



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA**



Fecha:
2011-11-14
Hora:
10:59

Código: LAFTLA-CA-020-11

Versión: 1.0

Verificación de la condición de iluminación utilizando la norma INTE 31-08-06 del Auditorio del CFIA, ubicado en Curridabat, San José. Medición realizada el lunes 22 de agosto del 2011. Este Auditorio del CFIA utiliza iluminación artificial al 100%.

Responsable: Ing. Luis Diego Marín Naranjo M.Sc.

Se utiliza el procedimiento indicado en la norma, calculando primero el índice de área, figura 1 para establecer que el área del auditorio se debe dividir en 9 zonas, figura 2. Con esto se dividen las áreas de trabajo en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la columna a de la Tabla A1, y usando la fórmula:

$$IC = (x)(y) / h(x+y)$$

IC = índice del área, x,y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros, h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

Tabla A1 - Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
IC < 1	4	6
1 ≤ IC < 2	9	12
2 ≤ IC < 3	16	20
3 ≤ IC	25	30

Las lecturas de altura del auditorio tomados fueron las siguientes: 4.84 m, 5.58 m, 6.32 m, 5.48 m, 5.71 m en promedio = 5.586 m. Se calcula IC:

$$IC = (13.87 \text{ m})(11.55 \text{ m}) / 5.586(13.87 \text{ m} + 11.55 \text{ m}) = 1.13$$

De la Tabla A1 se ve que el número mínimo de zonas a evaluar es de 9.

Sitio de medición:	Auditorio CFIA
Dimensiones:	
Largo /m	11,55
Ancho /m	13,87
Altura /m	5,59
Índice de área =	1,13
Número de puntos de medición	9

Figura 1 Cálculo del índice de área

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.
Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA



Fecha:
2011-11-14
Hora:
10:59

Código: LAFTLA-CA-020-11

Versión: 1.0

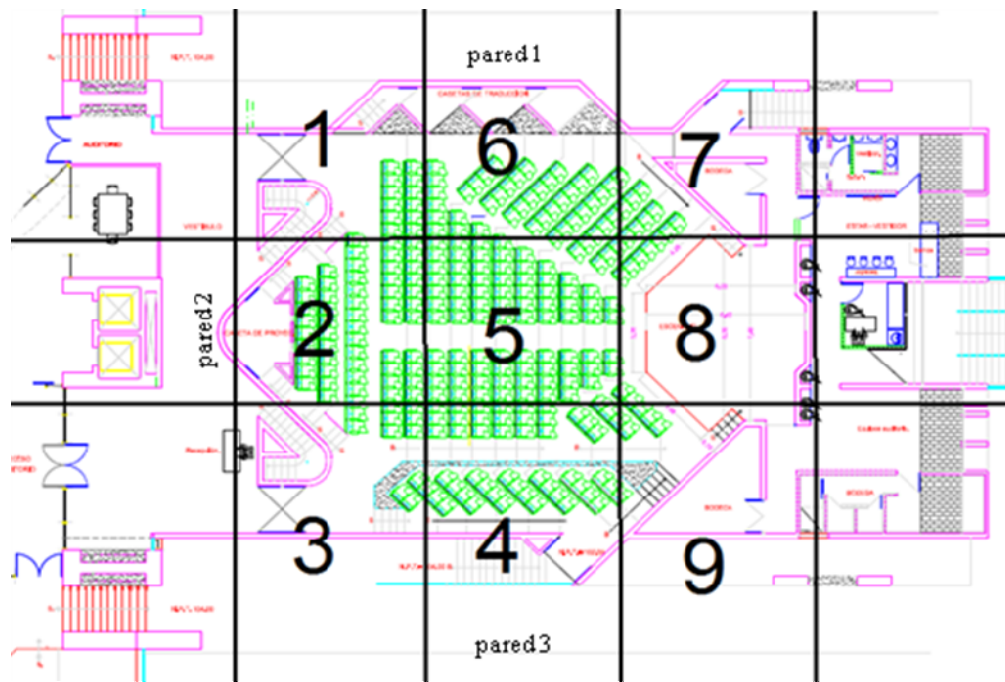


Figura 2 Plano del auditorio con las zonas de medición definidas

Las lámparas instaladas son de tipo fluorescente e incandescente, las mismas cumplen con la recomendación de que se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar las mediciones, ya que las mismas no son nuevas.

