

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



Sistema de Gestión
Integrado
MIPG



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



Sistema de Gestión
Integrado
MIPG



Instructivo

Captura de Firmas Espectrales en Campo

Código: IN-IIA-PC02-01

Versión: 1

Vigente desde: 09/08/2024

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para la medición precisa y consistente de la radiación electromagnética en diferentes entornos, con el fin de procesar y analizar la distribución espectral de la energía radiante de los elementos naturales y artificiales, para su aplicación en sinergia con técnicas de observación de la tierra.

2. ALCANCE

Este instructivo se encuentra asociado al "Procedimiento de Captura y Procesamiento de Firmas Espectrales". Va dirigido a funcionarios y contratistas del subproceso de Investigación e Innovación aplicada – Laboratorio Nacional de Espectroradiometría. Inicia con la planificación de la captura de los datos, toma de las firmas espectrales en campo y finaliza con la descarga y entrega de la información para el procesamiento, análisis y almacenamiento.

3. DEFINICIONES

- **Calibración:** Proceso de establecer la relación entre las indicaciones de un instrumento de medida y los valores conocidos de un patrón de medida. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Condición de +2)**
- **Condición de repetibilidad:** Conjunto de condiciones que incluyen el mismo procedimiento de medida, el mismo sistema de medida y el mismo operador. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Error sistemático de medida:** Componente del error de medida que permanece constante o varía de manera predecible en mediciones repetidas. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Error aleatorio de medida:** Componente del error de medida que varía de manera impredecible en mediciones repetidas. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Exactitud de medida:** Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero del mensurando. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Incertidumbre de medida:** Parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Intervalo de medida:** Conjunto de valores que un instrumento puede medir con una incertidumbre especificada. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Magnitud:** Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede expresarse cuantitativamente como un número y una referencia. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Medición:** Proceso de obtener experimentalmente uno o más valores que pueden atribuirse a una magnitud. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Precisión de medida:** Proximidad entre las indicaciones o valores medidos obtenidos en mediciones repetidas del mismo objeto. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Procedimiento de medida:** Descripción detallada de una medición basada en uno o más principios de medida. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Sensibilidad de un sistema de medida:** Cociente entre la variación de una indicación de un sistema de medida y la variación correspondiente del valor de la magnitud medida. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)

- **Selectividad de un sistema de medida:** Propiedad de un sistema para proporcionar valores medidos independientes de otros mensurados o magnitudes. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Sistema de medida:** Conjunto de elementos utilizados en una medición. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Trazabilidad metrológica:** Propiedad de un resultado de medida para ser relacionado con referencias establecidas. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Veracidad de medida:** Proximidad entre la media de un número infinito de valores medidos repetidos y un valor de referencia. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)
- **Veracidad de medida:** Proximidad entre la media de un número infinito de valores medidos repetidos y un valor de referencia. (Vocabulario Internacional de Metrología [VIM], 2012)

4. DESARROLLO

4.1. INTRODUCCIÓN

La espectralradiometría de campo es una herramienta fundamental en la investigación ambiental, permitiendo la medición precisa de la radiación electromagnética en diferentes longitudes de onda de los elementos que se encuentran en la superficie terrestre, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Estableciendo los diferentes factores ambientales y geometría de la observación que afectan la calidad de las firmas.
- Definiendo los protocolos de calidad durante el proceso de captura de firmas espectrales y de integridad de los datos espectrales.
- Determinando el procedimiento de captura de firmas y su almacenamiento de forma sistemática.
- Definiendo los criterios estandarizados para la entrega de la información de campo.

4.2. GENERALIDADES

- El grupo de profesionales que hacen parte de un proyecto de captura de firmas espectrales en campo deben consultar el SGI (Sistema de Gestión Integrado), para conocer y utilizar los procedimientos, instructivos, y formatos vigentes para la ejecución del proyecto.
- Para ejercer las funciones o actividades en campo los profesionales portan los documentos y prendas institucionales (chaleco, gorra, carné, cartas de presentación) que los identifiquen como tal.
- El responsable del proyecto verifica el estado y modelo de los vehículos a utilizar la documentación al día, tales como licencia de conducción, SOAT, tarjeta de propiedad, planilla de aportes, entre otros.
- Los participantes de la comisión deben contar con la totalidad de elementos de protección personal acorde a lo establecido en el instructivo de salida a campo y comisión, controles de riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo - vigente.
- Todo equipo técnico que requiera utilizarse fuera de las instalaciones del IGAC, debe tener el permiso respectivo de salida y estar debidamente asegurado como se registra en el formato del laboratorio denominado Formato de préstamo de equipos y/o elementos devolutivos – Vigente.
- Los equipos del IGAC utilizados en campo deben permanecer bajo custodia de los funcionarios y/o contratistas responsables de su salida del instituto.
- Se debe tener cuidado al manejar el material fotográfico y cartográfico, evitando su deterioro o desperdicio.
- Se prohíbe ingerir alcohol y sustancias psicoactivas o alucinógenas durante el trabajo de campo y oficina.
- Los Auxiliares de campo deben conocer el área de estudio, tener buenas condiciones físicas para el trabajo de campo y estar afiliados al sistema de salud particular o público (SISBEN).

