

## PROCESO DE MODERNIZACIÓN DE UN LABORATORIO DE FOTOMETRÍA

Mario VIGNOLO, Raúl ZEBALLOS, Gonzalo CASARAVILLA y Ventura NUNES

### **Resumen**

En el presente trabajo describimos cómo fue realizado el reacondicionamiento del Laboratorio de Fotometría del IIE. Se muestra el estado inicial del mismo y su evolución en base a una propuesta definida de mejora con vistas a la realización de ensayos para alumbrado público. Describimos cuáles eran las instalaciones existentes, el reacondicionamiento físico necesario que debió realizarse, la compra de nuevos equipos, la confección de los procedimientos de ensayo y las calibraciones realizadas. Se muestran los resultados obtenidos y su evolución desde el comienzo de nuestro trabajo observando la capacidad del laboratorio de satisfacer la demanda de ensayos. Asimismo realizamos un estudio de costos que podría servir de base para aquellas empresas de alumbrado que desean montar su propio laboratorio de fotometría.

### **Introducción**

En noviembre de 1996 el Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería firmó junto con UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas) un Convenio con la IMM (Intendencia Municipal de Montevideo) en “Temas relacionados con el Alumbrado Público”. En ese momento el objetivo era la confección de un pliego de condiciones técnicas para la compra de lámparas, balastos, ignitores y condensadores. Buscando la excelencia en la calidad de los suministros diseñamos un sistema para el control de la misma basado en la utilización de las normas IEC y UNIT (ref[1]). La tarea de inspección era fundamental en nuestro cometido por lo que se necesitaba un laboratorio con la capacidad suficiente para realizar todos los ensayos requeridos. Evaluamos la capacidad existente en el IIE y llegamos a la conclusión que era posible montar la infraestructura necesaria para la realización sistemática de los ensayos. Con dos ampliaciones sucesivas del Convenio firmado, la IMM financió el reacondicionamiento de nuestro laboratorio.

### **Instalaciones existentes**

El IIE contaba con una sala negra para la caracterización fotométrica de luminarias. La sala, de unos 30 m<sup>2</sup> con aproximadamente 7 m de longitud, disponía de un goniofotómetro tipo  $\alpha\beta$  con un luxímetro tipo pocket comercial ubicado a 6.6 m del cuadro móvil. En dicha sala también existía un banco fotométrico. La condición de la pintura negra de la sala no era buena y la instalación eléctrica y lumínica era precaria. El banco fotométrico se encontraba desalineado y no se poseían datos ni calibraciones del luxímetro.

Se disponía también, al lado de esta sala, de otro espacio de dimensiones similares. Este lugar se encontraba detrás del tablero de comando del Laboratorio de Máquinas Eléctricas y existía

allí una esfera de Ulbricht. Este espacio se encontraba totalmente inhabitable. Por otra parte no se disponía de datos ni de la pintura de la esfera ni de la fotocélula de la misma.

En un tercer lugar de unos 20 m<sup>2</sup> con acceso al exterior del IIE y utilizado como depósito se encontraba una parrilla para envejecimiento de lámparas incandescentes con una capacidad de 60 lámparas. El estado de este lugar no permitía la utilización del mismo como laboratorio. No existía una instalación eléctrica adecuada ni los cerramientos necesarios para un buen control de la temperatura ambiente.

### **Documentación y equipos existentes**

Se encontraron carpetas que contenían información sobre ensayos realizados entre 1960 y 1975. Luego la actividad del laboratorio cesó hasta 1985 donde únicamente se comenzaron a realizar fotometrías de luminarias.

El equipamiento con el que disponía el IIE era el siguiente:

<b>EQUIPO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>INFORMACION</b>
Goniofotómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativo manual.</li> <li>• Incertidumbre desconocida en la medida de los ángulos.</li> <li>• Problemas con la luz incidente sobre la fotocélula debida a reflexiones en la sala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos existentes.</li> <li>• Software para elaboración de curvas de intensidad luminosa.</li> <li>• Sin datos sobre calibraciones y errores.</li> </ul>
Esfera de Ulbricht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin datos sobre la pintura.</li> <li>• Sin datos sobre calibraciones y errores.</li> </ul>
Fotocélulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin datos de calibración.</li> </ul>
Galvanómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin datos de calibración.</li> </ul>
Patrones de flujo incandescentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Última calibración: 1960.</li> <li>• Sin datos sobre tiempo de uso.</li> </ul>
Banco fotométrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin información.</li> </ul>
Luxímetro tipo pocket	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin datos de calibración.</li> </ul>
Parrilla para envejecimiento de lámparas incandescentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No operativa.</li> </ul>	
Multímetro (V, I, f)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración del fabricante.</li> <li>• 3 años de uso.</li> </ul>
2 estabilizadores de tensión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales del fabricante.</li> </ul>

