm and 400nm) correspond to points of low energy for tungsten and deuterium lamps, so tests measure worst-case stray radiant energy levels for both types of lamp. *Stray radiant energy standards are not traceable to NIST.*

### Photometric Performance Standards

The photometric performance standards test photometric accuracy, linearity, and precision. Transmittance of these standards is extremely constant with changes in wavelength in the region of 590nm, as shown in Figure 3. Consequently, no bandwidth compensation is required, and photometric errors can be distinguished from wavelength errors.