4.3. INICIO

- Respecto al inicio de las actividades de toma de muestra de Espectroradiometría es necesario contemplar que el director de la Dirección de Investigación y Prospectiva es el indicado de recibir la solicitud en el formato denominado solicitud de captura de firmas espectrales, el cual debe contener los estándares que debe cumplir la captura de firmas en campo.
- Se debe establecer si las condiciones ambientales de la zona de trabajo son óptimas para el funcionamiento adecuado de los equipos de espectroradiometría, según lo establecido en los manuales de los mismos. Dado que los equipos espectroradiométricos pueden sufrir varios daños y problemas que afectan la precisión y fiabilidad de las mediciones. Algunos posibles daños incluyen:
 - **Sobrecalentamiento:** Las temperaturas extremas pueden causar que los componentes electrónicos del equipo se sobrecalienten, lo cual puede resultar en fallos temporales o permanentes en el dispositivo.
 - **Condensación:** En ambientes con alta humedad, la condensación puede formarse dentro del equipo, lo que puede dañar los circuitos electrónicos y los sensores ópticos, reduciendo su vida útil y precisión.
 - **Contaminación por polvo y partículas:** En ambientes polvorientos o con muchas partículas en el aire, estas pueden ingresar al equipo y contaminar los sensores, lo cual afecta la calidad de las mediciones y puede dañar los componentes internos.
 - **Desajuste de equipos:** Factores ambientales variables, como cambios en la temperatura y la humedad, pueden causar que los equipos se desajusten, lo cual resulta en mediciones inexactas que comprometen la integridad de los datos.
 - **Corrosión:** La exposición a ambientes salinos o químicos agresivos puede causar corrosión en las partes metálicas del equipo, afectando su funcionamiento y durabilidad.
 - **Interferencias electromagnéticas:** Las condiciones ambientales con alta interferencia electromagnética pueden afectar el funcionamiento de los equipos electrónicos, resultando en lecturas inestables o incorrectas.
 - **Impactos físicos:** Condiciones como fuertes vientos o vibraciones pueden causar daños físicos al equipo, afectando su alineación y capacidad para realizar mediciones precisas.
- Si se identifica en la verificación pre-campo de los equipos una de estas situaciones, se tiene que informar inmediatamente al líder de la comisión responsable de los equipos, el cual reporta la novedad para no emplear este equipo en campo e incluirlo en el plan de mantenimiento y verificación de equipos programada, adicionalmente se debe rotular con la advertencia de No Uso hasta tanto no sea revisado/reparado por un laboratorio certificado.
- En el caso de establecer alguno de estos daños durante el recorrido de la campaña de medición, es necesario el remplazo del equipo por alguno de respaldo e informar inmediatamente al líder de la comisión responsable de los equipos, el cual reporta la novedad para el No Uso y se incluye en plan de mantenimiento y verificación de equipos programada.
- Con la remisión del director de Investigación y Prospectiva al laboratorio se procede con los siguientes pasos:

4.3.1. SELECCIÓN DE TIPO DE MUESTRA

Teniendo en cuenta que la espectroradiometría es una medición variable según los diferentes proyectos, los datos obtenidos serán observados en diferentes métodos como se describe a continuación:

- **Tipo de muestreo.**

Respecto a la campaña de medición establecida por el grupo de trabajo es necesario reconocer el tipo de muestreo según las recomendaciones de los profesionales a la cabeza de cada uno de los proyectos, este ítem es de suma importancia, dado que define la forma de operación en campo. A continuación, se establecen los diferentes muestreos geoestadísticos que se pueden realizar:

- Muestreo Aleatorio Simple (MAS): Se selecciona una muestra de la población de interés de manera aleatoria y cada miembro tiene la misma probabilidad de ser seleccionado. Es útil cuando la población es homogénea y los datos son fácilmente accesibles.
- Muestreo Sistemático: Se elige un elemento inicial al azar y luego se seleccionan los elementos subsiguientes a intervalos fijos. Es eficiente cuando la población está ordenada de alguna manera y se puede acceder fácilmente a ella.
- Muestreo Estratificado: La población se divide en subgrupos (estratos) homogéneos en términos de la característica de interés. Luego se toma una muestra aleatoria de cada estrato. Es útil cuando la población es heterogénea y se desea asegurar una representación adecuada de cada subgrupo.
- Muestreo por Conglomerados: La población se divide en grupos más grandes (conglomerados) y se seleccionan algunos de estos conglomerados al azar. Luego se toma una muestra de los elementos dentro de los conglomerados seleccionados. Es útil cuando la población está naturalmente agrupada en unidades más grandes.
- Muestreo por Cuotas: Se selecciona una muestra que refleje las características de interés de la población en términos de ciertas proporciones predefinidas. Es útil cuando no se dispone de una lista de la población completa y se desea asegurar una representación adecuada de ciertos grupos demográficos.
- Muestreo por Accidente o Conveniencia: Los elementos se seleccionan según su disponibilidad o conveniencia. A menudo se utiliza en situaciones donde es difícil acceder a una lista completa de la población o cuando no se dispone de recursos para realizar otros tipos de muestreo más rigurosos.

Para que la muestra sea representativa debe cumplir con la condición del muestreo estadístico de datos de espectroradiometría de campo, donde los elementos se hayan elegido aleatoriamente es decir "al azar", esto con el fin de que la probabilidad de que se seleccione o se elija a un individuo sea la misma.

4.3.2. RECURSOS Y EQUIPOS

4.3.2.1. RECURSO HUMANO

Lo recomendable para que las campañas de comisión se desarrollen de forma óptima es que asistan dos (2) profesionales del Laboratorio Nacional de Espectroradiometría. Uno de los profesionales será el líder de la comisión. En campo se debe contratar una persona la zona que sea el auxiliar, esta persona debe recibir una capacitación sobre la manipulación y el cuidado de los equipos. En total se requieren tres (3) personas para la recolección de los datos en campo.

Nota: Es importante que el Director de Investigación y Prospectiva elabore una carta dirigida a las autoridades de la zona, para presentar a los profesionales que estarán adelantando la comisión de campo. A continuación, se presenta un modelo de ejemplo de la carta:

Bogotá D.C., mes xxx día xx de 20xx

Señores: Alcalde, Inspector de Policía, Coronel
Municipio de XXXXXX
Reciba un respetuoso saludo.