### **Reacondicionamiento físico**

Se evaluó la infraestructura física existente y se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La sala negra debía acondicionarse totalmente. Esto incluía:
  - Repintado.
  - Mejora de los cerramientos para evitar el ingreso de luz desde el exterior.
  - Acondicionamiento lumínico.
  - Acondicionamiento eléctrico.
  - Acondicionamiento térmico.
  
2. La sala de la Esfera también necesitaba un reacondicionamiento completo:
  - Efectuar cerramientos.
  - Construir un entrepiso para oficina.
  - Pintura.
  - Acondicionamiento lumínico.
  - Acondicionamiento eléctrico.
  - Acondicionamiento térmico.
  
3. La sala de envejecimiento de lámparas también debía reacondicionarse:
  - Cambiar la función de depósito a laboratorio: reasignación de espacio para depósito en el IIE.
  - Realización de cerramientos.
  - Pintura.
  - Acondicionamiento lumínico.
  - Acondicionamiento eléctrico.
  - Acondicionamiento térmico.
  
4. Necesitábamos otro espacio para los ensayos de índice IP de las luminarias:
  - Se limpió la sala de calderas del IIE que cayó en desuso hace más de 20 años y se instalaron allí los equipos necesarios.
5. Asimismo dispusimos de otro espacio para los ensayos de balastos. Utilizamos una pequeña sala de 6 m<sup>2</sup> que se encuentra al lado de la sala negra para tales efectos. Debimos realizar:
  - Repintado.
  - Acondicionamiento eléctrico.
  - Acondicionamiento lumínico.
  - Acondicionamiento térmico.

### ***Nuevos equipos y procedimientos de ensayo***

Del estudio cuidadoso de las normas IEC para la realización de los ensayos de lámparas, balastos, condensadores, ignitores y luminarias surgieron los procedimientos que debíamos implementar adaptándolos a nuestro equipamiento. También surgió la necesidad de comprar equipamiento nuevo (ver Tabla II). Necesitábamos otro multímetro, vatímetros, un luxímetro confiable y balastos de referencia. También eran necesarias varias PC para el ingreso y procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos.

Los multímetros y vatímetros debían poseer una precisión acorde a lo exigido en las normas IEC. Los vatímetros debían tener buena precisión midiendo a cosenos fi bajos (cosenos fi del orden de 0.07). Por otra parte se pensó en que todos los instrumentos debían tener capacidad de comunicación con los PC ya que pensábamos automatizar los ensayos en un futuro. Con respecto a la compra de luxímetros, en una primera etapa (cuando no disponíamos de fondos suficientes) adquirimos uno confiable pero de tipo POCKET. Luego con el Laboratorio funcionando a pleno pudimos adquirir uno de uso específico para laboratorio. Los balastos de referencia eran indispensables para los ensayos de lámparas y balastos. Optamos por adquirir 2 balastos de referencia ajustables a todas las potencias ensayadas en el Laboratorio.

Para los ensayos de índice IP construimos un equipo para ensayo de lluvia y otro para ensayos de polvo. Asimismo adquirimos una boquilla adecuada para el ensayo de chorro de agua.

Dado que la IMM realiza compras anuales en grandes cantidades de lámparas, luminarias y equipos auxiliares debíamos prever la realización de una gran cantidad de ensayos de los mismos elementos cada año. Para ello optamos desde el comienzo por sistematizar los procedimientos de ensayo y el procesamiento de la información. Todos los procedimientos se encuentran debidamente documentados así como los circuitos correspondientes. Cada ensayo cuenta en el PC de formularios adecuados para el ingreso y almacenamiento de la información. El ingreso de los resultados de los ensayos se realiza en el mismo momento del ensayo. Los instrumentos vuelcan sus errores de medida en forma automática en estas planillas.

