



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA DE LA
ESFERA INTEGRADORA DE ULBRICHT DEL LABORATORIO DE
LUMINOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA ELÉCTRICA**

AUTOR: DAVID SANTIAGO VALLEJO RAMÍREZ

DIRECTOR: ING. GIOVANI SANTIAGO PULLA GALINDO Msc.

MATRIZ CUENCA

2018



DECLARACIÓN

Yo, David Santiago Vallejo Ramírez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

David Santiago Vallejo Ramírez



CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por David Santiago Vallejo Ramírez, bajo mi supervisión.

Ing. Giovani Santiago Pulla Galindo Msc.

DIRECTOR



AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por haberme guiado y acompañado a largo de mi carrera, brindándome la salud para seguir adelante y cumplir con esta meta en mi vida.

A mis padres, Cesar y Adriana, quienes han sabido guiarme por el camino correcto con su amor y apoyo incondicional, fomentando en mí valores de respeto, responsabilidad y deseos de superación.

De manera particular a mí tutor, Ing. Santiago Pulla, por su apoyo, enseñanza y asesoría brindada durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Universidad Católica de Cuenca por la formación y las oportunidades que me ha brindado durante toda mi formación profesional.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que de alguna u otra manera me han apoyado a lo largo de la carrera. De manera especial a mis padres quienes han sido el pilar fundamental en mi vida apoyándome en todo momento, gracias por estar siempre a mi lado y guiarme para lograr cumplir mi sueño; a mis razones Gabriela y Amelia que son el motivo por el cual me levanto cada día con ganas de superarme.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

DECLARACIÓN	2
CERTIFICACIÓN	3
AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA.....	5
LISTA DE TABLAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO 1	13
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo general	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 Alcance.....	14
1.3 Justificación	14
CAPITULO 2	15
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Introducción	15
2.2 ESFERA INTEGRADORA DE ULBRICHT	15
2.1.1 Definición de la esfera Integradora.....	16
2.1.2 Características de la esfera integradora de la UCACUE.....	17
2.3 Incertidumbre.....	21
2.1.3 Definición de la Incertidumbre.	22
Capítulo III.....	31
3. Determinación de los factores de incertidumbre	31
3.1 Introducción	31
3.2 Determinación del mensurando.....	34
3.3 Procedimiento para realizar el ensayo en la esfera integradora de Ulbricht.....	36
3.4 Identificación de las fuentes de incertidumbre:.....	38
Capítulo IV	40
4. Expresión de la Incertidumbre	40
4.1.1 Modelo Físico o Función de la señal de salida del sistema.....	40
4.1.2 Evaluación de la incertidumbre de medida de las estimaciones de entrada	42
CAPÍTULO V.....	47
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1 Conclusiones.....	47
5.2 Recomendaciones.....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52



ANEXO 1: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA LAMPARA PATRON (SLS-100W)	53
ANEXO 2: CERTIFICADO DE CALIBRACION: ESPECTRORADIOMETRO (LMS-9000A)	56
ANEXO 3: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA FUENTE DE PODER (LS2010)	59
ANEXO 4: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA FUENTE DE PODER DC (DC3005)	63



LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Esfera Integradora perteneciente al Laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca .. 16
Fig 2. Elementos de medición de la Esfera Integradora..... 17
Fig 3. Espectroradiómetro de alta precisión (LMS-9000B)..... 18
Fig 4. Fibra Óptica..... 18
Fig 5. Fuente de alimentación Digital CC y CC CV 19
Fig 6. Fuente de alimentación Digital CC y CC CV 19
Fig 7. Esfera Integradora de Ulbricht.20
Fig 8. Armario para los elementos de medida.....21



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de v para t de 95% de confianza	29
Tabla 2. Factores de cobertura para diferentes grados de libertad.....	30
Tabla 3. Glosario de Términos.....	31
Tabla 4. Contribuciones a la incertidumbre combinada	45



RESUMEN

Para lograr la acreditación del Laboratorio de Luminotecnia perteneciente a la Universidad Católica de Cuenca, por parte del Servicio Ecuatoriano de Acreditación (SAE), se necesita cumplir varios requerimientos; uno de ellos es la obtención de la Incertidumbre (parámetro, que caracteriza la dispersión de los valores de un mensurando) de Medida de la Esfera Integradora de Ulbricht. La presente investigación determina la “Evaluación De La Incertidumbre De Medida De La Esfera Integradora De Ulbricht Del Laboratorio De Luminotecnia De La Universidad Católica De Cuenca” que se basa principalmente en la norma JCGM 100:2008, que indica que el primer paso para determinar la incertidumbre de medida es, definir el mensurando y sus condiciones de operación, el cual para el caso específico de la esfera integradora (IS-2M) es el flujo luminoso total. Una vez que se ha determinado el mensurando (es una magnitud, la cantidad del objeto de medida), se ha procedido a observar cuales son las posibles fuentes de incertidumbre en el laboratorio de luminotecnia; según el criterio del observador se ha determinado las fuentes que van a influir en los resultados. Posteriormente se ha logrado definir las fuentes de incertidumbre con lo que analizara un modelo físico que parametriza el resultado de la medición realizada en la esfera. Para finalizar con el cálculo, se realiza la evaluación de la expresión de la incertidumbre, que da como resultado la incertidumbre expandida de medida, también se incluyó la descripción del proceso de como tomar las medidas físicamente para la obtención de la incertidumbre. Al término de la investigación se exponen conclusiones y recomendaciones basadas en los requerimientos del laboratorio y en el observador.

Palabras clave: INCERTIDUMBRE MEDIDA, ESFERA INTEGRADORA, FLUJO LUMINOSO, LABORATORIO DE LUMINOTECNIA

**ABSTRACT**

In order to obtain the accreditation of the lighting technology Laboratory belonging to the Catholic University of Cuenca, by the Ecuadorian Accreditation Service (SAE), it is necessary to fulfill several requirements; one of them is the obtaining of the Uncertainty (parameter, which characterizes the dispersion of the values of a measurand) of the Ulbricht Integrative Sphere Measure. The present investigation determines the "Evaluation of the Uncertainty of Measurement of the Ulbricht Integrating Sphere of the Lighting Technology Laboratory of the Catholic University of Cuenca" which is based mainly on the JCGM 100: 2008 standard, which indicates that the first step to determine the Measurement uncertainty is, define the measurand and its operating conditions, which for the specific case of the integrating sphere (IS-2M) is the total luminous flux. Once the measurand has been determined (it is a magnitude, the quantity of the object of measurement), it has proceeded to observe what are the possible sources of uncertainty in the lighting laboratory; according to the observer's criteria, the sources that will influence the results have been determined. Subsequently, it has been possible to define the sources of uncertainty with which a physical model that parameterizes the result of the measurement made in the sphere will be analyzed. To finish with the calculation, the uncertainty expression evaluation is performed, which results in the expanded uncertainty of measurement, the description of the process of how to take the measurements physically to obtain the uncertainty was also included. At the end of the investigation, conclusions and recommendations based on the requirements of the laboratory and the observer are presented.

Keywords: UNCERTAINTY MEASURE, INTEGRATING SPHERE, LUMINOUS FLOW, LIGHTING TECHNOLOGY LABORATORY



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación trata sobre Evaluar la expresión de Incertidumbre de medida de la Esfera Integradora de Ulbricht del laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca, siguiendo los procedimientos especificados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), y respetando normas vigentes proporcionadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE) conjuntamente con organismos internacionales como la norma (ISO/ IEC 17025),

En el capítulo 1. Se explica sobre las pruebas que se necesiten realizar para determinar el flujo luminoso total de las lámparas, estas conviene ser medidas por equipos especialmente diseñados para este propósito; en nuestro caso la mejor opción para realizar este tipo de pruebas es la esfera integradora de Ulbricht (IS-2MA) de la UCACUE; y demás equipos de medición necesarios.

En el capítulo 2. Hablamos sobre el marco teórico enfocándonos en el dispositivo óptico que está diseñado para obtener un valor de iluminancia proporcionado al flujo luminoso de fuente de luz conjuntamente con la teoría para determinar la incertidumbre de medida.

En el capítulo 3 se procede a determinar el mensurando y sus condiciones específicas, y así poder declarar qué tipo de factores influyen en el resultado proporcionado por la esfera integradora. Consecuente a esto se pueden definir las fuentes de incertidumbre, y los parámetros de magnitudes físicas como: rango de medida, método de calibración y tipo de instrumentos que estén dentro de un rango aceptable según lo normalizado.

En el capítulo 4 se analiza un modelo físico que parametriza el resultado de la medición ejecutada en la esfera integradora, el cual facilita la obtención de la función de salida con relación a las magnitudes de entrada que pueden influir en los resultados de la medición. Para finalizar con el cálculo, se realiza la evaluación de la expresión de la incertidumbre, en el modelo matemático previamente determinado, luego empleando “la ley de propagación de incertidumbres” y asignando las componentes de incertidumbre según indica la norma GUM, se obtiene como resultado la incertidumbre expandida de medida, con un factor de cobertura igual a 2 (probabilidad de cobertura de aproximadamente un 95%).

En el capítulo 5 se exponen conclusiones y recomendaciones basadas en los requerimientos del laboratorio y en el observador.



CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expone el objetivo principal de este trabajo de investigación el cual es evaluar la expresión de Incertidumbre de la Esfera Integradora de Ulbricht equipo IS-2MA que mide el flujo luminoso de las luminarias, este proceso es necesario para la posterior acreditación del laboratorio de luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca. Además, se da a conocer los objetivos específicos los cuales ayudaran a la consecución del objetivo General.

También se da a conocer el alcance hasta donde se va a llegar con esta investigación y los medios utilizados para la misma. La justificación por la cual se realiza esta investigación es debido a que es uno de los requisitos para la acreditación del laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivo general*

Evaluar la expresión de Incertidumbre la Esfera Integradora de Ulbricht del laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca, siguiendo procedimientos especificados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), y respetando normas vigentes proporcionadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE – INEN ISO/IEC 17025 2006) conjuntamente con organismos internacionales (ISO/ IEC 17025).

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Analizar estudios existentes sobre la expresión de la incertidumbre de medida en calibraciones de la Esfera Integradora de Ulbricht.
- Analizar la guía para la determinación de la expresión de la incertidumbre de medida perteneciente al Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).
- Determinar la expresión de incertidumbre de media de la Esfera integradora (IS-2MA) que mide el flujo luminoso de diferentes tipos de lámparas.
- Examinar los resultados del procedimiento aplicado al equipo IS-2MA que mide las características del flujo luminoso en el laboratorio.
- Redactar el reporte de la investigación incluyendo conclusiones y recomendaciones.



1.2 Alcance

Las pruebas que se necesiten realizar para determinar el flujo luminoso de lámparas y luminarias conviene ser medidas por equipos especialmente diseñados para este propósito; en nuestro caso la mejor opción para realizar este tipo de pruebas es la esfera integradora de Ulbricht; ya que es capaz de cuantificar el flujo luminoso total de una lámpara, realizar pruebas de colorimetría.

En algunos países de latino América cuentan con este tipo de laboratorio como por ejemplo la “Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ciencias” en Lima-Perú, LJ Iluminación S.A. en el México D.F. en México, pero no suelen ser acreditados por las organizaciones normativas de sus respectivos países por lo que no cumplen con los diferentes requisitos impuestos por la norma ISO-17025 (NORMA INTERNACIONAL ISO/IEC 17025 , 2005). Para cumplir con los requisitos de la norma existen varios elementos, pero el fundamental a cumplir, es el cálculo de la incertidumbre en las pruebas. El cual es tratado en el presente trabajo, en el caso preciso es para una esfera integradora de Ulbricht que pertenece al Laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca (UCACUE).

1.3 Justificación

En el presente, el laboratorio maneja procedimientos que están normalizados por las diferentes entidades nacionales e internacionales encargadas de certificar tanto los equipos de medición como a las personas que en el laboran. La norma nos indica que todos los laboratorios de ensayo deberían aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición (NORMA INTERNACIONAL ISO/IEC 17025 , 2005).

Por lo que el propósito de este documento es evaluar la incertidumbre de medida de la esfera integradora de Ulbricht, y así cumplir con uno de los requisitos necesarios para una futura acreditación de la máquina.

En ningún experimento en el que se requiera determinar una cierta magnitud no se puede obtener un valor preciso de su medición, es decir, el resultado de la medida no es el valor real de la magnitud. Si queremos utilizar la esfera para realizar cualquier tipo de experimento con diferentes fines ya sea investigativo como de carácter comercial es necesario evaluar la incertidumbre específica para esta máquina.

Además es fundamental para las mediciones futuras determinar qué tipo de factores influyen en la esfera integradora.



CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Para lograr la acreditación de un laboratorio fundamentalmente se tiene que fijar en la capacidad de medición y calibración, además se tiene también que los siguientes parámetros de magnitudes físicas como: rango de medida, método de calibración y tipo de instrumentos estén en un rango aceptable según lo normalizado.

Conjuntamente si los equipos que conforman el laboratorio se encuentran apropiadamente calibrados y funcionando bajo las normas aceptadas, las pruebas que se realicen en este obtendrán resultados reales y confiables.

Al momento de ejecutar mediciones de cualquier tipo debemos tener en cuenta que existe una incertidumbre la cual depende de varios factores, como pueden ser: la naturaleza de las magnitudes, el instrumento de medición, el observador y las condiciones externas; cada uno estos factores contribuyen en mayor o menor medida a la incertidumbre total.

2.2 ESFERA INTEGRADORA DE ULBRICHT

La esfera de Ulbricht es un instrumento de medida muy versátil, con el cual se pretende el medir el flujo luminoso total de cualquier lámpara que ingrese en el laboratorio de luminotecnia.

Todos los objetos que se encuentren en la esfera deben ser pequeños en comparación con el radio de la esfera de tal manera que su influencia en las reflexiones no sea relevante. (Gupta, 2012)



Fig 1. Esfera Integradora perteneciente al Laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca

Fuente: Fuente Propia.

2.1.1 Definición de la esfera Integradora

La Esfera Integradora de Ulbricht la Universidad Católica de Cuenca se define por ser una esfera hueca con diámetro igual a 2 metros la cual está pintada en su interior con una pintura especial altamente reflejante, para tener una superficie perfectamente difusa con una reflexividad lo más parejo posible a las diferentes longitudes de onda percibidas por el ojo humano.

En el interior de la esfera se instala las luminarias de ensayo mediante el porta lámparas que tiene varios casquillos para diferentes tipos de lámparas; el fotosensor de medición que se encuentra a un lateral del interior de la esfera permite a través de “un método indirecto de medición puede obtener el flujo luminoso que es emitido (lúmenes). De hecho este método de medición indirecto a través del espectralradiómetro mide la iluminancia del interior de la esfera la cual es proporcional al flujo luminoso emitido.” (LJ Iluminación, S.A., 2004, pág. 1).

La Esfera de Ulbricht de la UCACUE “junto con su espectralradiómetro, nos permite medir las características cromáticas de las lámparas o luminarios bajo prueba como son el índice de rendimiento de color y la temperatura de color, y mediante el uso de un wattmetro la eficacia de una lámpara o de una luminaria.” (LJ Iluminación, S.A., 2004, pág. 1)

2.1.2 Características de la esfera integradora de la UCACUE

Para poder determinar las características de la esfera, se tiene que especificar los demás instrumentos que están involucrados con el uso de la esfera integradora que están en la siguiente configuración: Espectroradiómetro de alta precisión (LMS-9000A), Fibra óptica (CFO-1.5M), medidor digital de potencia (LS2010), Fuente DC, Fuente AC (LSP-500VAR), esfera integradora (IS-2MA), fuente de luz estándar (SLS-50W and SLS-10W), Convertidor óptico de la trayectoria (LS512B), gabinete de 19 pulgadas (CASE-19IN). (Lisun Electronics Inc., 2003)



Fig 2. Elementos de medición de la Esfera Integradora

Fuente: (Lisun Electronics Inc., 2003)

2.1.2.1 Espectroradiómetro de alta precisión (LMS-9000A):

Están diseñados para tener la capacidad de producir cualquier distribución espectral visible, imitando diversas fuentes de luz en la región visible mediante control de realimentación de la potencia radiante emitida por LEDs individuales. Este sistema de prueba LED se utilizará como estándar de transferencia para aplicaciones fotométricas, colorimétricas y radiométricas. (Lisun Electronics Inc., 2003, pág. 1)

El modelo LMS-9000A desarrolla una evaluación rápida con alta exactitud y se utiliza en pruebas científicas de laboratorio (Lisun Electronics Inc., 2003)

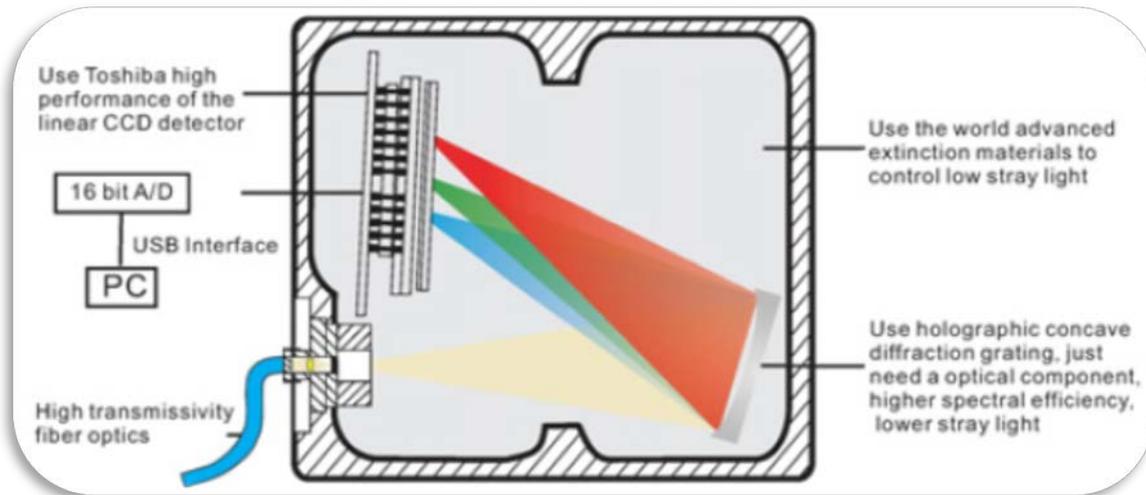


Fig 3. Espectroradiómetro de alta precisión (LMS-9000A)

Fuente: (Lisun Electronics Inc., 2003)

2.1.2.2 Fibra óptica

De manera muy sencilla, la fibra óptica es un medio de transmisión de información basado en un núcleo de cristal compuesto por uno o varios hilos muy finos (óxido de silicio y germanio), rodeado de una capa de un material con índice de refracción ligeramente menor al del núcleo, por el cual se los pulsos de luz se transfieren en forma de datos. La fibra óptica es muy útil para transferir información con grandes velocidades por lo que es el medio de comunicación más avanzado de la época. (Rodríguez Fenández, 2014)



Fig 4. Fibra Óptica

Fuente: <https://blogingenieria.com/productos/fabricacion-fibra-optica/>

2.1.2.3 Fuente de Alimentación Digital CC y CC CV:

“Las fuentes de suministro eléctrico de la serie DC son de alta estabilidad y alta precisión. El voltaje y la corriente pueden ser de operación ajustable y simple. Son adecuados para

suministrar alimentación de CC para lámparas estándar o LED de gran potencia.” (Lisun Electronics Inc., 2003, pág. 1)



Fig 5. Fuente de alimentación Digital CC y CC CV.

Fuente: (Lisun Electronics Inc., 2003)

2.1.2.4 Medidor digital de potencia (LS2010):

Es un equipo con varios usos para poder “determinar la potencia absorbida así como el consumo de energía. Además de la medición de corriente alterna y tensión, este medidor de potencia puede determinar la potencia absorbida actual en redes monofásicas o trifásicas” (PCE Instruments, 2018).



Fig 6. Fuente de alimentación Digital CC y CC CV

Fuente: (Lisun Electronics Inc., 2003)

2.1.2.5 Esfera integradora (IS-2MA)

“La misión que tiene la esfera es la de integrar el flujo de radiación óptica que recibe”. (Rodríguez Barrios , 2004)

Las Esferas integradoras de medición de luz están diseñadas para medir la producción de flujo total de diversas fuentes de luz, como lámparas de tungsteno, lámparas de arco de xenón, LED, fibra óptica y láser. (Rodríguez Barrios , 2004)



Fig 7. Esfera Integradora de Ulbricht.
Fuente: (Lisun Electronics Inc., 2003)

2.1.2.6 Fuente de luz estándar (SLS-50W and SLS-10W):

“Debido a que el material de las superficies de las luminarias tiene un nivel de auto-absorción, la prueba de flujo generará una pequeña diferencia con el flujo original de la lámpara al probar las luminarias en la esfera integradora, por tanto, de acuerdo a lo prescrito por la CIE, es necesario utilizar una lámpara auxiliar para hacer una revisión de la auto absorción del flujo.” (Lisun Electronics Inc., 2003, pág. 1)

2.1.2.7 Gabinete de 19 pulgadas (CASE-19IN)

“Permite adjuntar de manera práctica, sencilla y ordenada a todos los instrumentos de prueba anteriormente mencionados en un armario estándar de 19 pulgadas”. (Lisun Electronics Inc., 2003, pág. 1)

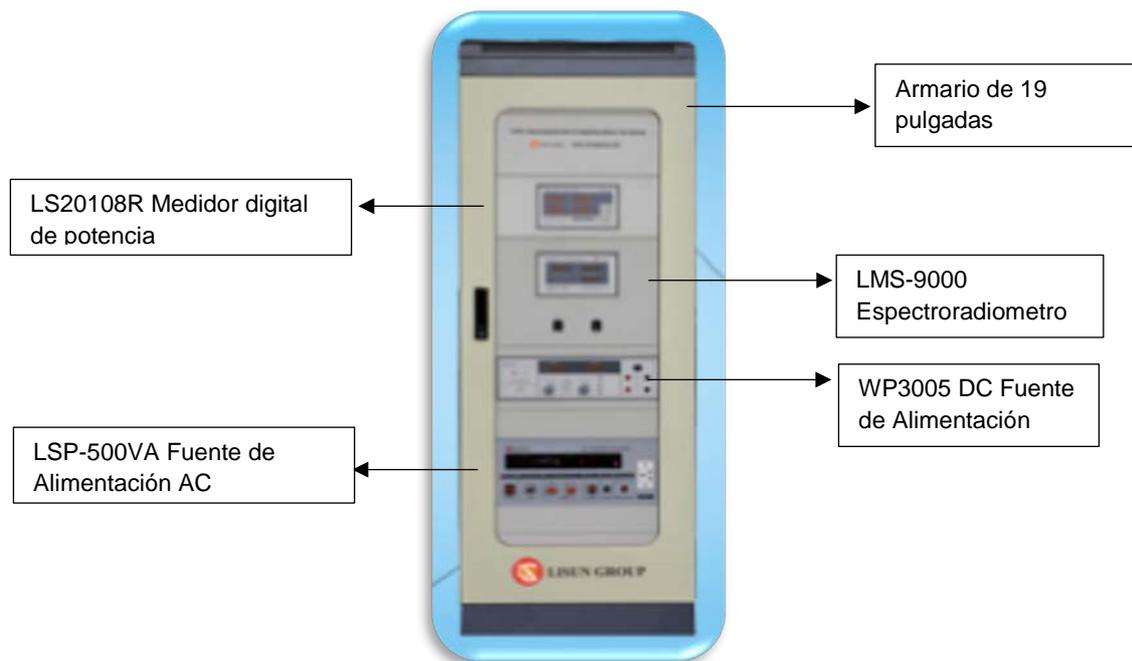


Fig 8. Armario para los elementos de medida

Fuente: (Lisun Electronics Inc., 2003)

2.3 Incertidumbre

Cuando se realiza un ensayo, el resultado de la medición no está correcto y/o completo si no tiene una incertidumbre de la medición con un nivel de confianza permitido. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 4).

“Desde el punto de vista más elemental, la medición es un proceso que tiene por objetivo determinar el valor de una magnitud particular, es decir del mensurando, siguiendo una serie de operaciones bien definidas” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 4).

Cuando se procede a realiza una medición irremediamente se cometen errores debido a muchas causas, algunas pueden ser controladas, incontrolables o desconocidas.

Todas las mediciones que se entregan por laboratorios certificados por normativas nacionales e internacionales deben constar con instrumentos calibrados y con su debida certificación del fabricante que se ha sometido a diferentes pruebas que exige la normativa vigente.

Si el laboratorio cumple con estas normas “las diferentes fuentes de incertidumbre que intervienen en el proceso de medición pueden ser cuantificadas o minimizadas, la incertidumbre asociada con el resultado de la medición puede ser calculada para la totalidad de las situaciones prácticas” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 5).



2.1.3 Definición de la Incertidumbre.

La incertidumbre de medida se puede expresar como:

Para un mensurando y su resultado de medición dados, no hay un solo valor, sino un número infinito de valores dispersos alrededor del resultado, que son consistentes con todas las observaciones datos y conocimientos que se tengan del mundo físico, y que con distintos grados de credibilidad pueden ser atribuidos al mensurando (Betancourt, Morales, & Gallego, 2010, pág. 1).

La definición más técnica es: “Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pudieran ser razonablemente atribuidos al mensurando” (Centro Español de Metrología, 2009, pág. 7).