Por medio del presente y en el marco de los procesos de Investigación Desarrollo e Innovación que adelanta el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, como parte estratégica del fortalecimiento institucional, se adelanta el proyecto de investigación aplicada denominado: XXXXXXXXX, en tal sentido me permito informar que el Instituto Geográfico Agustín Codazzi adelantará trabajo de campo de espectro-radiometría en el área urbana del municipio de XXXXX – departamento XXXX. Para esta labor se han comisionado a los funcionarios:
XXXXXXXXXX con C.C. 1234
XXXXXXXXXX con C.C. 112345

Pertencientes a la Dirección de Investigación y Prospectiva. Los funcionarios estarán en la zona desde el XX del mes XXX hasta el XX de mes XXX de 20XX. Por lo anterior solicito su colaboración, brindando el apoyo y medidas de coordinación necesarias por intermedio de la Secretaría Municipal y de los actores claves del área urbana referida, conducentes al cumplimiento de los trabajos de campo que realizarán el IGAC, teniendo en cuenta la importancia que el proyecto implica para el desarrollo de su municipio y del país.

Para efectos de coordinación y verificación de información, se puede comunicar con la profesional XXXXXX, al teléfono XXXXXXXX, correo electrónico ejemplo@igac.gov.co

Cordialmente,

4.3.2.2. EQUIPOS A UTILIZAR

Para la medición en campo se utilizan espectroradiómetros, que es un espectrómetro que produce señales eléctricas que corresponden a la energía de flujo radiante que cae sobre sus detectores durante una serie de intervalos de longitudes de ondas.

A continuación, se hace una breve descripción de los diferentes modelos de los espectroradiómetros existentes en el laboratorio.

Tabla 1. Equipos en el laboratorio

Espectroradiómetro	Características principales
 REDTIDE USB650	Rango de detección: 200-1100 nm Resolución óptica: 2.0 nm FWHM Tiempo de integración según el fabricante: 10 microsegundos a >60 segundos Sistemas operativos compatibles: Windows 98/Me/2000/XP, Mac OS X, and Linux o versiones más recientes de estos sistemas operativos
 FLAME W-S	Rango de detección: 190-1100nm Resolución óptica: 0.1-10.0 nm FWHM Tiempo de integración según el fabricante: 1 ms – 65 segundos Sistemas operativos compatibles: Windows XP hasta la más moderna, Mac OS X, and Linux

Tabla 1. Equipos en el laboratorio

Espectroradiómetro	Características principales
 <p>ASD Fieldscope 4</p>	<p>Las características de este equipo se encuentran detalladas en el Instructivo de uso del Espectroradiómetro ASD</p>

Fuente: Dirección de Investigación y Prospectiva –IGAC.

Al utilizar un espectrómetro portátil las medidas de referencia se toman con un cable de fibra óptica, este cable produce un campo de visión de 25° (grados) y la energía luminosa reflejada dentro de esta vista contribuirá a la medición espectral. Es importante tener en cuenta el alinear cuidadosamente el cable de fibra óptica con el objetivo de reflectancia.

Previo a la captura de las firmas espectrales se debe realizar la verificación y calibración de los equipos como se describe más adelante de este instructivo.

4.3.2.3. ALISTAMIENTO DE EQUIPOS.

Este proceso garantiza que los instrumentos estén en óptimas condiciones para asegurar la fiabilidad y precisión de los datos obtenidos. El primer paso es determinar el número de equipos a emplear, para ello se recomienda que cada uno de los equipos de medición se alisten dos (2) espectroradiómetros. El formato estándar denominado préstamo de equipos y/o elementos devolutivos sirve como herramienta para el alistamiento de equipos, el cual debe ser diligenciado para registrar las fechas de salida e ingreso del Laboratorio Nacional de Espectroradiometría, así como las condiciones físicas y de funcionamiento del equipo. Este registro requiere un seguimiento adecuado y una evaluación precisa de los equipos antes y después de su uso en el campo.

4.3.2.4. VERIFICAR FIRMA ESPECTRAL CON BLANCO DE REFERENCIA.

Respecto a lo establecido es necesario tener en cuenta el instructivo de Verificación de equipos de Espectroradiometría, con la finalidad de garantizar la calidad de los datos recopilados y la eficacia de la campaña de medición. El resultado de este proceso es el formato de Verificación de Espectroradiómetros antes de la campaña de campo y después de esta.

4.3.2.5. VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DE LOS ESPECTRORADIÓMETROS

Para la verificación de calibración de los equipos se debe tener en cuenta:

- Verifique que el equipo a utilizar cuente con un certificado de calibración y/o verificación vigente.
- La calibración y mantenimiento de los equipos no debe superar la fecha establecida por la entidad contratada.
- El equipo debe estar etiquetado con su respectiva fecha de caducidad de la calibración.

4.3.2.6. VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA

Teniendo en cuenta que las condiciones de iluminación natural (radiación solar) deben ser óptimas para la captura de las firmas, se debe realizar la verificación de las condiciones climáticas de la zona de interés, para ello se deben revisar los datos históricos de temporadas de lluvias, y consultar las condiciones actuales de nubosidad y pluviosidad de la zona donde se tomarán las muestras, para escoger una época adecuada para el desarrollo de la comisión.

4.3.3. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE:

Corrobore la instalación del software en el equipo de cómputo a utilizar, cumpliendo los lineamientos del instructivo de operación del equipo, adicionalmente, el uso y manejo de cada una de las interfaces que se consignan en los documentos.

4.3.4. ALISTAMIENTO DEL METADATO:

Verifique la estructura del metadato y configure la aplicación que se empleará para la recolección de los datos ambientales en campo y los datos asociados a cada una de las muestras.