Tabla II

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA Y MODELO</b>	<b>DESTINO</b>	<b>FECHA DE COMPRA</b>
Multímetro	Fluke 45	Sala esfera	1997
Multímetro	Fluke 45	Sala balastos	1998
Vatímetro	Yokogawa WT110	Sala esfera	1997
Vatímetro	Yokogawa WT110	Sala balastos	1998
Balasto de referencia	WPI	Sala esfera	1997
Balasto de referencia	WPI	Sala balastos	1998
Luxímetro	LMT POCKET 2	Sala negra	1997
Luxímetro	LMT POCKET 2	Relevamientos y medidas en sitio	1998
Luxímetro	LMT S 1000	Sala esfera/Sala negra	1998
PC	Pentium MMX 166	Oficina	1997
PC	Pentium MMX 166	Oficina	1997
PC	486	Sala esfera	1997
PC	486	Sala balastos	1998
PC	486	Sala balastos	1998

## **Calibraciones**

Como al comienzo de nuestro proyecto no contábamos con grandes recursos no podíamos pretender grandes precisiones en las medidas fotométricas ya que esto implicaba equipos muy costosos. Sin embargo, nos planteamos desde el principio poder acotar claramente los errores en las medidas e intentar reducirlos al máximo con los recursos disponibles. A medida que el laboratorio fuera creciendo iríamos adquiriendo equipos de mayor precisión disminuyendo así los errores en la medida.

Lo primero que nos planteamos fue la medida de niveles de iluminación. Tener un luxímetro confiable con un error en la medida perfectamente conocido nos permitía realizar satisfactoriamente varios ensayos: fotometrías de luminarias, medida de flujo de lámparas, calibración de otros luxímetros.

Disponíamos de un luxímetro pocket sin datos de calibración. Decidimos realizar una verificación de este instrumento. Para ello recurrimos al Laboratorio de UTE que disponía de un luxímetro similar. El Laboratorio de UTE tiene una larga trayectoria en las medidas eléctricas, mantiene los patrones eléctricos nacionales y ha mantenido además patrones de flujo luminoso. La intercomparación de ambos instrumentos dio como resultado un corrimiento de uno respecto al otro de 5 %. No existiendo en el Uruguay ningún otro instrumento confiable para realizar una segunda intercomparación decidimos comprar un luxímetro confiable, de buena calidad pero al menor costo posible. Recurrimos a LMT de Berlín, empresa con gran trayectoria en la fabricación de equipos fotométricos. Adquirimos un LMT tipo POCKET, el cual fue entregado con curva de calibración. El máximo error del mismo se ubica en el 5.5 %. Utilizamos este instrumento como base para iniciar nuestras medidas.

Con un luxímetro confiable podíamos realizar fotometrías de luminarias en forma adecuada. Verificamos y corregimos la medición de ángulos del goniofotómetro acotando el error en  $\pm 0.5^\circ$ . Por otra parte diseñamos un dispositivo (baffle) para alojar la fotocélula y disminuir a valores nulos los efectos de la luz indirecta que llegaba a la misma durante los ensayos.

Actualmente utilizamos para todas las medidas de niveles de iluminación un luxímetro LMT S 1000 de gran precisión.

El siguiente paso era la medición de flujo de lámparas. El Laboratorio de UTE nos fabricó pintura para la esfera en base a sulfato de bario. Esta pintura fue ensayada por ellos demostrando una reflectancia prácticamente constante al variar la longitud de onda. Una vez pintada la esfera y montada la fotocélula de nuestro luxímetro LMT comenzamos nuestras medidas. Primero efectuamos una intercomparación de todos los patrones incandescentes que teníamos incluyendo además dos patrones del Laboratorio de UTE. Los resultados fueron muy buenos. Los valores de flujo eran consistentes entre sí y se apartaban de un 2 % de los valores que poseíamos de 1960. Obtuvimos entonces un valor de la constante de la esfera. Pero ¿qué tan bien podríamos medir el flujo de lámparas de descarga? Si bien los resultados de los ensayos de la pintura habían sido buenos y prometían una buena respuesta de la esfera a flujos de diferente composición cromática, necesitábamos comprobarlo directamente. Para ello seleccionamos lámparas de vapor de mercurio y vapor de sodio de alta presión de un total de 28 lámparas (11 de sodio y 17 de mercurio), buscando las más estables. Éstas fueron enviadas al INTI para su ensayo utilizando balasto de referencia y midiendo el flujo a potencia constante. También enviamos dos lámparas patrón incandescentes para medir su flujo alimentadas con corriente continua.