A continuación se señalan los pasos a seguir para poder obtener de manera correcta un valor estimado de la incertidumbre de medida asociada con un resultado de la medición. (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

2.1.3.1 Especificación del mensurando.

Determinar y conocer cuál es la función de la maquina a realizar el ensayo permitiendo así definir lo qué va a ser medido, tomando en cuenta las condiciones de entrada sobre las cuales depende. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001).

“Una medición física, aunque parezca sencilla, tiene asociado un modelo que sólo aproxima el proceso real.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 39)

“Un modelo físico de la medición consiste en el conjunto de suposiciones sobre el propio mensurando y las variables químicas o físicas relevantes para la medición.” (Schmid & Lazo Martinez, 2000, pág. 5)

La relación entre las magnitudes de entrada X_i y el mensurando Y como la magnitud de salida se puede definir como una función. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 39)

$Y = f(\{X_i\}) = (x_1, x_2, \dots, x_n)$	(Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 39)	(1)
---	---	-----

Existen dos tipos de medición:

La medición directa: está conformada por dos magnitudes, el mensurando y la magnitud a medir y también la magnitud que se va a observar.



El método indirecto se determina a través de su relación con otras magnitudes, las cuales se puede obtener con medición o pueden ser tomadas de la estadística es decir de estadísticas previas, certificados de calibración entregados por el fabricante, referencias certificadas, manuales, etc.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ (Sáez Ruiz \& Font Avila, 2001)} \quad (2)$$

2.1.3.2 Identificación de las fuentes de incertidumbre

Para realizar la identificación de las posibles fuentes de incertidumbre se puede realizar. “Esta lista incluye las fuentes que contribuyen a la incertidumbre en los parámetros de la relación especificada en el primer paso, pero puede incluir otras fuentes y las fuentes originadas de cualquier suposición que sea tomada.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 37)

2.1.3.3 Evaluación de la incertidumbre estándar:

El procedimiento que aquí será considerado para la evaluación de la incertidumbre expandida, va a depender de los datos que se tengan sobre el proceso de medición.

Para comenzar se tiene que analizar la lista antes realizada de las fuentes de incertidumbre para conocer cuáles fuentes de incertidumbre son tomadas. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

La incertidumbre tipo A, está fundamentado en un análisis estadístico de una serie de n mediciones. “Esta distribución basándose en mediciones repetidas obtenidas del mismo proceso de medición mientras que el método de evaluación tipo B comprende todas las demás maneras de estimar la incertidumbre.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 43)

2.1.3.4 Evaluación tipo A de la incertidumbre estándar

Si la medida de una magnitud puede ser repetida reiteradamente, es posible obtener una distribución de probabilidad experimental de los valores medidos. (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011, pág. 13):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (3)$$

La varianza muestral dada por:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (4)$$



Por lo tanto:

$$s^2(\bar{x}) = \frac{s^2}{n} \quad (\text{Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011}) \quad (5)$$

Por tanto, la incertidumbre típica de tipo A será dada por la desviación típica experimental de la media: (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

$$u_A(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011}) \quad (6)$$

2.1.3.5 Evaluación tipo B de la incertidumbre estándar.

Es la incertidumbre que no está basado en la media si no está basado la experiencia o en otras informaciones. Está determinada por diferentes contribuciones, consideradas mediante métodos no estadísticos, que pueden ser estimados como varianzas correspondientes, evaluados mediante juicios y criterios científicos. (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

Las fuentes de información pueden ser:

- Estadística de mediciones anteriores;
- Certificados de calibración;
- Manuales de las maquinarias de medición

Si es que en un proceso de medición no se tiene una magnitud cuantificable, se observa:

- Certificados de calibración de los instrumentos de referencia.
- Los equipos de medición: su resolución, histéresis e inestabilidad durante la realización de las mediciones;
- Las condiciones ambientales en el laboratorio.
- Procedimiento a realizar para la medición
- Los equipos auxiliares, fuentes de alimentación, etc.
- El observador.



La evaluación tipo B no tiene como método el análisis estadístico, sino que puede asumir una función de distribución a partir de la cual se realiza la evaluación.

Tipos de distribución:

Distribución normal: “Los resultados de una medición repetida afectada por una o más magnitudes de influencia que varían aleatoriamente, generalmente siguen en buena aproximación.” (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011, pág. 17)

Distribución Rectangular: Se utiliza cuando se dan límites (superior e inferior) para x_i , es igual a 1 y la probabilidad de que x_i caiga fuera de ese intervalo es esencialmente 0 (cero).

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}} \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (7)$$

Distribución Triangular: Esta distribución se utiliza cuando la información es más completa que para una rectangular y cuando sus valores tienden a ser más probables en el centro (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{6}} \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (8)$$

Distribución Tipo U: Cuando los valores que más probabilidad tengan son posiblemente los que se encuentran en el extremo de la distribución.

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{2}} \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (9)$$

Durante la realización del ensayo se pueden presentar dos casos:

1. Se realiza los cálculos con información de los certificados de calibración del instrumento:

- Se pueden aplicar las correcciones del certificado de calibración del instrumento, el modelo matemático es: $Z = z + c$ donde, Z es el resultado de la medición y c es el valor de la corrección, tomado del certificado de calibración que entrega el proveedor.

La incertidumbre estándar de la corrección se calcula como: (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)



$$u_B(c) = \frac{U_{cal}}{k} \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (10)$$

2. “No se utiliza la información que aparece reportada en el certificado de calibración y sólo se establece que el instrumento se encuentra calibrado.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 37)

2.1.3.6 Incertidumbre Combinada

Esta incertidumbre estándar combinada de la estimación y se denota por $u_c(y)$ y contiene toda la información sobre la incertidumbre del mensurando (Y). (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

“La incertidumbre estándar combinada del resultado de la medición se determina mediante la raíz cuadrada positiva de la varianza del valor estimado de Y , denominada en este caso ley de propagación de incertidumbre.” (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011, pág. 53)

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i c_j u(x_i x_j) \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (11)$$

Donde:

- $y(x_1, x_2, \dots)$ es una función de magnitudes de entrada x_1, x_2, \dots
- c_i y c_j son los coeficientes de sensibilidad evaluados como $c_i = \frac{\partial y}{\partial x_i}$ y $c_j = \frac{\partial y}{\partial x_j}$
- $u(x_i)$ como se denota la incertidumbre en x_i .
- $u(x_i, x_j)$ es la covarianza entre x_i y x_j .

Los coeficientes de sensibilidad c_i y c_j describen qué tan susceptible es el mensurando en referencia a las desviaciones en la magnitud de entrada proporcionado. (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

La covarianza está relacionada con el coeficiente r_{ij} , entonces: (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

$$u(x_i, x_j) = u(x_i)u(x_j)r_{ij} \text{ (Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011)} \quad (12)$$

donde $-1 \leq r_{ij} \leq 1$.

La covarianza estimada asociada:

$$s(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j) \quad (\text{Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011}) \quad (13)$$

Por la falta de argumentos correlacionados; se puede decir, que todas las magnitudes de entrada son independientes, por lo tanto: (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) \quad (\text{Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011}) \quad (14)$$

$$u_c(y) = \sum_{i=1}^N c_i u(x_i) \quad (\text{Aguilar Garcia \& Delgado Cabello, 2011}) \quad (15)$$

2.1.3.7 Incertidumbre relativa.

Si se tiene el modelo matemático: $y = c(x_1^{p_1} x_2^{p_2} \dots x_N^{p_N})$ donde c es una constante, “los exponentes p_i son números conocidos positivos o negativos con incertidumbres despreciables, y además se cumple que y , x_i y que las magnitudes de entrada no están correlacionadas, la varianza combinada puede ser expresada como:” (Aguilar Garcia & Delgado Cabello, 2011, pág. 54)

$$\left[\frac{u_c(y)}{y} \right]^2 = \sum_{i=1}^N p_i^2 \left[\frac{u(x_i)}{x_i} \right]^2 \quad (\text{Sáez Ruiz \& Font Avila, 2001}) \quad (16)$$

- $\frac{u(x_i)}{x_i}$ es la incertidumbre estándar relativa de la estimación x_i ;
- $\frac{u_c(y)}{y}$ es la incertidumbre estándar combinada relativa del resultado de medición.

2.1.3.8 Incertidumbre Expandida

La etapa final consiste en el producto entre la incertidumbre combinada y el factor de cobertura (k) seleccionado para conseguir una incertidumbre expandida.



La incertidumbre expandida es necesaria para proveer un rango en el que se define una gran parte de la distribución de valores que pueden ser culpados al mensurando. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

La incertidumbre expandida $U(y)$ se obtiene a través de: (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

$$U(y) = k \cdot u_c(y) \quad (\text{Sáez Ruiz \& Font Avila, 2001}) \quad (17)$$

“La $U(y)$ indica entonces un intervalo que representa una fracción p de los valores que puede probablemente tomar el mensurando. El valor de p es llamado nivel de confianza y puede ser elegido a conveniencia.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 56)

En su mayoría es recomendado que k sea igual a 2. Sin embargo, esta condición no siempre suele ser suficiente. Cuando se realiza el ensayo con pocas n -muestras ($n < 10$) se dice que tiene pocos grados de libertad. Por lo tanto, el valor de k depende del número de grados de libertad efectivos. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

Normalmente, los valores obtenidos del mensurando siguen una distribución normal. No obstante, el resultado del ensayo tomado por n mediciones repetidas, dividida para su desviación estándar anteriormente explicada, sigue una distribución llamada t de Student. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

“La cual refleja las limitaciones de la información disponible debidas al número finito de mediciones. Esta distribución coincide con la distribución normal en el límite cuando n tiende a infinito, pero difiere considerablemente cuando n es pequeño.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 56)

La distribución t de Student es caracterizada por un parámetro llamado número de grado de libertad (ν).

2.1.3.9 Número de grados de libertad (ν)

Entre mayor sea ν la estimación de la incertidumbre será más confiable.

“El número efectivo de grados de libertad ν_{ef} del mensurando considera el número de grados de libertad ν_i de cada fuente de incertidumbre.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 57)



Los grados de libertad ν_i para contribuciones que se han logrado obtener a través de evaluaciones de la incertidumbre tipo A, dependen del número de datos estimados y empieza a disminuir según el número de parámetros que se han estimados según los mismos datos. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

Tomando en cuenta lo primero, es fundamental amplificar el rango correspondiente al nivel de confianza p (95 %), por lo que: (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

$$U(y) = k \cdot u_c(y) = t_p(\nu) \cdot u_c(y) \quad (\text{Sáez Ruiz \& Font Avila, 2001}) \quad (18)$$

La siguiente tabla brinda una lista de valores para t .

Tabla 1. Tabla de v para t de 95% de confianza
Fuente: (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

grados de libertad en v	t_{95}
1	12,71
2	4,3
3	3,18
4	2,78
5	2,57
6	2,45
7	2,36
8	2,31
9	2,26

2.1.3.10 Número efectivo de grados de libertad ν_{ef} .

Cuando la información es limitada se hace obligatorio el uso de la distribución t de Student para poder establecer la incertidumbre expandida de forma correcta. El número efectivo de grados de libertad ν_{ef} es considerado para este tipo de situaciones (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001).

“La ecuación de Welch - Satterthwaite es utilizada para calcular el valor de ν_{ef} basada en los grados de libertad ν_i de las incertidumbres estándar individuales $u_i(y)$, la contribución de cada fuente $i(u_i(y))$ y la incertidumbre combinada $u_c(y)$.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 58)



$$v_{ef} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_t^4(y)}{v_t}} \quad (\text{Sáez Ruiz \& Font Avila, 2001}) \quad (19)$$

Cuando se consigue el valor de los grados de libertad efectivos (v_{ef}), se procede a utilizar la tabla 2 para determinar el valor de k_p (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001).

“Normalmente v_{ef} no es un número entero, por lo que para la selección de k_p se toma de la tabla el valor inmediato inferior de v_{ef} (el entero menor más próximo) que se corresponde con el valor de v_{ef} calculado.” (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001, pág. 59)

Tabla 2. Factores de cobertura para diferentes grados de libertad.

Fuente: (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

Factores de cobertura k_p ($p=95,45\%$), para diferentes grados de libertad efectivos (v_{ef})												
v_{ef}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
k_{95}	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,23	2,2	2,17
v_{ef}	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	∞
k_{95}	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,06	2,06	2,05	2,04	2,03	2,02	2

Resumiendo, la U se calcula como: (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001)

$$U(y) = k \cdot u_c(y) = t_p(v_{ef}) \cdot u_c(y) = k_p \cdot u_c(y) \quad (\text{Sáez Ruiz \& Font Avila, 2001}) \quad (20)$$

Donde:

$t_p(v_{ef})$ Es el factor derivado de la distribución t de Student a un nivel de confianza p (= 95 %) y

v_{ef} grados de libertad obtenidos de la tabla anterior.