4.3.5. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN:

Dentro del proceso de medición se tendrá en cuenta los siguientes pasos:

4.3.5.1. PRE CODIFICACION DE PUNTOS EN CAMPO

Establezca la pre-codificación de los puntos de muestreo, la cual garantice la estandarización y consistencia de los datos recogidos. Asigne códigos predefinidos a los diferentes tipos de datos recopilados, tales como las firmas espectrales en el equipo de cómputo y en los metadatos. Estos últimos contienen las condiciones ambientales, ubicación geográfica y características específicas de las muestras, que facilita la organización y el posterior procesamiento de la información.

Nota: Esto no solo mejora la eficiencia durante la captura de datos, sino que también minimiza errores humanos y asegura que todos los participantes en la campaña sigan un protocolo uniforme. La codificación permite una integración y comparación más sencilla de los datos recogidos, lo cual es crucial para obtener resultados precisos y fiables. Además, facilita la trazabilidad y la repetibilidad de los experimentos, aspectos fundamentales en estudios científicos y aplicaciones tecnológicas que dependen de la precisión de las mediciones espectrales.

4.3.5.2. RECONOCIMIENTO DE ÁREA

Cuando llegue al municipio donde se desarrollarán las actividades de campo comunique a las autoridades y organismos de control del lugar, en donde se estarán realizando las mediciones y el propósito de las misma, para ello presente de forma impresa la carta enviada por el director de Investigación y prospectiva. Y consulte los niveles de seguridad y accesibilidad de los profesionales a la zona.

Una vez esté en el área de trabajo, realice un recorrido de reconocimiento del área a muestrear, con la finalidad de definir factores de: seguridad, optimización del tiempo e identificación de puntos clave. En caso de ser necesario agregue puntos para muestrear que no hayan sido identificados previamente. Adicionalmente verifique la accesibilidad con el montaje de los equipos que se están empleando.

Establezca el recorrido previo día a día el cual contenga las rutas más cortas y los muestreos más eficientes en campo, ya que en algunos casos se requiere tomar gran número de muestras.

4.3.5.3. CAPACITACIÓN A PERSONAL AYUDANTE A LA COMISIÓN

Capacite al personal ajeno al proyecto de medición, de tal manera que la experiencia de la comisión sea determinada por los buenos datos y la calidad de estos, para lo anterior es necesario lo siguiente:

- Poner al tanto sobre lo importante de la seguridad de los implementos que se están usando, dado que al ser las personas conocedoras del área son las personas que saben la peligrosidad de algunos lugares donde se esté realizando el muestreo.
- Tener en cuenta que es un trabajo físico, por lo cual se deben concientizar para poder tener largas jornadas sobre exposición a luz solar.
- Capacitación básica sobre espectralradiometría para el entendimiento del tipo de muestreo que se va a realizar.
- Manejo de los equipos usados.
- Recomendar de las buenas prácticas encontradas en este instructivo.

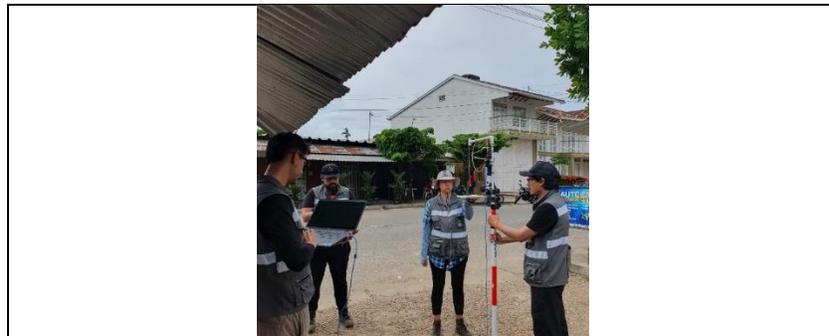
4.3.5.4. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CAPTURA DE LOS DATOS

- Los datos se deben capturar en el horario entre las 10:00 am y las 2:00 pm, sin embargo, de tener condiciones ambientales limitadas, se puede realizar la captura entre las 9:00 am y las 3:00 pm.
- Los profesionales y técnicos durante el trabajo de campo deben vestir prendas de color negro, con la finalidad de no alterar las firmas espectrales que se toman durante la comisión.
- La manipulación del espectralón se debe realizar con las manos limpias y no se debe tocar en la parte superior.

4.3.5.5. CALIBRACIÓN

- **Preparación del Equipo:**
 - Antes de iniciar el proceso de calibración en espectroradiometría, verifique el estado y funcionamiento del espectroradiómetro, asegúrese de que no haya daños visibles en la óptica, los detectores u otros componentes clave. Además, compruebe que todos los accesorios necesarios estén debidamente instalados y conectados al instrumento, como las fibras ópticas o los filtros necesarios para las mediciones específicas a realizar durante la calibración. Preste atención a los elementos que pueden influir en la precisión de las mediciones, como la limpieza de las lentes y la estabilidad de las conexiones.