El INTI nos envió los resultados, los cuales tienen un error máximo de un 2 %. Midiendo estas lámparas al llegar a nuestro Laboratorio obtuvimos los siguientes resultados (utilizando un patrón incandescente para el cálculo de la constante de la esfera):

- Dispersión en la medida de flujo de lámparas incandescentes: < 0.5 %
- Dispersión en la medida de flujo de lámparas de vapor de mercurio de alta presión: < 3 %
- Dispersión en la medida de flujo de lámparas de vapor de sodio de alta presión: < 2 %

Actualmente realizamos un seguimiento de la variación de la constante de la esfera realizando recalibraciones por cada partida de ensayos de lámparas realizados para la IMM (estas partidas están formadas por unas 30 lámparas). Por otra parte la esfera se vuelve a pintar y calibrar una vez al año y se lleva control de las horas de funcionamiento de las lámparas patrón. Éstas se calibran cada 6 horas de funcionamiento o cada año.

Otro ensayo importante para nosotros era el de la determinación del rendimiento de luminarias. Nos planteamos dos formas de realizarlo. Una era mediante la integración de la fotometría de la luminaria calculando el flujo total emitido por la misma. Con este valor y el flujo de la lámpara medido en la esfera podíamos determinar el rendimiento de la luminaria. La otra consistía en utilizar el método relativo en la esfera.

Comparamos ambas metodologías obteniendo una diferencia de 3 % para luminarias de 60 cm de diámetro máximo del grupo óptico.

Además de los valores fotométricos interesaba medir las magnitudes eléctricas. La política de calibración para este tipo de instrumentos (multímetros y vatímetros) fue la de efectuar una calibración por año en el Laboratorio de la UTE.

## ***Estudio de costos***

### 1. Inversión en equipamiento del Laboratorio de Iluminación al 1/3/99

#### 1.1 Hipótesis

- Los espacios se evalúan a U\$S 500 el m<sup>2</sup>.
- Los equipos se valúan a precios estimados de nuevos.
- Se considera amortización lineal en años por vida útil o por obsolescencia según corresponda.

## 1.2 Cálculo

<b>RECURSO</b>	<b>MONTO EN u\$s</b>	<b>PERIODO</b>	<b>AMORT. U\$S/AÑO</b>
<u>OFICINA 10M2</u>	5000	v.u 30 años	167
EQUIPAMIENTO	3500	obs. 5 años	700
<u>SALA ENVEJECIMIENTO 27M2</u>	13500	vu 50 años	270
ACONDICIONA. ELÉCTRICO	3000	vu 10 años	300
MOBILIARIO	500	vu 10 años	5
REACTANCIAS (100)	2000	vu 15 años	133
REGULADOR TENSIÓN 20KVA	2000	vu 25 años	80
<u>SALA ENSAYO MECÁNICO 50M2</u>	25000	vu 50 años	500
MÁQUINA DE POLVO	1800	vu 25 años	72
MÁQUINA DE LLUVIA	4200	vu 25 años	165
<u>SALA DE FOTOMETRÍA 36M2.</u>	18000	vu 50 años	360
BANCO FOTOMÉTRICO	30000	vu 50 años	600
GOÑOFOTÓMETRO	5000	vu 50 años	100
LUXÍMETRO	15000	ob 10 años	1500
EQUIP. AUXILIAR.	1000	ob 10 años	100
<u>SALA DE BALASTO 8M2</u>	4000	vu 50 años	80
INSTRUMENTOS	6500	ob 10 años	650
EQUIP. AUXILIAR	1000	ob 10 años	100
<u>SALA DE ESFERA 40M2</u>	20000	vu 50 años	400
ESFERA	45000	vu 50 años	900
BALASTO DE REFERENCIA (2)	4000	vu 30 años	135
REGULADOR DE TENSIÓN	2500	vu 30 años	85
REGULADOR DE TENSIÓN	1000	vu 30 años	35
INSTRUM. MEDIDA	4000	ob 10 años	400
ACONDICIONA. ELÉCTRICO	1000	vu 30 años	35
LÁMPARAS PATRÓN	2300	vu 30 años	75
RECTIFICADOR	1500	vu 30 años	50
<b>TOTAL INVERSIÓN Y AMORTIZ.</b>	<b>222300</b>		<b>7997</b>
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
<b>ANUAL U\$S AÑO</b>			
PINTURA DE ESFERA			500
CALIBRACIÓN INS. MEDIDA			2000
CALIBRACIÓN LAMP.			2000
REFERENC			
LIMPIEZA			500
<b>TOTAL MANTENIMIENTO</b>			<b>5000</b>
<b>TOTAL MANT. Y AMORTIZA.</b>			<b>12997</b>
<b>PERSONAL</b>			
ING. JEFE			37000
AYUD.INGENIERO			15000
OFICIAL			10000
<b>TOTAL PERSONAL</b>			<b>62000</b>
<b>TOTAL GASTOS FIJOS ANUALES</b>			<b>74997</b>

## 2. Estimación del costo de los ensayos del laboratorio de fotometría. (versión 1)

### 2.1. Objetivo

Se trata en esta instancia de estimar, sobre un conjunto de tipos de ensayos dados, cuanto debería de ser el **precio** de cada uno de ellos a los efectos de que la actual estructura del laboratorio de fotometría sea sustentable en el tiempo sin aumento ni disminución de la misma.