**CAPÍTULO III****3. DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE INCERTIDUMBRE****3.1 Introducción**

Para poder determinar las fuentes de incertidumbre se debería establecer una lista comprensiva de todas las fuentes que podrían ser relevantes para la incertidumbre. “En esta parte del proceso, no es indispensable la evaluación de las componentes individuales con el fin de dejar establecidas claramente las distintas fuentes que deben ser consideradas en el análisis de la incertidumbre”. (Sáez Ruiz & Font Avila, 2001). El propósito de una medición es determinar el valor de una magnitud, llamada mensurando, el cual se puede definir como “El atributo sujeto a medición de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente”. La definición del mensurando es importante para lograr buenos resultados de la medición. (Schmid & Lazo Martinez, 2000)

Por lo tanto es importante realizar un glosario para conocer el significado del vocabulario y terminología que se utiliza en la presente.

Tabla 3. Glosario de Términos

Fuente: (JCGM, 2008)

Signo	Resumen
a	Semi-amplitud de una distribución rectangular de posibles valores de una magnitud de entrada X_i : $a = (a_+ - a_-)/2$
c_i	Derivada parcial o coeficiente de sensibilidad: $c_i \equiv \partial f / \partial x_i$
f	Relación funcional entre un mensurando Y y las magnitudes de entrada X_i de las que depende Y , y entre la estimación de salida y (estimación del mensurando) y las estimaciones de entrada x_i de las que depende y
$\partial f / \partial x_i$	Derivada parcial respecto a una magnitud de entrada X_i , de la relación funcional f existente entre el mensurando Y y las magnitudes de entrada X_i de las que depende éste, evaluada para las estimaciones x_i de X_i : $\partial f / \partial x_i = \partial f / \partial X_i \Big _{x_1, x_2, \dots, x_N}$
k	Factor de cobertura utilizado para calcular la incertidumbre expandida $U = k u_c(y)$ de una estimación de salida y (estimación del mensurando), a partir de su incertidumbre típica combinada $u_c(y)$, donde U define un intervalo $Y = y \pm U$ con un alto nivel de confianza
n	Número de observaciones repetidas
N	Número de magnitudes de entrada X_i de las que depende un mensurando Y
p	Probabilidad; nivel de confianza: $0 \leq p \leq 1$
q	Magnitud que varía aleatoriamente, descrita mediante una distribución de probabilidad



\bar{q}	Media aritmética de n observaciones repetidas e independientes q_k de una magnitud q que varía aleatoriamente
	Estimación de la esperanza matemática o de la media μ_q de la distribución de probabilidad de q
q_k	k -ésima observación repetida e independiente de una magnitud q que varía aleatoriamente
s_p^2	Estimación de la varianza a partir de un conjunto de datos
s_p	Desviación típica experimental estimada a partir de un conjunto de datos, igual a la raíz cuadrada positiva de s_p^2
$s^2(\bar{q})$	Varianza experimental de la media \bar{q}
	Estimación de la varianza σ^2/n de \bar{q} : $s^2(\bar{q}) = s^2(q_k)/n$
	Varianza estimada obtenida mediante evaluación Tipo A
$s(\bar{q})$	Desviación típica experimental de la media \bar{q} , igual a la raíz cuadrada positiva de $s^2(\bar{q})$
	Estimador sesgado de $\sigma(\bar{q})$ (véase nota de C.2.21)
	Incertidumbre típica obtenida mediante evaluación Tipo A
$s^2(q_k)$	Varianza experimental determinada a partir de n observaciones repetidas e independientes q_k de q
	Estimación de la varianza σ^2 de la distribución de probabilidad de q
$s(q_k)$	Desviación típica experimental, igual a la raíz cuadrada positiva de $s^2(q_k)$
	Estimador sesgado de la desviación típica σ de la distribución de probabilidad de q
$s^2(\bar{X}_i)$	Varianza experimental de la media de entrada \bar{X}_i , determinada a partir de n observaciones repetidas e independientes X_{ik} de X_i
	Varianza estimada obtenida mediante evaluación Tipo A
$s(\bar{X}_i)$	Desviación típica experimental de la media de entrada \bar{X}_i , igual a la raíz cuadrada positiva de $s^2(\bar{X}_i)$
$t_p(\nu)$	Factor t de la distribución t de Student, para ν grados de libertad, correspondiente a una probabilidad dada p
$t_p(\nu_{\text{eff}})$	Factor t de la distribución t de Student, para ν_{eff} grados efectivos de libertad, correspondiente a una probabilidad dada p , utilizado para calcular una incertidumbre expandida U_p
$u^2(x_i)$	Varianza estimada asociada a la estimación x_i de la magnitud de entrada X_i NOTA Cuando x_i se determina a partir de la media aritmética de n observaciones repetidas e independientes, $u^2(x_i) = s^2(\bar{X}_i)$ es una estimación de la varianza obtenida mediante evaluación Tipo A



$u(x_i)$	<p>Incertidumbre típica de la estimación x_i de la magnitud de entrada X_i, igual a la raíz cuadrada positiva de $u^2(x_i)$</p> <p>NOTA Cuando x_i se determina a partir de la media de n observaciones repetidas e independientes, $u(x_i) = s(\bar{X}_i)$ es una incertidumbre típica obtenida mediante evaluación Tipo A</p>
$u_c^2(y)$	Varianza combinada asociada a una estimación de salida y
$u_c(y)$	Incertidumbre típica combinada de una estimación de salida y , igual a la raíz cuadrada positiva de $u_c^2(y)$
U	<p>Incertidumbre expandida de la estimación de salida y que define un intervalo $Y = y \pm U$ con un alto nivel de confianza, igual al producto del factor de cobertura k por la incertidumbre típica combinada $u_c(y)$ de y:</p> <p>$U = k u_c(y)$</p>
x_i	<p>Estimación de la magnitud de entrada X_i</p> <p>NOTA Cuando x_i se determina a partir de la media aritmética de n observaciones repetidas e independientes, $x_i = \bar{X}_i$</p>
X_i	<p>i-ésima magnitud de entrada de la que depende el mensurando Y</p> <p>NOTA X_i puede ser la magnitud física o la variable aleatoria (véase nota 1 de 4.1.1)</p>
\bar{X}_i	Estimación del valor de la magnitud de entrada X_i , igual a la media aritmética de n observaciones repetidas e independientes $X_{i,k}$ de X_i
y	<p>Estimación del mensurando Y</p> <p>Resultado de una medición</p> <p>Estimación de salida</p>
y_i	Estimación del mensurando Y_i cuando se determinan dos o más mensurandos en la misma medición
Y	Un mensurando
ν	Grados de libertad (en general)
ν_i	Grados de libertad o grados de libertad efectivos de la incertidumbre típica $u(x_i)$ de una estimación de entrada x_i
ν_{eff}	Grados efectivos de libertad de $u_c(y)$, utilizados para obtener $t_p(\nu_{\text{eff}})$ y calcular la incertidumbre expandida U_p
σ^2	Varianza de una distribución de probabilidad, por ejemplo de una magnitud q que varía aleatoriamente, estimada mediante $s^2(q_k)$
σ	<p>Desviación típica de una distribución de probabilidad, igual a la raíz cuadrada positiva de σ^2</p> <p>$s(q_k)$ es un estimador sesgado de σ</p>



3.2 Determinación del mensurando

En el caso de una esfera integradora que se encarga de proporcionar la integración espacial de la iluminancia producida por una fuente; Esto se realiza de manera instantánea y continua sobre toda el área de la superficie interna de la esfera, lo que constituye un método rápido y sencillo para determinar el flujo luminoso de una lámpara. (Oidor, Cardoso, & Suárez, 2000)

Las condiciones ambientales no deben perturbar a la calidad deseada de las mediciones. Esto significa que el equipo debe trabajar según los rangos específicos del fabricante en cuanto a humedad relativa y temperatura ambiente dentro del laboratorio donde se encuentran los equipos de medida. (GARCIA DIAZ, s.f.)

Por lo tanto en el caso particular de la esfera integradora perteneciente al Laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca se puede definir al mensurando como el FLUJO LUMINOSO TOTAL, tomando en cuenta una temperatura ambiente dentro del laboratorio entre los 21 °C y los 25 °C y una humedad relativa no mayor al 60%. (Chala Estrada & Horn Mutschler, 2017)

Todas las luminarias se deberán evaluar, teniendo en cuenta las condiciones especificadas en las normas IEC (International Electrotechnical Commission) y NTC (Norma Técnica Colombiana). (ICONTEC, 2002)

Según la NTC5109, para obtener un resultado correcto y real del flujo luminoso medido en la esfera integradora, se tiene que considerar las siguientes condiciones de operación:

- **Envejecimiento:**

Los parámetros de operación de las bombillas cambian durante su tiempo de vida en grados variables. Los cambios son especialmente pronunciados durante la primera parte de su tiempo de vida. Por tanto, para lograr suficiente repetibilidad en las mediciones, es necesario someter las bombillas a envejecimiento. La duración del envejecimiento para los diferentes tipos de bombillas se especifica en las recomendaciones IEC pertinentes. (ICONTEC, 2002)

- **Posición de Quemado:**

Es conveniente que la posición de operación de una fuente de luz cumpla con la recomendación IEC y las NTC adecuadas, o con la especificación establecida por el fabricante y apropiada para la aplicación. La posición de quemado se debe establecer en el reporte de medición. (ICONTEC, 2002)



- **Temperatura Ambiente:**

Es conveniente operar las bombillas de descarga durante la medición en un cuarto sin corrientes de aire, de forma que el flujo de convección del aire circundante no se vea afectado. La medición fotométrica se realiza usualmente a una temperatura ambiente de 25 °C. Para fuentes de luz con un flujo luminoso que depende considerablemente de la temperatura, la tolerancia de la temperatura debería ser ± 1 °C, y para otras fuentes de luz debería ser ± 3 °C. Si las mediciones se hacen a diferentes temperaturas ambiente, esta temperatura se debería establecer. Es conveniente medir la temperatura con un termómetro con una resolución de al menos 0,1 °C. La medición se debería hacer en un punto representativo localizado a aproximadamente la misma altura que la fuente de luz. (ICONTEC, 2002)

- **Vibración y Choque:**

Cuando se enciende la bombilla, ésta no se debe someter a aceleraciones que excedan los 10 m/s² (4-3 000 Hz) o cambios posicionales que excedan los 30 mm (hasta 4 Hz). Estas restricciones serán adecuadas para la mayoría de bombillas. (ICONTEC, 2002)

- **Período de Estabilización:**

El propósito del período de estabilización es asegurar que todos los parámetros importantes hayan alcanzado una condición estacionaria en el momento en que las mediciones comiencen. Durante el período de estabilización se deberían aplicar las mismas condiciones de operación que durante la medición. Es conveniente prestar atención especial para evitar cambios en la posición de quemado y en los parámetros de operación especificados (por ejemplo: tensión, potencia o corriente nominal). El período de estabilización requerido depende del tipo de fuente de luz y las condiciones de operación. Esto se debería verificar inicialmente mediante monitoreo de las lecturas. Se puede considerar que una fuente de luz se ha estabilizado si dejan de mostrar tendencia en una dirección particular. (ICONTEC, 2002).

Es muy importante respetar el tiempo de estabilización que se indica en el manual, en el caso de no contar con el manual es preferible esperar por lo menos 10 minutos desde el encendido en el caso de las lámparas; pero en el caso de la esfera integradora es recomendable esperar 30 minutos desde el encendido, caso contrario los resultados de la medición no serán los correctos. (Rodríguez Barrios , 2004)



- **Mediciones Eléctricas:**

Las diferencias en los resultados de las mediciones fotométricas con frecuencia se deben a errores en la medición o ajuste de los parámetros eléctricos. Para bombillas incandescentes que operan en c.a o c.c, la incertidumbre del equipo de medición eléctrica no debería exceder el 0,1 %. En el caso de bombillas de descarga operadas con c.a, la cifra correspondiente es 0,2 %. Debería establecerse cuál de los parámetros por medir (tensión, corriente, potencia) se debe mantener constante y qué otras condiciones se deben cumplir.” (ICONTEC, 2002)

- **Balastos:**

Las mediciones en las bombillas de descarga se deben hacer con balastos de referencia, a menos que la bombilla sea controlada por corriente o potencia en lugar de tensión. Si se usan otros balastos (por ejemplo, mediciones en luminarias), el balasto usado se debería indicar en el reporte de medición. (ICONTEC, 2002)

- **Tensión de Alimentación:**

De preferencia, las mediciones en bombillas incandescentes se deberían llevar a cabo con una fuente de c.c, debido a la mayor exactitud de las mediciones eléctricas. Generalmente las bombillas de descarga se tienen que operar con c.a. La tensión de alimentación durante envejecimiento debería ser estable dentro de 0,5 %, durante la medición dentro de 0,1 % y para calibraciones con bombillas incandescentes como patrones, dentro de 0,02 %. El contenido armónico total del suministro de c.a no debería exceder el 3%. Para la operación de bombillas de alta presión con una alta proporción de potencia reactiva, el suministro de potencia se debería escoger de manera que se pueda cumplir la potencia reactiva requerida. El contenido armónico total se define como la suma de valor eficaz de los componentes armónicos individuales usando la fundamental como el 100 %. (ICONTEC, 2002)

Una vez ya conocidas las condiciones de operación con las cuales se podrá determinar el flujo luminoso, se puede llevar a cabo el siguiente paso que es establecer las fuentes de incertidumbre.