Ilustración 1. Equipo de trabajo en campo



Fuente: IGAC – Comisión de Espectroradiometría Puerto López - Meta

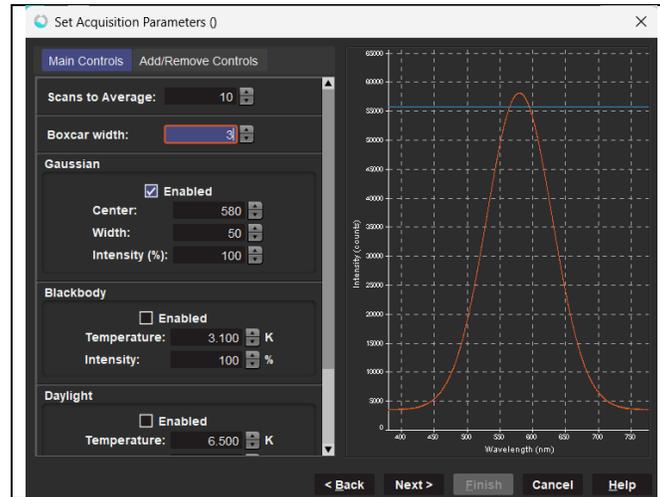
En la imagen anterior se detalla el comportamiento del grupo de trabajo en la faceta de calibración de los equipos en donde se debe tener una disposición (toma de datos, toma de metadato, observador y blanco de calibración) de cada uno de los integrantes y tener en cuenta las buenas prácticas recomendadas en este instructivo.

Nota: Especifica el tiempo de integración del espectroradiómetro, que es análogo a la velocidad de obturación de una cámara. Cuanto mayor sea el tiempo de integración, más tiempo el detector monitorea los fotones entrantes. Si la intensidad de la vista rápida es demasiado baja, se aumenta este valor.

Ajuste el tiempo de integración de manera que la mayor cantidad de luz que anticipa, para que su aplicación genere una señal de aproximadamente el 85% de la capacidad del espectrómetro (por ejemplo, 3500 para espectrómetros con un total de 4096 cuentas, 14000 cuentas para espectrómetros con un total de 16384 cuentas, 50000 para espectrómetros con un total de 65535 cuentas). La línea azul horizontal establecida en 85%. Mientras se observa la traza del gráfico, se ajusta el tiempo de integración hasta que el nivel de intensidad de la señal sea apropiado para el dispositivo.

- De clic en Automático, se ajusta el tiempo de integración al 85% del rango dinámico del espectrómetro.

Ilustración 2 Calibración de Tiempos de Integración



Fuente: Laboratorio de Espectroradiometría

- **Calibración con el Estándar del Blanco:**

Utilice el estándar del blanco (espectralón), que consiste en una superficie con una reflectancia conocida y alta. Esta superficie se posiciona frente al espectroradiómetro, asegurando que la fuente de luz estándar ilumine uniformemente la superficie blanca. Se realizan mediciones en diferentes longitudes de onda para establecer la relación entre la salida del espectroradiómetro y la radiación incidente en cada longitud de onda. Estas mediciones se utilizan posteriormente como referencia para calibrar el instrumento y garantizar mediciones precisas y confiables. **Haga Clic En el Bombillo Blanco**

Ilustración 3. Calibración de blancos



Fuente: IGAC - Laboratorio Nacional de espectroradiometría

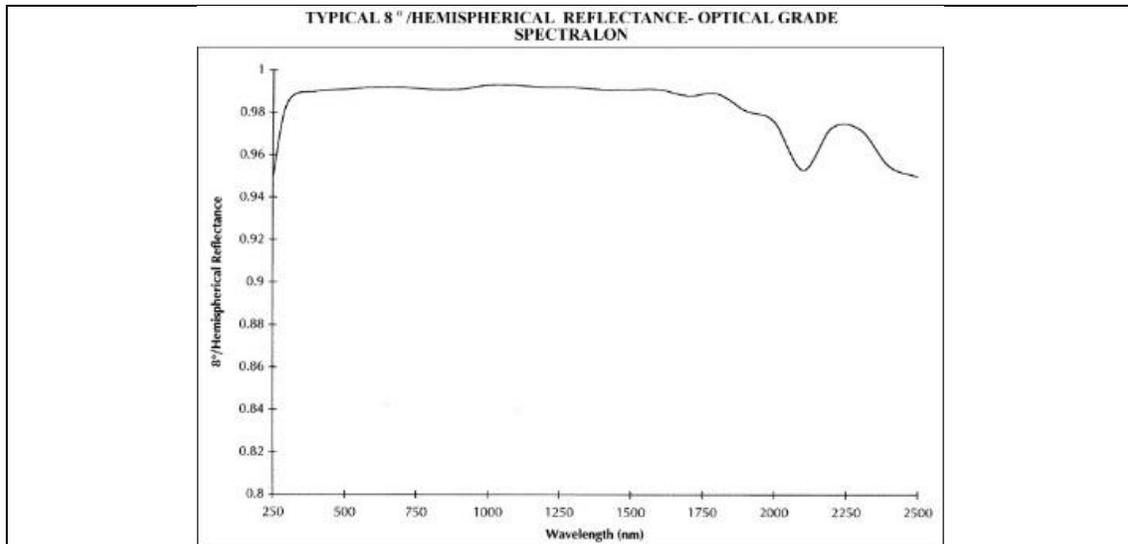
Nota: Estándar de referencia (espectralón).

A continuación, se describen las características técnicas básicas del blanco de referencia para tener en cuenta en la calibración:

Los paneles de referencia (Espectralón) de campo se utilizan para estandarizar las mediciones del flujo radiante objetivo con el fin de derivar una reflectancia bajo el supuesto de que el flujo reflejado desde el panel se puede usar como un sustituto de la irradiancia global incidente. El espectralón ofrece una reflectancia casi perfecta, lambertiana (98-99%), con un

comportamiento estable entre los 250-2500 nm, pero con una pequeña zona de absorbancia del 6% cerca de la longitud de onda de 2150 nm y una disminución de reflectancia en las longitudes de onda más largas del espectro.