### 2.2 Hipótesis

1. El conjunto de **ensayos que se toman como base** son los siguientes:

**Lámparas.** Comprende: Determinación de las características de encendido, las características eléctricas y luminosas, los ensayos de casquillos y la medida de dimensiones.

**Balasto.** Comprende: Determinación de las características eléctricas y térmicas.

**Luminaria.** Comprende: Determinación de las curvas fotométricas

2. **Se desprecian los costos variables de los ensayos**, puesto que se asume que los mismos, una vez disponibles los equipos e instrumentos, solo emplean esencialmente recurso de mano de obra.

En virtud de que la disponibilidad de este recurso se considera fija (ver rubro Personal en el calculo de costos fijos) esta hipótesis queda justificada.

3. **No se calcula rentabilidad** explícita de la inversión puesto que el objetivo, como definimos en 2.1 es que solo sea sustentable, es decir que se recuperen los costos fijos anuales.
4. Los costos fijos quedan definidos en el punto 1) “ Inversión en equipamiento del laboratorio de iluminación”, y para la disponibilidad de personal allí indicada. Por lo tanto **los costos fijos anuales se aproximan a U\$S 75000.**

### 2.3 Consideraciones

1. En la realidad se tiene de que en las hipótesis anteriores existe una rentabilidad implícita, en virtud de que se obtendrá formación académica de nivel destacado en alguno de los integrantes del personal (acumulación de conocimiento) y además parte de este tendrá a su cargo actividades para la facultad fuera de las específicas del laboratorio (actividades accesorias). Evidentemente en las circunstancias reales esta consideración no puede ser despreciada y podrá ameritar recálculos en los costos que se estimen para los ensayos por disminución de los costos fijos considerados o en incrementar los ingresos por trabajos de consultoría especializada o por el dictado de cursos de actualización o postgrado. La realidad muestra que los temas de Iluminación han adquirido y todo indica que seguirán adquiriendo, una importancia y especificidad tal que han transformado la disciplina en una verdadera especialidad independiente. Resulta en consecuencia muy recomendable la inversión para que la Facultad cuente con por lo menos un nivel académico de maestría o doctorado en este tema.
2. Se estimó, para la infraestructura dada y para los ensayos bases definidos una carga nominal de trabajo diario para el vector (Balasto, Lámpara, Luminaria) de (3,10,2)

ensayos/día. Es oportuno observar que una vez que se logre la automatización del goniómetro la cantidad de ensayos de luminaria por día puede subir de 2 a 3. Lo mismo ocurrirá con las lamparas y balastos una vez automatizados estos ensayos.

3. Si consideramos que un año tiene aproximadamente 200 días de trabajo efectivos la carga nominal anual será de 200. (3,10,2). Si adoptamos el criterio que cada grupo de ensayo debe contribuir por igual a la recuperación de los costos se debe cumplir que  $200(3Pb+10Pla+2Plu)=75000$  en la condición de que  $3Pb=10Pla=2Plu$  por lo que resulta luego de operar que: los precios a carga nominal por ensayo son: (42,12.5,62.5) que aproximamos a:(45,15,65) U\$\$.
4. Lo anterior implica una carga ideal, muy optimista, por lo que deben ser considerados precios mínimos, pero en la realidad no es posible estimar la composición que tendrá el conjunto de ensayos a realizar. Hagamos en consecuencia una hipótesis más pesimista y asumamos que los ensayos se realizan uno a continuación del otro, debiendo absorber cada uno de ellos sus correspondientes “tiempo muertos”. En estas condiciones se impone un cálculo por hora insumida. A estos efectos el costo global horario por la disponibilidad del laboratorio, asumiendo 7 horas de trabajo efectivo por día es de  $75000/(200.7)$ , que implica aproximadamente 55 U\$\$/HORA. La estimación de los tiempos para los ensayos típicos asumidos es:  
Balasto: 2,5 horas con un tiempo muerto (incluido) de 1,5 horas y armando el circuito una vez al día.  
Lámpara: 0,6 horas, sin tiempo muerto y armando el circuito una vez al día.  
Luminaria: 3 horas, sin tiempo muerto y armando el circuito una vez al día.  
En estas condiciones el vector de precios sería de (135,30,165) U\$\$.
5. Sin embargo lo anterior supone que existe una demanda que mantiene todo el año en actividad al laboratorio, la cual implicaría, 450luminarias o 2500 lámparas o 550 balastos o combinaciones proporcionales entre estos ensayos. Esta situación no es válida en términos reales, la demanda aparece como mucho menor. De acuerdo a la experiencia actual una estimación razonable sería anualmente de: 20 luminarias, 200 lámparas y 80 Balastos. En estas condiciones un posible cálculo es determinar la carga de trabajo en luminarias equivalentes lo cual resulta en:  $20+ 40 (5La/Lu)+53(3Ba/2Lu)= 113$  luminarias equivalentes, por lo que el precio del ensayo de la luminaria debería ser de 650 U\$\$( $75000/113$ ). En consecuencia la estructura de precios más realista que se llega sería de:

**Balasto..... 430 U\$\$/ ensayo**  
**Lámpara..... 130 U\$\$/ensayo**  
**Luminaria.....650 U\$\$/ensayo.**

## 2.4 Conclusiones

La demanda esperada de los ensayos base considerados cubriría solo aproximadamente el 25% de la capacidad de trabajo del laboratorio, calculada esta con la inversión en equipamientos del punto 1 y asumiendo que los ensayos se realizan uno a continuación del otro.

Para que en estas condiciones el laboratorio se sostuviera solo con los ensayos los precios de los mismos serian los calculados en 5) de 2.3, observándose que los mismos son lineales con los costos fijos y con el volumen de la demanda.

El costo horario del laboratorio asciende a 55 U\$\$/hora para una carga de trabajo de 1400 horas al año.

Finalmente se observa que para una carga de trabajo de máxima eficiencia el precio para cada ensayo es el indicado en 3) de 2.3, en consecuencia se propone como estructura actual de precios a un particular que demande un grupo de ensayos en forma conjunta y en la medida que no se afecte sensiblemente la magnitud de la demanda lo siguiente:

**Balasto..... 430+45(N-1)**  
**Lámpara..... 130+15(N-1)**  
**Luminaria..... 650+65(N-1)**  
**N número de unidades según corresponda.**

## 2.5 Estimación de precios para la Intendencia de Montevideo

Como es conocido la IMM invirtió aproximadamente U\$S 100.000 en equipos que ya están disponibles y contabilizados en el cálculo de la inversión en 1. Si asumimos que la relación especial con la misma se prolongue durante 5 años, es lógico que se amortice su inversión en ese lapso.

En consecuencia los costos fijos totales estimados, para la IMM, por la razón anterior se deben ver disminuidos en aproximadamente U\$S 18.000 (para una TIR real del 6%), es decir un 30 % del total.

Puesto que la forma de cálculo anterior permite linealizar con los costos fijos resulta que la estructura de precios sería para un grupo conjunto de ensayos de:

Balasto..... 300+ 30 (N-1)  
Lámpara..... 90+10 (N-1)  
Luminaria..... 450+ 45 (N-1)

Solo al efecto de discusión se detallan los precios actuales pactados:

Balasto..... 300+60(N-1)  
Lámpara..... 150+30 (N-1)  
Luminaria..... De 200 a 300 c/u.

## ***Proyectos en curso***

### 1. Automatización de los ensayos

Del estudio de costos surge naturalmente que la automatización de los ensayos permite reducir los tiempos de realización de los mismos. Por lo tanto, reduciendo el plantel de personal se pueden disminuir los gastos fijos. Con esto es posible lograr o bien menores precios en los ensayos o bien una rentabilidad mayor.

En su primer etapa la automatización comprende:

- a) Automatización de los ensayos de lamparas (medida de características eléctricas, cebado y establecimiento de régimen según normas IEC 188 y 662)
- b) Automatización del goniofotómetro.

## 2. Software de apoyo (Paquete FOTOLAB)

Este software permite a partir de las medidas realizadas con el goniofotómetro generar en forma automática el informe de ensayo correspondiente.

## 3. Acreditación ISO 25

### **Resultados**

- Evolución del tipo y la cantidad de ensayos por año realizados.
- Evolución en la precisión de las medidas.
- Beneficios académicos: formación, cursos de grado y postgrado.