3.3 Procedimiento para realizar el ensayo en la esfera integradora de Ulbricht

El proceso de medición de flujo empieza con la recepción de la lámpara llenando la “Ficha de Recepción”, con los datos del solicitante, información técnica de la lámpara e información de su almacenamiento en el laboratorio, luego según establece la norma en la que está



basado el método de ensayo, se necesita realizar el envejecimiento de lámparas nuevas por lo menos de 100 horas, esto implica encenderlas y mantenerlas en ese estado durante 100 horas, una vez que se cumple con este tiempo de envejecimiento se pasa al laboratorio de luminotecnia, para realizar el ensayo, a lo cual se efectúan los siguientes pasos.

- i. Se verifica las condiciones ambientales, según la norma antes mencionada, para esto se debe medir la temperatura cada minuto durante todo el tiempo de la prueba, se tiene que certificar que no se salió del rango permitido en ningún momento.
- ii. Revisión de los equipos, aunque todos los equipos deberían tener certificados de calibración debidamente vigentes y emitidos por laboratorios acreditados por la norma ISO-17025, siempre se tiene que hacer la verificación del fotómetro y de la fuente. La fuente en AC se utiliza en la lámpara de referencia, la fuente DC se utiliza en la lámpara de ensayo.
- iii. Transportar la lámpara, para realizar esto se tiene que ir al lugar de almacenamiento de la lámpara y se procede a hacer la revisión física de la misma, es decir revisar que no se encuentra con fracturas, imperfecciones o manchas y realizar una limpieza para no tener conflictos con la obtención de mediciones. Siempre cualquier manipulación que se realice a la lámpara se debe hacer con guantes de algodón para no contaminar la lámpara.
- iv. Se pasa a la instalación y alineación de la fuente de luz con un sistema de láseres que tiene integrado la esfera.
- v. Ingresar al software Spectrophotometer & Integrating Sphere System, proporcionado por el fabricante.
- vi. Para las mediciones de flujo está determinado en la norma que antes de la prueba se debe mantener encendido en condiciones normales de ensayo todo el sistema durante 30 minutos para que se estabilice, luego se debe verificar la estabilidad de las condiciones de la lámpara tomando 4 medidas consecutivas cada minuto.
- vii. Luego se toman las medidas necesarias de la lámpara de ensayo, las n -veces que han sido determinadas, ($n \geq 10$).
- viii. Se mide el flujo luminoso de la lámpara auxiliar, que debe estar instalada en la esfera integradora previamente, la cual debe tener resultados específicos dentro de un rango previamente establecidos por su fabricante o a su vez el laboratorio.
- ix. Se calcula la incertidumbre y se emite un resultado.



- x. Se elabora el Informe de ensayo, en el cual constan todos los resultados de las mediciones efectuadas.

3.4 Identificación de las fuentes de incertidumbre:

Algunas de las fuentes de incertidumbre más comunes para este tipo de procesos no han sido considerados por el observador como por ejemplo: el voltaje, la potencia, la frecuencia, la temperatura o las correcciones por los diferentes equipos de medida utilizados, ya que se pueden omitir si se mantiene un control riguroso de la causa que los originan, con los debidos mantenimientos y calibraciones que corresponda a cada elemento que conforme este sistema.

Las fuentes especificadas, se han tomado según consideraciones del observador. (Oidor, Cardoso, & Suárez, 2000) (Centro Español de Metrología, 2009)

- **Corriente inducida en el fotodetector por la lámpara. (I)**

Para poder calcular " I " se procede a tomar la lectura del fotodetector previo a iniciar las mediciones y también cuando la última lámpara ha sido apagada, todo esto con la finalidad de medir la señal en oscuro I_0 y reducir el error por derivas térmicas en el detector. (Oidor, Cardoso, & Suárez, 2000)

$I = (\bar{I}_P - I_0) \text{ (Oidor, Cardoso, \& Suárez, 2000)}$	(21)
---	--------

Donde I_P es el promedio de las fotocorrientes inducidas en el fotodetector por la lámpara de prueba. Lo mismo se aplica para $I_R = (\bar{I}_{P_R} - I_0)$. (Oidor, Cardoso, & Suárez, 2000)

- **Corrección de la intensidad de corriente (δE_{p_I})**

"La componente de incertidumbre asociada a este factor se puede obtener registrando el cambio que se produce en la irradiancia espectral de una lámpara debida a un cambio en la corriente suministrada a la lámpara." (Centro Español de Metrología, 2009). Todo esto se puede tomar en el display del fotometro. (Rodríguez Barrios, 2004)

- **Factor de auto-absorción de la esfera (α_A):**

La determinación del factor de autoabsorción de las lámparas se puede obtener a través de un proceso a partir de las mediciones realizadas con la lámpara auxiliar encendida, en presencia y ausencia de cada lámpara por medio de la siguiente relación: (Oidor, Cardoso, & Suárez, 2000)



$$\alpha_A = \frac{I_{aux}}{I_{nada}} \text{ (Oidor, Cardoso, \& Suárez, 2000)} \quad (22)$$

donde I_{aux} es el promedio de las lecturas tomadas en presencia de una lámpara (sin encender) dentro de la esfera, e I_{nada} es el promedio de la señal del detector sin la lámpara. (Oidor, Cardoso, & Suárez, 2000)

- **Corrección asociada al tiempo de encendido de la lámpara. (δE_E)**

Generalmente es complicado determinar la incertidumbre asociada a este factor ya que no se tiene los elementos para realizar el envejecimiento necesario establecido en las condiciones de operación. Por lo tanto se puede solicitar el certificado de calibración al proveedor en cual se puede identificar una magnitud de incertidumbre expandida (en porcentaje) por el tiempo encendido de la luminaria. (Centro Español de Metrología, 2009)

- **Resolución del espectroradiómetro. (δE_{mres})**

“Se considera el máximo error posible que se puede cometer debido a la resolución del espectrorradiómetro como $\pm 0,5$ veces el último dígito (Res = 0,5 dígitos).” (Centro Español de Metrología, 2009)



CAPÍTULO IV

4. EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

4.1 Introducción

El objetivo al realizar una medición es establecer el valor del mensurando, es decir, el valor de la magnitud específica que se mide con la máquina. Por lo que, se puede comenzar con la especificación apropiada del mensurando con sus respectivas condiciones y luego se puede continuar con la descripción del método y proceso de medida obteniendo como resultado el mensurando deseado. La especificación apropiada del mensurando permite establecer la ecuación o función que relaciona el mensurando con otras variables, que en este caso se llaman de entrada. (Navarro Fuster)

Entonces se puede decir que el resultado de una medición no es más que una aproximación o estimación del valor verdadero del mensurando, porque los métodos de medida como los procedimientos, presentan imperfecciones, consecuentemente a esto, el resultado de la medición no estará finalizado si este valor no va acompañado de una cifra que indique la calidad de la estimación; es decir, de un número que nos permita conocer, con una probabilidad determinada, los límites en los que se puede encontrar el verdadero valor medido del mensurando. (Navarro Fuster)

4.1.1 Modelo Físico o Función de la señal de salida del sistema

Para determinar la incertidumbre se tiene primero que determinar el modelo físico referente a la esfera integradora; por lo que se debe considerar que para una lámpara incandescente de referencia con flujo ϕ_R asociada a una corriente I_R , y una lámpara de prueba incandescente con flujo ϕ y corriente I se tiene que: (Velasquez & Espin, 2015)

$$\frac{\phi_R}{I_R} = \frac{\phi}{I} \quad (\text{Velasquez \& Espin, 2015}) \quad (23)$$

Como ya se conoce la esfera de Ulbricht se identifica por ser una superficie Lambertiana con alto nivel de reflectividad como se ha mencionado en el capítulo anterior. No obstante, una fracción de la luz que se refleja es absorbida por las impurezas que se pueden encontrar en el interior de la esfera, pueden ser partículas de polvo, desgaste de la pintura, el brazo sostén y por la lámpara en sí misma, esto disminuye la respuesta de la esfera, este fenómeno también es conocido como auto-absorción. Este parámetro puede ser calculado valiéndose



de una lámpara patrón o de referencia. Entonces la ecuación queda: (Velasquez & Espin, 2015)

$$\frac{\phi_R}{I_R} \alpha_{AR} = \frac{\phi}{I} \alpha_A \quad (\text{Velasquez \& Espin, 2015}) \quad (24)$$

Donde

α_A = Factor de auto-absorción,

α_{AR} = Factor de auto-absorción de referencia.

Se despeja el flujo luminoso de la lámpara de ensayo y se se tiene que: (Velasquez & Espin, 2015)

$$\phi = \phi_R \frac{I}{I_R} \frac{\alpha_{AR}}{\alpha_A} \quad (\text{Velasquez \& Espin, 2015}) \quad (25)$$

Finalmente, hay que añadir las correcciones ambientales y experimentales consideradas para la medición de flujo. Si el sistema es ideal, la corrección debe tener un valor igual a uno. (Velasquez & Espin, 2015)

$$\phi = \phi_R \cdot \frac{I}{I_R} \cdot \frac{\alpha_{AR}}{\alpha_A} \cdot \frac{corS_R}{corS} \quad (\text{Velasquez \& Espin, 2015}) \quad (26)$$

Remplazando el valor de $corS$, nos queda: (Velasquez & Espin, 2015)

$$F = \phi = \phi_R \cdot \frac{I}{I_R} \cdot \frac{\alpha_{AR}}{\alpha_A} \cdot \left(\frac{\delta Emres_R \delta Epi_R \delta Ee_R}{\delta Emres \delta Epi \delta Ee} \right) \quad (\text{Velasquez \& Espin, 2015}) \quad (27)$$

$$= \phi_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta Emres_R \cdot \delta Emres^{-1} \cdot \delta Epi_R \cdot \delta Epi^{-1} \cdot \delta Ee_R \cdot \delta Ee^{-1} \quad (28)$$

Donde:

- $\delta Emres$ = resolución del espectrorradiómetro en la medida de irradiancia.
- δEpi = corrección de la intensidad de corriente.
- δEe = corrección asociada al tiempo de encendido de la lámpara o quemado.