Ilustración 4. Curva de Calibración Tipo



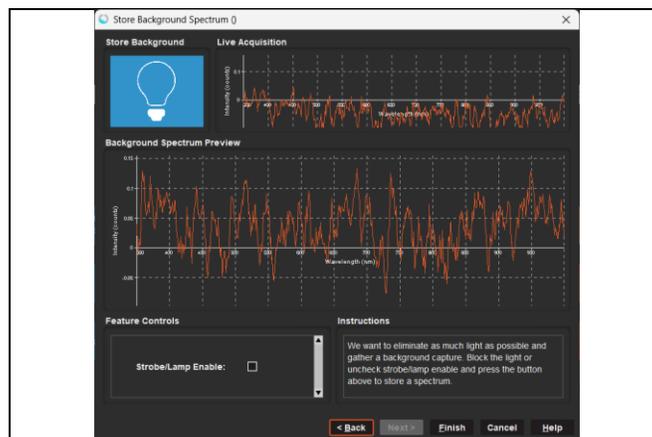
Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Curva-de-reflectividad-hemisferica-del-blanco-de-referencia-Spectralon-fuente_fig3_329641227

El panel espectralón de referencia debe estar en una posición nivelada, idealmente sobre un trípode y evitando sombras proyectadas sobre su superficie. Si se observan sombras se debe aumentar o disminuir la distancia entre la óptica del sensor y el panel. La superficie del espectralón se debe mantener limpia y no se debe tocar durante la calibración.

◦ **Calibración con el Estándar del Negro:**

Después de la calibración de blancos en campo es muy difícil poder realizar la medición de una superficie con reflectancia de 3% o menos por lo que es recomendable cubrir la sonda de medición con algún material de tonalidad oscura la cual no pueda salir ni entrar luz a la sonda esto permite que el negro sea calibrado en su totalidad. **De Clic En el Bombillo Negro**

Ilustración 5. Calibración en Negros



Fuente: IGAC - Laboratorio Nacional de Espectroradiometría

Nota: tener en cuenta que el valor del negro en la gráfica anteriormente descrita debe estar en los valores de 0 a 4 en amplitud y en lo menos posible tener datos en los valores negativos.

◦ **Verificación de la Calibración:**

Una vez completados los pasos de calibración con el estándar del blanco y del negro, verifique la exactitud de la calibración, una vez completados los pasos de calibración con el estándar del blanco y del negro. Realice mediciones adicionales con fuentes de luz conocidas o superficies de referencia estándar. Estas mediciones adicionales se comparan con los valores esperados o conocidos para evaluar la exactitud de la calibración.

Si se identifican anomalías significativas, realice ajustes en la calibración (posicionamiento de la muestra, distancia de la fibra, intensidad lumínica) según sea necesario para garantizar mediciones precisas y consistentes.

◦ **Documentación:**

Cree una carpeta propia para el almacenamiento de los datos que se van a tomar, documente meticulosamente todos los aspectos relevantes, incluyendo los valores medidos, las condiciones ambientales, los ajustes realizados en el instrumento y cualquier otra información relevante. Esta documentación detallada es fundamental para la trazabilidad de las mediciones y para garantizar la reproducibilidad de los resultados en el futuro.

◦ **Recalibración:**

Si las condiciones ambientales han cambiado en cuanto a la radiación solar, es necesario volver a realizar el proceso de calibración indicado en el numeral 4.3.4.4.

4.3.5.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Se recomienda realizar las mediciones cuando las condiciones climáticas son buenas y estables ya que la proporción de la irradiancia directa y dispersa que llegan al objetivo varían la precisión de las mediciones espectrales por las fluctuaciones atmosféricas y la hora del día. Cuando pasan y se ocultan las nubes durante la medición de los tiempos de integración, realice nuevamente la calibración del espectrómetro.

La reflectancia medida bajo la iluminación solar es fuertemente alterada por la absorción de moléculas en la atmosfera. Los factores ambientales que afectan la precisión de las medidas son tales como: el vapor de agua, la dispersión atmosférica, las nubes y los vientos. Para los metadatos de la salida, realice una descripción cuantitativa de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y una descripción cualitativa de las nubes acompañada de fotos del cielo en el momento de la toma de muestras espectrales.

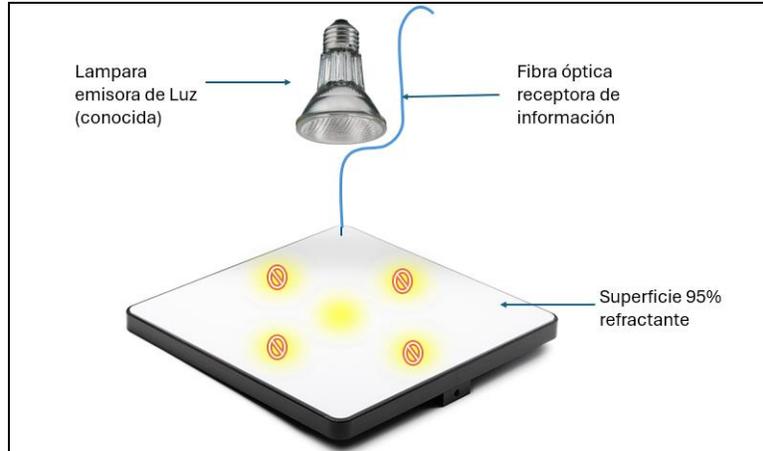
4.3.5.7. TOMA DE DATOS

◦ **Posicionamiento de la Muestra:**

- Posicione la fibra sobre el elemento de interés y sobre el cuál realizara la captura de la firma espectral, en posición vertical, apuntando hacia abajo, en una distancia adecuada sobre el elemento, según lo establecido en la Tabla 2, asegurando que toda la muestra esté dentro del campo de visión (FOV- Field Of View, por sus siglas en inglés) de la fibra conectada al espectoradiómetro y al equipo de cómputo.
- Sitúese en posición opuesta a la dirección de la incidencia de la radiación solar y preferiblemente debe vestir prendas oscuras con el fin de evitar la contaminación espectral de las medidas, debido a la radiación difusa que incide en la superficie de la medida.
- Ubíquese de pie al menos a un metro de distancia del punto en el cual se está realizando la medición de la muestra, para disminuir la contribución de la luz dispersada por la ropa, por tanto, se recomienda que el operador realice las mediciones perpendiculares al azimut solar.
- Camine en el terreno en que se ubica a un ritmo moderado, sin dejar de caminar hasta obtener la mayor cantidad de firmas espectrales.
- Mantenga el sensor orientando en la misma posición respecto al sol, excepto cuando se desee estudiar la influencia del azimut solar.