Para proceder con la verificación, se procedió a encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo luminoso se estabilizara, por un periodo de tiempo de aproximadamente 20 minutos.



Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, ya que la iluminación de lámparas de descarga y fluorescentes tienen fluctuaciones por cambios de temperatura.

Primeramente se procedió a calcular el factor de reflectancia de las superficies:

- Se efectúa una primera medición (E_{v1}), con el sensor del medidor de iluminancia colocada de cara a la superficie, a una distancia de $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$, hasta que la lectura permanezca constante;
- La segunda medición (E_{v2}), se realiza con el sensor orientado en sentido contrario y apoyado en la superficie, con el fin de medir la luz incidente, y
- El factor de reflectancia de la superficie (K_f) en porcentaje se determina con la ecuación siguiente:

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.
Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr

	UNIVERSIDAD DE COSTA RICA ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA		
Fecha: 2011-11-14 Hora: 10:59	Código: LAFTLA-CA-020-11	Versión: 1.0	

$$K_f = \frac{E_{v1}}{E_{v2}} \times 100$$

Luego se procedió a realizar las mediciones en el lugar donde había mayor concentración de trabajadores, o en el centro geométrico de cada una de las zonas, figura 3. En caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, se debe considerar el número de zonas de evaluación de acuerdo a lo establecido en la columna B (número mínimo de zonas a considerar por la limitación) de la Tabla A1. En caso de coincidir nuevamente el centro geométrico de cada zona de evaluación con la ubicación del punto focal de la luminaria, se debe mantener el número de zonas previamente definido.



Figura 3. Procedimiento de medición de las condiciones de iluminación

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.
 Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA



Fecha: 2011-11-14 Hora: 10:59	Código: LAFTLA-CA-020-11	Versión: 1.0	
--	---------------------------------	---------------------	--

Los resultados de las mediciones en las distintas áreas se presentan en los siguientes cuadros

Sitio de medición: Auditorio CFIA 9 puntos de medición

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa $E_v d / lx$	Iluminancia reflejada $E_v r / lx$
Zona 1	auditorio	5,586 m	26,0	1
			24,0	1,1
			25,7	1
Promedio Iluminancia directa / lx			25,2	1,0
Reflectancia			4,10%	

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx
Zona 2	auditorio	5,586 m	27,1	1,1
			27,0	1
			27,0	1
Promedio Iluminancia directa / lx			27,03	1,0
Reflectancia			3,82%	

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx (con hoja)	Iluminancia reflejada E_v / lx
Zona 3	auditorio	5,586 m	23,1	10,7	0,7
			22,9	10,7	0,7
			23,0	10,7	0,7
Promedio Iluminancia directa / lx			23,00	10,7	0,7
Reflectancia			46,52%		3,04%

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.

Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA



Fecha:
2011-11-14
Hora:
10:59

Código: LAFTLA-CA-020-11

Versión: 1.0

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx (con hoja)	Iluminancia reflejada E_{vr} / lx
Zona 4	auditorio	5,586 m	20,1	9,8	0,8
			19,8	10	0,8
			20,0	10	0,8
Promedio Iluminancia directa / lx			19,97	9,9	0,8
Reflectancia			49,75%		4,01%

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx (con hoja)	Iluminancia reflejada E_{vr} / lx
Zona 5	auditorio	5,586 m	32,1	16,2	1
			31,6	16,3	0,9
			31,6	16,5	0,9
Promedio Iluminancia directa / lx			31,8	16,3	0,9
Reflectancia			51,42%		2,94%

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx (con hoja)	Iluminancia reflejada E_{vr} / lx
Zona 6	auditorio	5,586 m	22,3	11,5	1
			22,4	11,9	0,9
			22,6	11,8	0,9
Promedio Iluminancia directa / lx			22,43	11,7	0,9
Reflectancia			52,30%		4,16%

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx (con hoja)	Iluminancia reflejada E_{vr} / lx
Zona 7	auditorio	5,586 m	15,1	7,4	0,8
			15,0	7,6	0,8
			14,9	7,7	0,8
Promedio Iluminancia directa / lx			15,00	7,6	0,8
Reflectancia			50,44%		5,33%

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx (con hoja)	Iluminancia reflejada E_{vr} / lx
Zona 8	pared	5,586 m	37,3	17,2	1,9
			37,3	17,4	2
			37,3	17,2	2
Promedio Iluminancia directa / lx			37,30	17,3	2,0
Reflectancia			46,29%		5,27%

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.

Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA**



Fecha:
2011-11-14
Hora:
10:59

Código: LAFTLA-CA-020-11

Versión: 1.0

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa $E_v d / lx$	Iluminancia reflejada E_v / lx (con hoja)	Iluminancia reflejada E_{vr} / lx
Zona 9	auditorio	5,586 m	59,2	27,7	3,7
			59,2	27	3,7
			59,2	26,9	3,7
		Promedio Iluminancia directa / lx	59,2	27,2	3,7
		Reflectancia	45,95%		6,25%

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx
Pared 3	pared	1,8 m	13,3	2
			13,3	2
			13,2	2
		Promedio Iluminancia directa / lx	13,27	2,0
		Reflectancia	15,08%	

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa $E_v d / lx$	Iluminancia reflejada E_{vr} / lx
Pared 2	pared	1,8 m	11,2	4
			11,2	4
			11,2	4
		Promedio Iluminancia directa / lx	11,2	4,0
		Reflectancia	35,71%	

Punto de medición	Tipo	Altura	Iluminancia directa E_v / lx	Iluminancia reflejada E_v / lx
Escenario	mesa	5,586 m	27,1	1,1
			27,0	1
			27,0	1
		Promedio Iluminancia directa / lx	27,03	1,0
		Reflectancia	3,82%	

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.
Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA



Fecha:
2011-11-14
Hora:
10:59

Código: LAFTLA-CA-020-11

Versión: 1.0

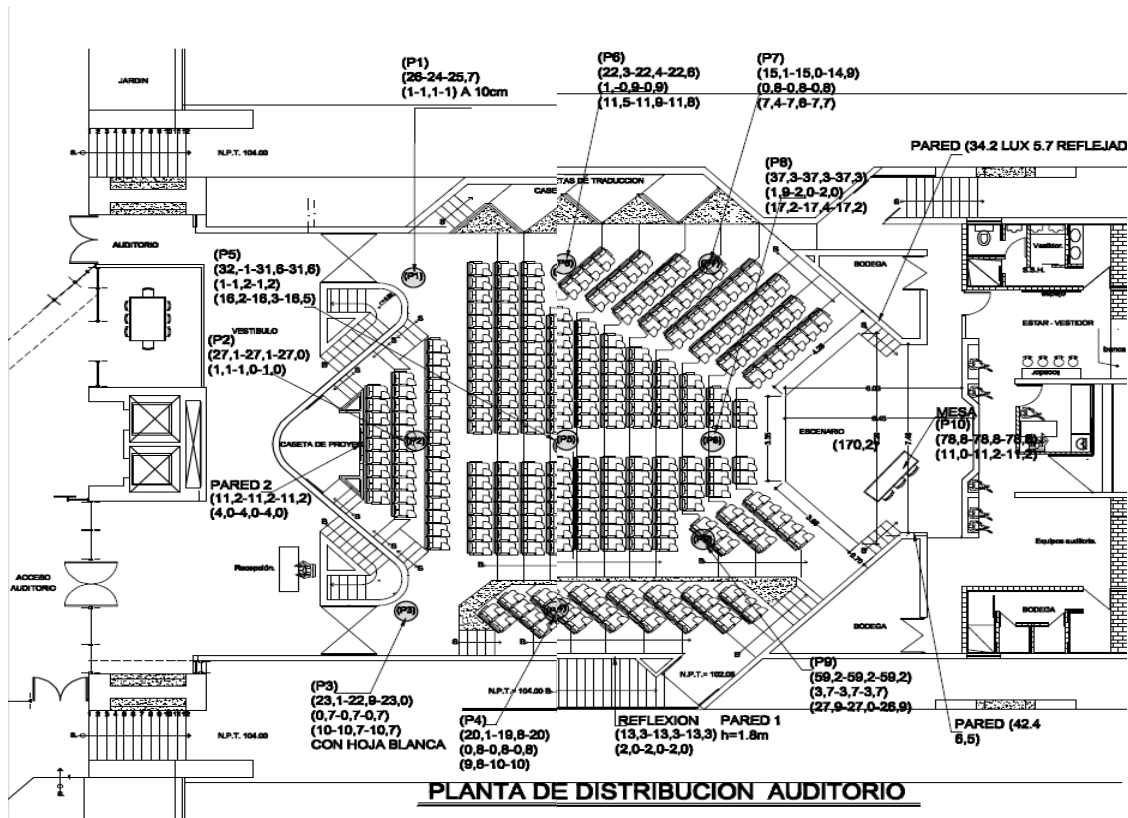


Figura 4. Esquema de la ubicación física de las mediciones

Tabla 6 - Niveles máximos permisibles del factor de reflectancia

Concepto	Niveles máximos permisibles de reflectancia, K_f
Paredes	60 %
Plano de trabajo	50 %

Nota: se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión (K_f) supere los valores establecidos en la Tabla 6.