4.1.2 Evaluación de la incertidumbre de medida de las estimaciones de entrada

Tomando en cuenta la teoría y el modelo físico ya mencionado se puede expresar matemáticamente las relaciones entre la variable que deseamos medir “Y” y su valor “y” con las cantidades de entrada “ x_i ” de modo que se pueda expresar funcionalmente de la forma y utilizando la ecuación (1),

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N)$$

Por lo tanto se puede reemplazar la ecuación (1):

$$\emptyset = f(I, \delta E p_I, \delta E_E, \alpha_{AR}, \delta E_{mres}) \quad (29)$$

Aplicando la ley de propagación de incertidumbres, considerando que todas las magnitudes de entrada son independientes, la incertidumbre típica asociada será:

$$\begin{aligned} u_c^2(\emptyset) = & c_{\emptyset_R}^2 u^2(\emptyset_R) + c_I^2 u^2(I) + c_{I_R}^2 u^2(I_R) + c_{\alpha_{AR}}^2 u^2(\alpha_{AR}) + c_{\alpha_A}^2 u^2(\alpha_A) \\ & + c_{\delta E_{mres_R}}^2 u^2(\delta E_{mres_R}) + c_{\delta E_{mres}}^2 u^2(\delta E_{mres}) + c_{\delta E p_{i_R}}^2 u^2(\delta E p_{i_R}) \\ & + c_{\delta E p_i}^2 u^2(\delta E p_i) + c_{\delta E_{e_R}}^2 u^2(\delta E_{e_R}) + c_{\delta E_e}^2 u^2(\delta E_e) \end{aligned} \quad (30)$$

donde de nuevo los coeficientes c_i son los coeficientes de sensibilidad asociados a la estimación de entrada x_i , es decir, la derivada parcial:

$$c_{\emptyset_R} = \frac{\partial F}{\partial \emptyset_R} = I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta E_{mres_R} \cdot \delta E_{mres}^{-1} \cdot \delta E p_{i_R} \cdot \delta E p_i^{-1} \cdot \delta E_{e_R} \cdot \delta E_e^{-1} \quad (31)$$

$$c_I = \frac{\partial F}{\partial I} = \emptyset_R \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta E_{mres_R} \cdot \delta E_{mres}^{-1} \cdot \delta E p_{i_R} \cdot \delta E p_i^{-1} \cdot \delta E_{e_R} \cdot \delta E_e^{-1} \quad (32)$$

$$c_{I_R} = \frac{\partial F}{\partial I_R} = -\emptyset_R \cdot I \cdot I_R^{-2} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta E_{mres_R} \cdot \delta E_{mres}^{-1} \cdot \delta E p_{i_R} \cdot \delta E p_i^{-1} \cdot \delta E_{e_R} \cdot \delta E_e^{-1} \quad (33)$$

$$c_{\alpha_{AR}} = \frac{\partial F}{\partial \alpha_{AR}} = \emptyset_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta E_{mres_R} \cdot \delta E_{mres}^{-1} \cdot \delta E p_{i_R} \cdot \delta E p_i^{-1} \cdot \delta E_{e_R} \cdot \delta E_e^{-1} \quad (34)$$

$$c_{\alpha_A} = \frac{\partial F}{\partial \alpha_A} = -\emptyset_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-2} \cdot \delta E_{mres_R} \cdot \delta E_{mres}^{-1} \cdot \delta E p_{i_R} \cdot \delta E p_i^{-1} \cdot \delta E_{e_R} \cdot \delta E_e^{-1} \quad (35)$$

$$c_{\delta E_{mres_R}} = \frac{\partial F}{\partial \delta E_{mres_R}} = \emptyset_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta E_{mres}^{-1} \cdot \delta E p_{i_R} \cdot \delta E p_i^{-1} \cdot \delta E_{e_R} \cdot \delta E_e^{-1} \quad (36)$$



$$c_{\delta Emres} = \frac{\partial F}{\partial \delta Emres} = -\phi_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta Emres_R \cdot \delta Emres^{-2} \cdot \delta Epi_R \cdot \delta Epi^{-1} \cdot \delta Ee_R \cdot \delta Ee^{-1} \quad (37)$$

$$c_{\delta Epi_R} = \frac{\partial F}{\partial \delta Epi_R} = \phi_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta Emres_R \cdot \delta Emres^{-1} \cdot \delta Epi^{-1} \cdot \delta Ee_R \cdot \delta Ee^{-1} \quad (38)$$

$$c_{\delta Epi} = \frac{\partial F}{\partial \delta Epi} = -\phi_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta Emres_R \cdot \delta Emres^{-1} \cdot \delta Epi_R \cdot \delta Epi^{-2} \cdot \delta Ee_R \cdot \delta Ee^{-1} \quad (39)$$

$$c_{\delta Ee} = \frac{\partial F}{\partial \delta Ee} = -\phi_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta Emres_R \cdot \delta Emres^{-1} \cdot \delta Epi_R \cdot \delta Epi^{-1} \cdot \delta Ee_R^{-1} \quad (40)$$

$$c_{\delta Ee_R} = \frac{\partial F}{\partial \delta Ee_R} = -\phi_R \cdot I \cdot I_R^{-1} \cdot \alpha_{AR} \cdot \alpha_A^{-1} \cdot \delta Emres_R \cdot \delta Emres^{-1} \cdot \delta Epi_R \cdot \delta Epi^{-1} \cdot \delta Ee_R^{-2} \quad (41)$$

4.1.2.1 Asignación de las componentes de incertidumbre:

Todas las cantidades de referencia se pueden obtener de los manuales o cualquier otra información que proporcionó el fabricante, los cuales se encuentran adjuntados en los Anexos. Se explica en el primer componente, pero se debe realizar el mismo procedimiento para todos los elementos de referencia que están considerados en la incertidumbre de esta función.

- **Incertidumbre debido al flujo de la lámpara de referencia (ϕ_R)**

La incertidumbre de calibración del flujo de la lámpara de referencia, se puede encontrar en su correspondiente certificado de calibración entregado por el proveedor de la máquina. En el certificado se muestra el valor de la incertidumbres expandidas el cual se determinó con un valor de factor de cobertura (normalmente se ocupa $k=2$). Por lo que da la incertidumbre típica:

$$u(\phi_R) = \frac{U_{cert}}{k_{cert}} \quad (\text{Centro Español de Metrología, 2009}) \quad (42)$$

- **Incertidumbre debido a la falta de repetibilidad en la corriente (I)**

Se deberán tomar por lo menos diez medidas ($n \geq 10$) con igual condiciones de medida. “En particular se calculará la media aritmética de los valores de “I”, la desviación estándar experimental $s(I)$ y la desviación estándar experimental de la media, que coincide con la incertidumbre típica.” (Centro Español de Metrología, 2009, pág. 25)



$$u(I) = \frac{s(I)}{\sqrt{n}} \quad (\text{Centro Español de Metrología, 2009}) \quad (43)$$

- **Incertidumbre debido al factor de Auto-absorción (α_A)**

Se deberán tomar por lo menos diez medidas ($n \geq 10$) en condiciones iguales para no afectar el resultado y realizar el mismo procedimiento anterior.

$$u(\alpha_A) = \frac{s(\alpha_A)}{\sqrt{n}} \quad (\text{Centro Español de Metrología, 2009}) \quad (44)$$

- **Incertidumbre debida a la resolución del espectrorradiómetro en la medida de irradiancia. (δE_{mres})**

Se puede obtener por los datos de fábrica en los anexos. Se puede utilizar la distribución rectangular para encontrar la incertidumbre típica lo tanto tenemos que:

$$u(\delta E_{mres}) = \frac{a_{res}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Centro Español de Metrología, 2009}) \quad (45)$$

- **Corrección de la intensidad de corriente (δE_{pi})**

“Este hecho ha sido ampliamente estudiado en multitud de laboratorios habiendo establecido que para una longitud de onda de 650 nm un cambio en 1mA en la intensidad de corriente, se corresponde con una variación de $\pm 0,02\%$ en la irradiancia espectral.” (Centro Español de Metrología, 2009, pág. 31)

“Para calcular la incertidumbre a otras longitudes de onda, se puede usar la siguiente expresión:” (Centro Español de Metrología, 2009, pág. 31)

$$\frac{\Delta E_{\lambda}}{\Delta i} = \left(\frac{650}{\lambda} \cdot 0.02 \right) \% \text{ por mA, e introduciendo } \lambda \text{ en nanómetros.} \quad (\text{Centro Español de Metrología, 2009}) \quad (46)$$

Donde λ es longitud de onda medida.



“Para minimizar esta contribución a la incertidumbre final, se recomienda usar fuentes de alimentación con control en intensidad de corriente” (Centro Español de Metrología, 2009, pág. 32).

- **Incertidumbre asociada al tiempo de encendido (δE_E):**

Ya una vez se consiga el certificado de calibración e incertidumbre expandida se procede a dividir para k (en la mayoría de casos es igual a 2). En este caso la incertidumbre típica será. (Centro Español de Metrología, 2009)

$$u(\delta E_E) = \frac{u_{cert}}{k_{cert}} \quad (\text{Centro Español de Metrología, 2009}) \quad (47)$$

4.1.2.1 Cálculo de la Incertidumbre expandida (con factor de cobertura $k=2$)

La incertidumbre expandida de medida U se calcula multiplicando la incertidumbre combinada $u(F)$ de la estimación de salida, por un factor de cobertura k. Ecuación (10). (Centro Español de Metrología, 2009)

$$U = k \cdot u_c(\emptyset) \quad (\text{Centro Español de Metrología, 2009}) \quad (48)$$

Si se asume una distribución normal para el mensurando y la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida tiene la suficiente fiabilidad, se utiliza un factor de cobertura $k=2$; teniéndose así una probabilidad de cobertura de aproximadamente un 95%. (Centro Español de Metrología, 2009)

El criterio de fiabilidad no se cumple si alguna de las contribuciones a la incertidumbre se obtiene de una evaluación tipo A basada en menos de 10 ($n < 10$) observaciones repetidas.

En este caso se debe calcular el n^0 efectivo de grados de libertad utilizando la fórmula de Welch-Satterthwaite. Ecuación (19). (Centro Español de Metrología, 2009)

$$v_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}}$$

con $v = n - 1$ para las incertidumbres obtenidas mediante una evaluación tipo A. Es más problemático determinar los grados de libertad de una incertidumbre obtenida de una



evaluación tipo B. En la práctica se puede considerar que $v_i \rightarrow \infty$. (Centro Español de Metrología, 2009)

El factor de cobertura se obtiene entonces de la tabla 1 y tabla 2, que se basan en una distribución de t de Student evaluada para una probabilidad de cobertura del 95,45%. Si v_{ef} no es n° entero, deberá truncarse al siguiente n° entero más pequeño. (Centro Español de Metrología, 2009)

Tabla 4. Contribuciones a la incertidumbre combinada

Fuente: Propia

Magnitud de entrada X_i	Mejor estimación de la magnitud de entrada, x_i	Incertidumbre típica	Distribución de probabilidad	Coficiente de sensibilidad	Contribución a la incertidumbre típica
I	Media de los valores de	$u(I) = \frac{s(I)}{\sqrt{n}}$	normal	C_I	$c_I \times (U_I/k)$
δE_{pi}	0	$u(I) \left(\frac{650}{\lambda} \times 0.0002 \right)$ u(I) en mA y λ en nm	normal	$C_{\delta E_{pi}}$	$c_{\delta E_{pi}} \times U_I \left(\frac{650}{\lambda} \cdot 0.02 \right)$
α_A	Media de los valores de	$u(\alpha_A) = \frac{s(\alpha_A)}{\sqrt{n}}$	normal	C_{α_A}	$c_{\alpha} \times (U_{\alpha}/k)$
δE_E	Valor Certificado	$u(\delta E_E) = \frac{u_{cert}}{k_{cert}}$	normal	$C_{\delta E_E}$	$c_{\delta E_E} \times (U_{\delta E_E}/k)$
δE_{mres}	0	$u(\delta E_{mres}) = \frac{a_{res}}{\sqrt{3}}$	rectangular	$C_{\delta E_{mres}}$	$c_{\delta E_{mres}} \times \frac{a_{res}}{\sqrt{3}}$
F	-	-	-	-	$u = \sqrt{\sum u_i^2(y)}$
Incertidumbre expandida (U)					U = k u

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- En el presente trabajo de investigación se han definido los procedimientos para determinar la incertidumbre de medida cumpliendo con la normativa legal, primero “Definiendo el mensurando con las condiciones que se aplican para este caso en específico”, luego se procede a “Determinar las fuentes de incertidumbre que se van a considerar”, y a “Convertir las componentes definidas, en incertidumbre estándar”, para poder “Determinar la incertidumbre combinada”, y por ultimo con un factor de cobertura igual a dos, “Determinar la incertidumbre expandida”.
- Se han identificado las fuentes y correcciones de incertidumbre más influyentes en la obtención del flujo luminoso total de la esfera integradora del Laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca , según el observador, las cuales son:
 - Corriente inducida en el fotodetector por la lámpara. (I);
 - Corrección de la intensidad de corriente (δE_{p_I}),
 - Factor de auto-absorción de la esfera (α_A),
 - Corrección asociada al tiempo de encendido de la lámpara. (δE_E);
 - Resolución del espectroradiómetro. (δE_{mres}).
- Algunas de las fuentes de incertidumbre no han sido considerados como por ejemplo: el voltaje, la potencia, la frecuencia, la temperatura o las correcciones por los diferentes equipos de medida utilizados, ya que se pueden omitir si se mantiene un control riguroso de la causa que los originan.
- Se analiza un modelo físico que parametriza el resultado de la medición ejecutada en la esfera integradora la cual es definir flujo luminoso total.

$$F = \Phi = \Phi_R \cdot \frac{I}{I_R} \cdot \frac{\alpha_{AR}}{\alpha_A} \cdot \left(\frac{\delta E_{mres_R}}{\delta E_{mres}} \frac{\delta E_{p_I_R}}{\delta E_{p_I}} \frac{\delta E_{e_R}}{\delta E_e} \right)$$

- Se establece el modelo matemático el cual es fundamental para posteriormente determinar la incertidumbre expandida (U_{exp}).

$$\Phi = f(I, \delta E_{p_I}, \delta E_E, \alpha_{AR}, \delta E_{mres})$$



- Utilizando la tabla 2. se pudo establecer el valor del factor de cobertura el cual es $k=2$, y mediante la aplicación de la ecuación (16), se define la incertidumbre expandida.

$$U_{exp}(\emptyset) = k \cdot u_c(\emptyset)$$

- Repetir todo este procedimiento, contemplando la posible influencia de nuevas fuentes de incertidumbre cuando se realice un nuevo cálculo de la incertidumbre de medida, para complementar el estudio realizado.
- Se debe verificar que la esfera integradora este en óptimas condiciones y respetar el tiempo de estabilización que se indica en el manual, en el caso de no contar con el manual es preferible esperar por lo menos 10 minutos desde el encendido en el caso de las lámparas; pero en el caso de la esfera integradora es recomendable esperar 30 minutos desde el encendido como se indica en la norma, caso contrario los resultados de la medición no serán los correctos.
- Tanto las lámparas de referencia como las lámparas a ser evaluadas no deben por ningún motivo manipularse ni encendidas ni apagadas, es decir, ni en frío ni en caliente, con las manos descubiertas ya que se podría producir pérdida en la medida del flujo debido a la absorción de luz que produzca la mancha o imperfección. También es necesario revisar que todas las partes de la lámpara se encuentren limpias en el caso que no sea así, se debería corregir las imperfecciones con productos que no sean perjudiciales para la luminaria.
- Se debe verificara la temperatura ambiente y la humedad relativa del entorno, constatando que estén en los rangos permitidos, antes y durante la medición, con la finalidad que no afecte el resultado de la medición.
- Conviene llevar un registro completo de las horas de encendido de la lámpara de referencia, así se podrá conocer el tiempo total, que servirá para posteriores calibraciones y mantenimientos del laboratorio y de la misma lámpara de referencia.
- El presente documento está basado en su mayoría en la “Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (JCGM 100:2008)” y “Guía para estimar la incertidumbre de la medición _ CENAM”.
- Calibrar todos los equipos de medición existentes en laboratorios certificados por lo menos una vez cada año.