- Tome los datos entre las 10:00am y 3:00pm, considerando de esta manera los distintos ángulos de incidencia de radiación solar.

Ilustración 6. Colocación de la muestra en campo



Fuente: Laboratorio de Espectroradiometría

◦ **Inicio de la Medición:**

Utilice el software de control correspondiente iniciando la adquisición de datos en el espectroradiómetro. Ver documento según el equipo que se esté manejando Instructivo Uso Espectroradiómetro REDTIDE y FLAME o Instructivo Uso Espectroradiómetro ASD

Ajuste el lente de captura del espectroradiómetro a una altura del sensor en función del campo de visión, debido a que podría ser demasiado pequeño. Realice una geometría de observación igual a la calibración en donde el objetivo de muestra se encuentre a la misma distancia que fue tomado el estándar del blanco.

Tabla 1. Field of View – Alturas respecto ángulos

Field of View (FOV)			
Altura (cm)	d 1 grado (cm)	d 8 grados (cm)	d 25 grados (cm)
5	0.1	2.3	2.5
10	0.2	1.4	4.7
15	0.3	2.1	7
20	0.4	2.8	9.3
25	0.4	3.5	11.7
30	0.5	4.2	14
35	0.6	4.9	16.3
40	0.7	5.6	18.6
50	0.9	7	23.3
75	1.31	10.5	34.9
100	1.8	14.1	46.6
110	1.9	15.5	51.3
150	2.6	21.1	70
200	3.5	28.1	96.3
250	4.4	35.1	116.5
300	5.2	42.4	139.9
350	6.1	49.2	163.2
400	6.9	56.2	186.5
500	8.7	70.3	233.2

Fuente: Laboratorio de Espectroradiometría

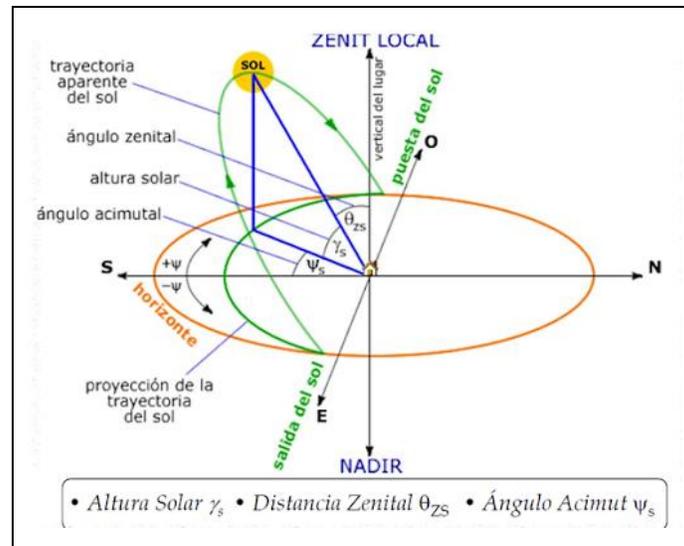
En la tabla anterior se relacionan las diferentes alturas de observación para los diferentes ángulos de observación para determinar un área efectiva acorde a lo necesario en cada uno de los muestreos.

- Algunas de las características a tener en cuenta para la recopilación de datos son:
- Iluminación solar y factores ambientales atmosféricos (velocidad y dirección del viento, cobertura y tipo de nubes, temperatura, humedad y aerosoles).

Los cielos despejados alrededor del mediodía (2 horas antes o después) son los mejores para recopilar datos espectrales especialmente si se calibra con una superficie de referencia blanca brillante. Cuando el cielo se encuentra parcialmente nublado es prudente esperar los intervalos de tiempo de proyección con un haz directo, sin embargo, hay que tener en cuenta que las nubes brillantes pueden generar un reflejo que aumenta la intensidad de la radiación radiante (ALTA SATURACION SOLAR)

Las condiciones de luz difusa no son las ideales para la toma de datos espectrales y es posible que sea necesario la medición simultanea de la radiación incidente y la radiación ascendente desde el objetivo. El ángulo zenital solar es un factor crítico porque el efecto de la densidad de la columna de vapor de agua podría aumentar rápidamente a medida que el ángulo zenital aumenta desde su mínimo en vertical

Ilustración 7. Ángulos formados con el Sol



Fuente: <http://kilowatio.net/coordenadas-solares..html>

A medida que aumenta la absorción de vapor de agua, disminuye la irradiancia solar dando como resultado una menor señal o ruido durante el mismo tiempo de integración y una mayor dificultad para detectar las características espectrales sobre todo en la región del SWIR. Por lo tanto, las mediciones son ideales en un período alrededor del mediodía solar (sol cercano al zenit) cuando la geometría solar está cambiando menos y cuando los errores debidos a la respuesta angular del panel de reflectancia son mínimos.

Entre los factores que afectan las mediciones estandarizadas se encuentran: geometría de visualización (campo de visión o FOV), condiciones climáticas (velocidad y dirección del viento, cobertura y tipo de nubes, temperatura, humedad), altura óptica (delantera sobre el objetivo y el suelo), geometría de iluminación (fecha, hora, posición y altitud del sol, acimut y orientación, humo y neblina), propiedades del objetivo (propiedades físicas y de textura, composición química y estructural), tiempo de integración y calibración del instrumento.