De acuerdo a la tabla anterior, existiría deslumbramiento en los puntos 5, 6 y 7 medidos al colocar una hoja blanca, ya que se sobrepasa por poco el 50% recomendado, el resto de puntos medidos está muy por debajo de los valores máximos recomendación en la Tabla 6.

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.
 Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA



Fecha: 2011-11-14 Hora: 10:59	Código: LAFTLA-CA-020-11	Versión: 1.0
--	---------------------------------	---------------------

El tipo de trabajo que se desempeña en este auditorio, en el cual se desarrollan cursos para sus agremiados, y en la cual se desempeñan tareas de lectura y trabajos de computadora, requiere según la tabla 2 un nivel de iluminación en los siguientes valores: 500 lx – 750 lx – 1000 lx.

Tabla 2 - Niveles de iluminancia recomendados para diversas clases de tarea visual

Clase de tarea visual	Iluminancia sobre el plano de trabajo	Ejemplos típicos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100 lx - 150 lx - 200 lx	Para permitir movimientos seguros por ejemplo en lugares de poco tránsito; sala de calderas, depósito de materiales toscos y voluminosos, y armarios;
Tareas intermitentes, ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	200 lx - 300 lx - 500 lx	Trabajos toscos, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de inventario, colocación de maquinaria pesada;
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos	500 lx - 750 lx - 1 000 lx	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montajes. Trabajos comunes de oficina, tales como lectura, escritura, archivo;
Tareas severas y prolongadas, y de poco contraste	1 000 lx - 1 500 lx - 2 000 lx	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montaje e inspección; pintura extrafina, costura de ropa oscura;
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	2 000 lx - 3 000 lx - 5 000 lx	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibre, trabajo de molienda fina;
Tareas excepcionales, difíciles e importantes	5 000 lx - 7 500 lx - 10 000 lx	Trabajo fino de relojería y reparación;
	10 000 lx - 15 000 lx - 20 000 lx	Casos especiales, por ejemplo la iluminación del lugar de operación en una sala de cirugía.

En el puesto de trabajo de cada zona, se realizaron al menos un juego de mediciones de iluminancia y reflectancia en cada plano de trabajo, colocando el medidor de iluminancia tan cerca como sea posible del plano de trabajo y tomando precauciones para no proyectar sombras, ni reflejar luz adicional sobre el instrumento.

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.
 Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER
INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA



Fecha:
2011-11-14
Hora:
10:59

Código: LAFTLA-CA-020-11

Versión: 1.0



Con las condiciones obtenidas para el medidor de iluminancia usado en el laboratorio (perteneciente a LAFTLA de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica Modelo Marca SN), el cual está calibrado de acuerdo a los errores relativos de los equipos y la incertidumbre relativa expandida de acuerdo a lo que establecido en la Ley vigente sobre Metrología, normalización y Calidad., msotardo aen las tablas siguientes