- La incertidumbre de medida de la esfera integradora de Ulbricht tratada en la presente es un requisito para la acreditación del Laboratorio de Luminotecnia de La Universidad Católica De Cuenca, según la NORMA INTERNACIONAL ISO/IEC 17025.



5.2 Recomendaciones

- Para determinar la Incertidumbre de Medida de la Esfera Integradora de Ulbricht del Laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca se recomienda seguir los procedimientos aquí presentados.
- Para complementar Evaluación de la Incertidumbre de Medida de la Esfera Integradora de Ulbricht, se recomienda realizar un estudio considerando diferentes fuentes de incertidumbre como el voltaje, la potencia, la frecuencia, la temperatura o las correcciones por los diferentes equipos de medida.
- Se recomienda respetar el tiempo de estabilización indicado por el fabricante, en el caso de no contar con el manual, es preferible esperar por lo menos 10 minutos desde el encendido en el caso de las lámparas; pero en el caso de la esfera integradora es recomendable esperar 30 minutos desde el encendido, para no afectar el resultado final de la medida.
- Implementar un proceso o sistema de gestión para la manipulación y almacenamiento de las lámparas.
- Revisar antes de toda prueba el estado de cada lámpara; si es necesario y posible, tomar las medidas adecuadas para corregir las imperfecciones con productos que no influyan en las mediciones y así poder obtener resultados reales y confiables.
- Adecuar el laboratorio, según las especificaciones que nos brinda la norma ISO/IEC 17025, adquiriendo un sistema de aire acondicionado para poder controlar la temperatura ambiente del laboratorio.
- Dar el mantenimiento adecuado a la esfera, tomando en cuenta el desgaste y envejecimiento de la pintura, que es fundamental para realizar la medición del flujo luminoso.
- Implementar un sistema de registro de encendido y apagado de la lámpara de referencia, para posteriores calibraciones de la misma.
- Almacenar toda la información que se procese en el laboratorio para contar con datos estadísticos que pueden servir para posteriores cálculos de la incertidumbre en el caso que sean necesarios.



- Iniciar con el proceso de acreditación del Laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca; en el cual se puede utilizar el procedimiento contemplado en la presente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rodríguez Barrios , F. (2004). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DE UN RADIÓMETRO DE ESFERA INTEGRADORA (400 – 1700 nm)* . Madrid: Universidad Politécnica de Madrid .
- Aguilar Garcia, J., & Delgado Cabello, J. (2011). Notas sobre medidas e incertidumbres. Laboratorio de Física II. *OCW- Universidad de Málaga*, 3-4.
- Betancourt, C., Morales, D., & Gallego, H. (2010). CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICION AL EQUIPO DE MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME (M.C.U) DEL GRUPO DE INVESTIGACION DICOPEDE. *DICOPEDE*, 158-162.
- Centro Español de Metrología. (2009). *PROCEDIMIENTO OP- 003 PARA LA CALIBRACIÓN DE ESPECTRORRADIÓMETROS*. Madrid: Gobierno de España.
- Chala Estrada , R., & Horn Mutschler, M. (2017). MONTAJE DE UN ESPECTROFOTÓMETRO CON ESFERA INTEGRADORA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LEDS. *XXIV Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXIV- SPES)*, 1-2.
- GARCIA DIAZ, G. P. (s.f.). *Ministerio Publico Fiscalia de la Nacion* . Obtenido de http://www.mpf.n.gob.pe/escuela/contenido/actividades/docs/3255_norma_iso_17025._minpub.pdf
- Gupta, S. V. (2012). *Measurement uncertainties: physical parameters and calibration of instruments*. . India: Springer Science & Business Media.
- ICONTEC, I. (2002). *MEDICIÓN DEL FLUJO LUMINOSO*. Bogotá: ICONTEC.
- JCGM. (2008). *Evaluación de datos de medición — Guía para la expresión de la incertidumbre de medida*. España: JCGM.
- Lisun Electronics Inc. (2003). *Lisun Group Inc*. Obtenido de <http://www.lisungroup.com>
- Navarro Fuster, V. (s.f.). *Análisis de la Incertidumbre en la Medida del Goniocromatismo*. Alicante: Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la señal.
- NORMA INTERNACIONAL ISO/IEC 17025 . (2005). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. Suiza: ISO 2005.
- Oidor, I., Cardoso, R., & Suárez, G. (2000). *IMPLEMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE*. Querétaro: SOMI.
- Rodríguez Fenández, J. (2014). Equipos Eléctricos y Electrónicos. En J. R. Fernández, *Equipos Eléctricos y Electrónicos* (págs. 87-88). Madrid: Paraninfo.
- Sáez Ruiz, S. J., & Font Avila, L. (2001). *Incertidumbre de la Medición: Teoría y Práctica*. Maracay, Estado Aragua: L&S CONSULTORES C.A.
- Schmid, W. A., & Lazo Martinez, R. J. (2000). *Guía para estimar la incertidumbre de las mediciones*. Santiago de Querétaro: CENAM.
- Velasquez, C., & Espin, F. (2015). Cálculo de la incertidumbre combinada en un goniómetro de espejo rotante tipo C y una esfera de Ulbricht. *I + T + C2*, 29-35.



ANEXO 1: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA LAMPARA PATRON (SLS-100W)

上海市质量监督检验技术研究院
Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

校准证书

CALIBRATION CERTIFICATE

证书编号: J15126800616 号
Certificate No.

客户名称 Customer	
客户地址 Address of customer	Rua Cacerebu, 62 - Socorro S?o Paulo SP CEP 04763-030
计量器具名称 Name of Samples	Standard Light Source
型号 / 规格 Type/Specification	SLS-100W
出厂编号 Series No.	YWYYR030051
制造单位 Manufacturer	Lisun Electronics Inc.

批准人 孙晓虹
Approved by

核验员 阮强锋
Checked By

校准员 倪华
Calibrated By

校准日期 2015 年 12 月 10 日
Date of calibration Year Month Day

地址 (Address): 上海市江月路900号	邮编 (Post Code): 201114
电话 (Telephone): 021-54336359; 54336353	传真 (Fax): 021-54336359
电子邮件 (Email): jls@sqi.org.cn	网址 (Web site): www.sqi.org.cn

第 1 页 共 3 页



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J15126800616

Certificate No.



本次计量所依据的技术文件(代号、名称):

Reference documents for the calibration (code, name)

JJG 247-2008 总光通量标准白炽灯检定规程(Verification Regulation of Standard Incandescent Lamp for Total Luminous Flux)

JJG 213-2003 分布颜色温度标准灯检定规程(Verification Regulation of Standard Lamp for Distribution (Color) Temperature)

SQI/JL-BD-214 总光通量标准白炽灯不确定度的评估(The Total Luminous Flux of Standard Incandescent Lamp's Uncertainty Evaluate)

计量地点及环境条件:

Location and environmental condition

计量地点: 江月路900号5号楼518室

其它: /

Location**Others**

环境温度: 24.5 °C:

相对湿度: 50 %

Ambient temperature**Relative humidity**

本次计量所使用的主要计量标准器具:

Main measurement standards used in this verification

名称/型号 Name/Type	编号 Number	测量范围/准确度 Measuring range/Accuracy	证书编号/有效期限 Certificate No./Due date
标准灯(Standard Lamp)/ICS-600 光谱辐射系统 (Spectral Radiation System)/QE65PRO	ICS-600-L125	500lm(35W) 1级	GXGD2015-0384/ 2016-2-9
数字功率表(Digital Power Meter)/LMG500	JL-A-A1-3538	190nm-1050nm /±0.005nm	GXc12015-2217/ 2016-6-2
	05651009	电压(Voltage):0-1000V /±0.05% 电流(Current):0-30A /±0.05% 功率(Power): 0.001W-30000W /±0.05% PF: 0-1 /±0.001 频率(Frequency): DC-500kHz /±0.01%	2015F14-10-000225/ 2016-1-22

以上计量标准器具的量值均可溯源到国家基准。

Quantity values of above measurement standards used in this calibration are traced to those of the national primary standards in the P.R. China.

结果/说明:

Results and additional explanation

本证书提供的结果仅对本次被检(校)样品有效, 未经本院许可, 不得部分采用本证书的内容。

The data are valid only for the Sample(s).Partly using this certificate will not be admitted unless allowed.



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J15126800616

Certificate No.



结果/说明 (续页):

Results and additional explanation (continued page)

标准灯校准值(Standard Lamp Calibrate Data)

工作电流(Working Current)	总光通量(Total Luminous Flux)	不确定度(Uncertainty)(k=2)
3.7000A	1473lm	35lm
	色温(Color Temperature)	不确定度(Uncertainty)(k=2)
	2992K	15K

以下空白(The below is blank)



ANEXO 2: CERTIFICADO DE CALIBRACION: ESPECTRORADIOMETRO (LMS-9000A)

上海市质量监督检验技术研究院
Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

校准证书
CALIBRATION CERTIFICATE
中国认可 国际互认 校准
ILAC-MRA GNAS L0128

证书编号: J17126900468 号
Certificate No.

客户名称 Customer	Electrical Inspector Meter Testing and Standards Laboratory, Department of Electrical Inspectorate
客户地址 Address of customer	Engineering College P.O, Thiruvananthapuram-695016, Kerala, India
计量器具名称 Name of Samples	Industry Level CCD Spectroradiometer (光谱仪)
型号 / 规格 Type/Specification	LMS-9000A
出厂编号 Series No.	BSBSE090177
制造单位 Manufacturer	Lisun Electronics Inc.



批准人 孙晓虹
Approved by

核验员 朱嘉宁
Checked By

校准员 倪华
Calibrated By

校准日期 2017 年 5 月 26 日
 Date of calibration Year Month Day

地址(Address): 上海市江月路900号	邮编(Post Code): 201114
电话(Telephone): 021-54336359;54336353	传真(Fax): 021-54336359
电子邮件(Email): jls@sqi.org.cn	网址(Web site): www.sqi.org.cn

SQI-JL/BG-03/1
第1页 共4页
Page of total Pages



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J17126900468
Certificate No.

本次计量所依据的技术文件(代号、名称):

Reference documents for the calibration (code, name)

- JJG 245-2005 光照度计检定规程(Verification Regulation of Illuminance Meter)
- SQI/JL-BD-61 照度计不确定度的评估(Luxmeter uncertainty evaluation)
- JJG(浙)85-2006 光谱辐射分析仪检定规程(Radiation spectrum analyzer calibration procedures)
- SQI/JL-BD-212 光纤光谱仪的不确定度的评估(The fiber optic spectrometer Uncertainty Evaluation)

计量地点及环境条件:

Location and environmental condition

计量地点: 江月路900号5号楼518室(Room518, 5th floor, No.900 Jianguyue Rd.) 其它: /

Location

环境温度: 25 °C;

Ambient temperature

Others

相对湿度: 60 %

Relative humidity

本次计量所使用的主要计量标准器具:

Main measurement standards used in this verification

名称/型号 Name/Type	编号 Number	测量范围/准确度 Measuring range/Accuracy	证书编号/有效期限 Certificate No./Due date
谱线光源spectral linewidth laser/HG-1	MACS140601	250nm-930nm /±0.005nm	GXcl2014-2048/ 2017-6-22
标准灯Standard lamp/SCL-1400	JL-A-A1-3541	1500lm(70W) / 1级	GXgd2017-0452/ 2018-2-21
光谱仪 Spectroradiometer/USB2000+XR	USB2K+H14148	190nm-1500nm /±0.1nm	J16126901162/ 2017-6-18
通用标准光源/1m	---	1001m~60001m /±2%	GXgd2016-0464/ 2018-3-4

以上计量标准器具的量值均可溯源到国家基准。

Quantity values of above measurement standards used in this calibration are traced to those of the national primary standards in the P.R. China.