No. Registro :	LAFTLA-CA-014-11		Fecha: 2011-08-04		Calibración medidor de iluminancia					
Marca: INS Identificación:	LAFTLA									
Distancia m	1									
Lecturas Ev (lux)	1									
<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resolución	D. E. (media)		Media / lux							
0,1 lux	0.0000		240							
Incetidumbre de calibración de medidor de iluminación escala 0 - 2000 lux (d = 1 m)										
Nº	Fuente de incertidumbre	Valor estimado	Incer. original	Tipo Distribución	Incertidumbre Estandar u(x)	Coficiente Sensibilidad	Contribución u(y) lux	(u _i (y)) ²		
1	Repetibilidad <i>i</i>	240	0.0000	A	0.00000	1	0.0000	0.00000		
2	Resolución	xxxx	1 lx	B, rect	0.28868	1	0.2887	0.08333		
3	Luz extraviada L _E	1	= 1	B, rect	0.57735	1	0.5774	0.33333		
4	Lámpara patrón cd	243.3	1.19%	B, k=2	0.0060	1/1m ²	0.0060	0.00004		
5	Exactitud sensor	xxxx	5.86%	B, rect	0.0338	1	0.0338	0.00114		
6	Distancia d	1.00	= 5 mm	B, rect	0.00289	486.6	1.4047	1.97316		
Error =	4.3	lx	Incertidumbre estándar combinada			1.55	lux	2.3910		
Error relativo =	1.77%	%	Incertidumbre expandida absoluta k =			3.09	lux			
			Incertidumbre expandida relativa k =			1.29%				
Error = E _v - L _E - J _v d ² =	4.3	lx	E _v = J _v d ² =	243.3	lx	(Patrón)				
Distancia m	1.495									
Lecturas Ev (lux)	1									
<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resolución	D. E. (media)		Media / lux							
0,1 lux	0.0267		113.84							
Incetidumbre de calibración de medidor de iluminación escala 0 - 2000 lux (d = 1 m)										
Nº	Fuente de incertidumbre	Valor estimado	Incer. original	Tipo Distribución	Incertidumbre Estandar u(x)	Coficiente Sensibilidad	Contribución u(y) lux	(u _i (y)) ²		
1	Repetibilidad <i>i</i>	113.84	0.0267	A	0.02667	1	0.0267	0.00071		
2	Resolución	xxxx	0,1 lx	B, rect	0.02887	1	0.0289	0.00083		
3	Luz extraviada L _E	1	= 1	B, rect	0.57735	1	0.5774	0.33333		
4	Lámpara patrón cd	246.26	0.78%	B, k=2	0.0039	1/(1.413)m ²	0.0017	0.000003		
5	Exactitud sensor	xxxx	2.38%	B, rect	0.0137	1	0.0137	0.00019		
6	Distancia d	1.00	= 5 mm	B, rect	0.00289	147.400953	0.4255	0.18106		
Error =	2.66	lx	Incertidumbre estándar combinada			0.72	lux	0.5161		
Error relativo =	2.41%	%	Incertidumbre expandida absoluta k =			1.44	lux			
			Incertidumbre expandida relativa k =			1.26%				
Error = E _v - L _E - J _v d ² =	2.66	lx	E _v = J _v d ² =	110.18	lx	(Patrón)				
Este certificado es nulo sin las firmas y sello. Consta de 4 páginas										
LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.										
Tel: (+506) 2511 3868, Fax (+506) 2511 3920, correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr										
										4/4

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.

Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr

	UNIVERSIDAD DE COSTA RICA ESCUELA INGENIERÍA ELÉCTRICA LABORATORIO DE FOTÓNICA Y TECNOLOGÍA LÁSER INFORME DE ENSAYO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA		
Fecha: 2011-11-14 Hora: 10:59	Código: LAFTLA-CA-020-11	Versión: 1.0	

Las mediciones de iluminancia realizadas, indican que el auditorio está muy por debajo de los valores recomendados en la Norma de INTECO INTE 31-08-06-2000, que recomienda como mínimo 500 lux.

Las instalaciones del CFIA fueron creadas hace ya bastantes años y la iluminación no fue diseñada para proporcionar una iluminación adecuada para actividades de cursos o similares, en donde se requiere una iluminación de por lo menos 500 lux en los puestos de trabajo.

Se sugiere realizar un nuevo diseño, una nueva instalación y una nueva verificación, de acuerdo a las necesidades actuales e instalando luminarias modernas, haciendo uso de las tecnologías de iluminación del mercado.

La problemática de la baja iluminación del auditorio para cursos, en los cuales se requiere de buena iluminación en los puestos de trabajo (en cada asiento), se podría resolver con una iluminación puntual en cada asiento, que mediante un brazo telescópico móvil, permita al asistente encender la misma cuando en realidad lo necesite, y de esta forma con esta lámpara móvil de bajo consumo o tipo LED, resolvería el problema.

Referencias

Versión en revisión INTE 31-08-06:2011.

Este certificado de ensayo consta de 14 páginas

LAFTLA - Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Apartado Postal 2-10, 2060 UCR, San José, Costa Rica.
 Tel: (+506) 2511 3850, Fax (+506) 2511 3920. Correo electrónico: lmarin@eie.ucr.ac.cr