结果/说明:

Results and additional explanation

所测数据符合仪器技术要求(The test data conform to the requirements of the instrument)

数据见后页

本证书提供的结果仅对本次被检(校)样品有效, 未经本院许可, 不得部分采用本证书的内容。

The data are valid only for the Sample(s).Partly using this certificate will not be admitted unless allowed.

证书续页专用
Continued page of certificate

第 2 页 共 4 页
Page of total Pages



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J17126900468

Certificate No.



结果/说明 (续页):

Results and additional explanation (continued page)

本测试系统有以下设备组成

The system consist of devices as below:

1. 光谱仪/Spectroradiometer
2. 积分球/Sphere

1. 外观: 正常

1.Surface: Normal

2. 总光通量测量

2.Total light flux measurement

灯号 (lamp signal)	标称值 (lm)	标准值 (lm) /Standard Value (lm)	示值 (lm) /Indicating Value (lm)	误差 (%) /Error (%)	不确定度 (k=2) /Uncertainty (k=2)
3S003lm	500	555.0	554.3	-0.1	$U_{rel}=2.4\%$
1B001lm	1400	1320	1315	-0.4	$U_{rel}=2.4\%$
3B0101lm	6000	6040	6047	0.1	$U_{rel}=2.4\%$

3. 色温和色坐标

3.CCT&Chromaticity Coordinates

灯号 (lamp signal)	测试项目/Item	标准值 (lm) /Standard Value (lm)	示值 (lm) /Indicating Value (lm)	不确定度 (k=2) /Uncertainty (k=2)
1S003lm	色温 (K) /CCT (K)	2731	2735	$U=22K$
	色坐标 x/Chromaticity Coordinate x	0.4581	0.4560	$U(x)=0.0040$
	色坐标 y/Chromaticity Coordinate y	0.4113	0.4082	$U(y)=0.0040$
1B001lm	色温 (K) /CCT (K)	2856	2856	$U=22K$
	色坐标 x/Chromaticity Coordinate x	0.4475	0.4468	$U(x)=0.0040$
	色坐标 y/Chromaticity Coordinate y	0.4073	0.4059	$U(y)=0.0040$

证书续页专用
Continued page of certificate第 3 页 共 4 页
Page of total Pages



ANEXO 3: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA FUENTE DE PODER (LS2010)

上海市质量监督检验技术研究院
Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

中国认可
国际互认
校准
校准证书
CALIBRATION CERTIFICATE
CNAS L0128

证书编号: J17126900469 号
Certificate No.

客户名称	Customer	Electrical Inspector Meter Testing and Standards Laboratory, Department of Electrical Inspectorate
客户地址	Address of customer	Engineering College P.O, Thiruvananthapuram-695016, Kerala, India
计量器具名称	Name of Samples	Digital Power Meter (数字功率计)
型号 / 规格	Type/Specification	LS2010
出厂编号	Series No.	DYGMQ100021
制造单位	Manufacturer	Lisun Electronics Inc.

批准人 孙晓虹
Approved by

核验员 朱嘉宁
Checked By

校准员 倪华
Calibrated By

校准日期 2017 年 5 月 26 日
Date of calibration Year Month Day

地址 (Address):	上海市江月路900号	邮编 (Post Code):	201114
电话 (Telephone):	021-54336359; 54336353	传真 (Fax):	021-54336359
电子邮件 (Email):	jls@sqi.org.cn	网址 (Web site):	www.sqi.org.cn

SQI-JL/BG-03/1
第 1 页 共 4 页
Page of total Pages



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J17126900469

Certificate No.

本次计量所依据的技术文件(代号、名称):

Reference documents for the calibration (code, name)

- JJG 780 - 1992 交流数字功率表检定规程(AC Digital Power Meter Test Procedures)
- JJF(沪)1-2003 数字多用表校准规范(Digital Multimeter Calibration Specification)
- SQI/JL-BD-40 交流数字功率表不确定度评定(AC Digital Power Meter Uncertainty Evaluation)

计量地点及环境条件:

Location and environmental condition

计量地点: 江月路900号5号楼518室

Location

其它: /

Others

环境温度: 22 °C:

Ambient temperature

相对湿度: 60 %

Relative humidity

本次计量所使用的主要计量标准器具:

Main measurement standards used in this verification

名称/型号 Name/Type	编号 Number	测量范围/准确度 Measuring range/Accuracy	证书编号/有效期限 Certificate No./Due date
多功能校准仪 (Multifunction calibrator)/5520A	1118009	电压(Voltage):1V-1000V /±0.03% 电流(Current):0.1mA-20A /±0.05% 功率(Power):0.001W- /±(0.08%- 20000W 0.20%) 频率(Frequency):DC- 100kHz /±0.01%	2016F11-10-001998 2017-9-19

以上计量标准器具的量值均可溯源到国家基准。

Quantity values of above measurement standards used in this calibration are traced to those of the national primary standards in the P.R. China.

结果/说明:

Results and additional explanation

所测数据符合仪器技术要求(The measured data are consistent with the technical requirements of the instrument)

数据见后页(The Test Data Refer Next Page)

本证书提供的结果仅对本次被检(校)样品有效, 未经本院许可, 不得部分采用本证书的内容。

The data are valid only for the Sample(s).Partly using this certificate will not be admitted unless allowed.

证书续页专用
Continued page of certificate

第 2 页 共 4 页
Page of total Pages



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J17126900469

Certificate No.

结果/说明 (续页):

Results and additional explanation (continued page)

输入部分测试 (Input part test)

电压 (Voltage)

实际值 (Reference) (V)	(50Hz) 示值 (Indication) (V)	(60Hz) 示值 (Indication) (V)
24.0	24.0	/
50.0	50.0	/
100.0	99.9	100.0
150.0	149.9	/
200.0	199.9	/
220.0	220.0	219.9
290.0	289.9	/

电流 (Current)

实际值 (Reference) (A)	(50Hz) 示值 (Indication) (A)	(60Hz) 示值 (Indication) (A)
0.020	0.020	/
0.050	0.050	/
0.100	0.100	0.100
0.200	0.200	/
0.500	0.500	/
1.000	1.000	1.000
2.000	2.001	/
5.00	5.00	/

频率 (Frequency)

实际值 (Reference) (Hz)	示值 (Indication) (Hz)
50.00	50.01
60.00	60.01

PF(100V/1A@50Hz)

实际值 (Reference)	(50Hz) 示值 (Indication)	(60Hz) 示值 (Indication)
1.0000	1.000	1.000
0.8000C	0.801	/
0.5000C	0.501	/
0.5000L	0.498	0.498
0.3000C	0.302	0.301
0.1000C	0.102	/
0.1000L	0.098	/

证书续页专用
Continued page of certificate

第 3 页 共 4 页
Page of total Pages



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J17126900469

Certificate No.

结果/说明 (续页):

Results and additional explanation (continued page)

输入部分测试(Input part test)

电压(Voltage)

实际值(Reference) (V)	(50Hz) 示值(Indication) (V)	(60Hz) 示值(Indication) (V)
24.0	24.0	/
50.0	50.0	/
100.0	99.9	100.0
150.0	149.9	/
200.0	199.9	/
220.0	220.0	219.9
290.0	289.9	/

电流(Current)

实际值(Reference) (A)	(50Hz) 示值(Indication) (A)	(60Hz) 示值(Indication) (A)
0.020	0.020	/
0.050	0.050	/
0.100	0.100	0.100
0.200	0.200	/
0.500	0.500	/
1.000	1.000	1.000
2.000	2.001	/
5.00	5.00	/

频率(Frequency)

实际值(Reference) (Hz)	示值(Indication) (Hz)
50.00	50.01
60.00	60.01

PF(100V/1A@50Hz)

实际值(Reference)	(50Hz) 示值(Indication)	(60Hz) 示值(Indication)
1.0000	1.000	1.000
0.8000C	0.801	/
0.5000C	0.501	/
0.5000L	0.498	0.498
0.3000C	0.302	0.301
0.1000C	0.102	/
0.1000L	0.098	/



ANEXO 4: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA FUENTE DE PODER DC (DC3005)

上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

中国认可
国际互认
校准
CALIBRATION
CNAS L0128

校准证书

CALIBRATION CERTIFICATE

证书编号: J17126900467 号
Certificate No.

客户名称 Customer	Electrical Inspector-Meter Testing and Standards Laboratory, Department of Electrical Inspectorate
客户地址 Address of customer	Engineering College P.O. Thiruvananthapuram-695016, Kerala, India
计量器具名称 Name of Samples	Digital CC and CV DC Power Suppl (直流电源)
型号 / 规格 Type/Specification	DC3005
出厂编号 Series No.	BSXCP020020
制造单位 Manufacturer	Lisun Electronics Inc.

批准人 孙晓虹
Approved by

核验员 朱嘉宁
Checked By

校准员 倪华
Calibrated By

校准日期 2017 年 5 月 26 日
 Date of calibration Year Month Day

地址(Address): 上海市江月路900号	邮编(Post Code): 201114
电话(Telephone): 021-54336359;54336353	传真(Fax): 021-54336359
电子邮件(Email): jls@sqi.org.cn	网址(Web site): www.sqi.org.cn

SQI-JL/BG-03/1
第 1 页 共 3 页
Page of total Pages



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J17126900467

Certificate No.



本次计量所依据的技术文件(代号、名称):

Reference documents for the calibration (code, name)

JJG(航天)6-1999 直流稳压电源检定规程
SQI/JL-BD-127 直流稳压电源校准不确定度评定

计量地点及环境条件:

Location and environmental condition

计量地点: 江月路900号5号楼518室

Location

环境温度: 22 ℃:

Ambient temperature

其它: /

Others

相对湿度: 60 %

Relative humidity

本次计量所使用的主要计量标准器具:

Main measurement standards used in this verification

名称/型号 Name/Type	编号 Number	测量范围/准确度 Measuring range/Accuracy	证书编号/有效期限 Certificate No./Due date
数字多用表/8508A	JL-A-A1-4227	DCU:0-1000V /±0.0006% DCI:0-20A /±0.005%	2016F11-20-004136/ 2017-9-26

以上计量标准器具的量值均可溯源到国家基准。

Quantity values of above measurement standards used in this calibration are traced to those of the national primary standards in the P.R. China.

结果/说明:

Results and additional explanation

所测数据符合仪器技术要求(The measured data are consistent with the technical requirements of the instrument)

数据见后页(The Test Data Refer Next Page)

本证书提供的结果仅对本次被检(校)样品有效, 未经本院许可, 不得部分采用本证书的内容。

The data are valid only for the Sample(s).Partly using this certificate will not be admitted unless allowed.

证书续页专用
Continued page of certificate第 2 页 共 3 页
Page of total Pages



上海市质量监督检验技术研究院

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research

证书编号: J17126900467

Certificate No.



本次计量所依据的技术文件(代号、名称):

Reference documents for the calibration (code, name)

JJG(航天)6-1999 直流稳压电源检定规程
SQI/JL-BD-127 直流稳压电源校准不确定度评定

计量地点及环境条件:

Location and environmental condition

计量地点: 江月路900号5号楼518室

Location

环境温度: 22 ℃:

Ambient temperature

其它: /

Others

相对湿度: 60 %

Relative humidity

本次计量所使用的主要计量标准器具:

Main measurement standards used in this verification

名称/型号 Name/Type	编号 Number	测量范围/准确度 Measuring range/Accuracy	证书编号/有效期限 Certificate No./Due date
数字多用表/8508A	JL-A-A1-4227	DCU:0-1000V /±0.0006% DCI:0-20A /±0.005%	2016F11-20-004136/ 2017-9-26

以上计量标准器具的量值均可溯源到国家基准。

Quantity values of above measurement standards used in this calibration are traced to those of the national primary standards in the P.R. China.

结果/说明:

Results and additional explanation

所测数据符合仪器技术要求(The measured data are consistent with the technical requirements of the instrument)

数据见后页(The Test Data Refer Next Page)

本证书提供的结果仅对本次被检(校)样品有效, 未经本院许可, 不得部分采用本证书的内容。

The data are valid only for the Sample(s).Partly using this certificate will not be admitted unless allowed.

证书续页专用
Continued page of certificate第 2 页 共 3 页
Page of total Pages