4.3.5.8. GEOMETRÍA DE LA OBSERVACIÓN

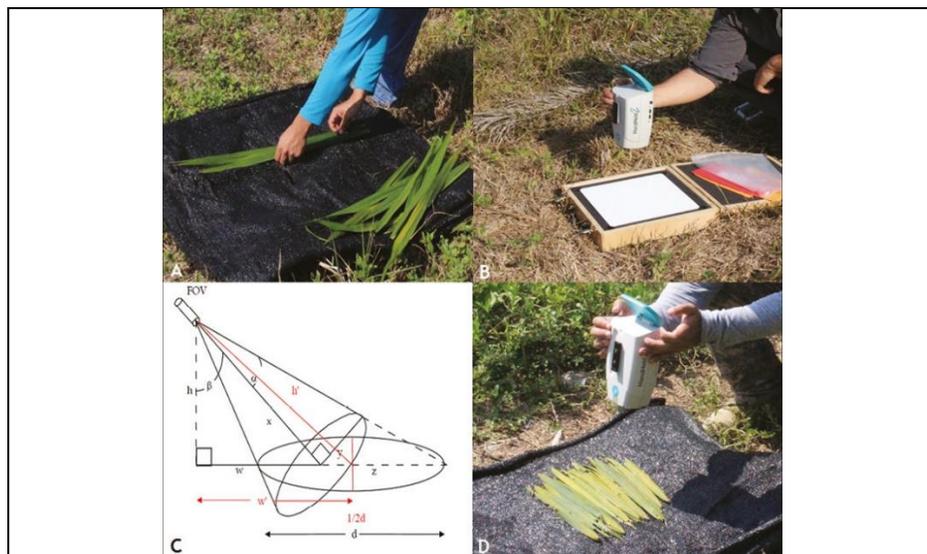
La altura de la fibra sobre el objetivo de observación dependerá del área por cubrir o el campo de visión de terreno (GFOV), en función del tamaño de la muestra o por factores de comparación con imágenes satelitales como el tamaño del píxel. El ángulo sólido a través del cual la luz ingresa a la óptica del sistema del detector en el campo de visión (FOV- Field of view) relaciona el área de observación que se está estudiando cómo se puede ver en la ilustración 7.

Los datos se recopilarán con el sensor montado verticalmente sobre la superficie (vista nadir). El área de terreno desde la cual se registran los espectros, o el Laboratorio de visión de terreno (GFOV), está determinado por el FOV angular de la lente unida a la fibra óptica y la altura (H) que separa al instrumento del objetivo. El FOV debe ser apropiado para integrar y representar las características geométricas del objetivo.

$GFOV = \pi r^2$ $r = \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)H$	donde r = es igual al radio del FOV con un área A y H representa la Altura del Espectroradiómetro sobre la superficie del blanco.
---	---

Asegúrese que se está abarcando todo el tamaño de la muestra que se va a evaluar si la fibra está muy alta se podría estar evaluando otra cobertura en los bordes de la superficie de interés (Muestras heterogéneas y no puras). Además, factores como el viento sobre las hojas podrían hacer que este factor se presente en la firma espectral.

Ilustración 8. Geometría de la observación



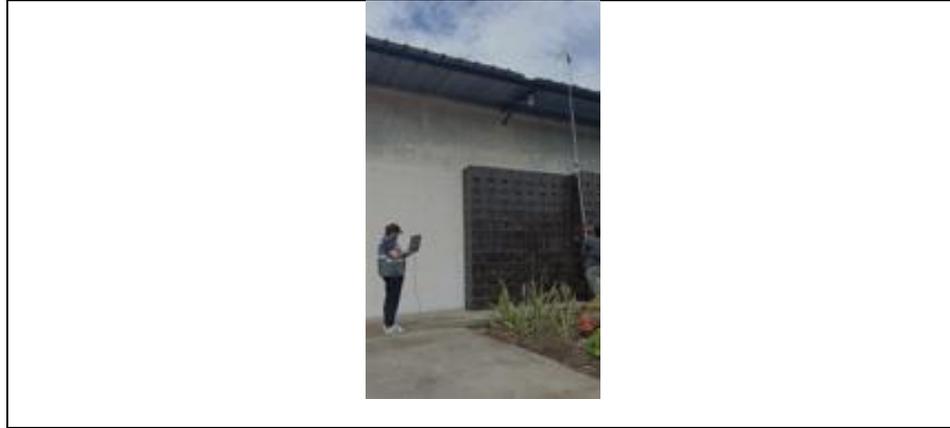
Fuente: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/10700/13289>

- **Adquisición de Datos:**
Se realizan las mediciones de radiación electromagnética reflejada o transmitida por la muestra en las longitudes de onda de interés. Se registran los valores de radiación medida en cada longitud de onda, se realizan múltiples mediciones en diferentes puntos de la muestra para tener en cuenta posibles variaciones espaciales en las propiedades espectrales.

4.5.3.9. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN

- **Ropa Oscura:** Use ropa oscura durante las mediciones, ya que minimiza la posibilidad de reflejar luz adicional hacia la muestra. Esto ayuda a reducir la interferencia en las mediciones, especialmente en entornos con condiciones de iluminación variables.

Ilustración 9. Montaje para medición de techos, ropas oscuras de la medición



Fuente: Comisión Puerto López Meta

◦ **Distancia del observador:**

Determine una distancia medible del medidor de la muestra hasta la misma para ser lo menos participe en el momento de la medición, asimismo, procure que el utensilio que sirva de extensor sea de tonalidades oscuras y mates.

Ilustración 10. Posición del observador



Fuente: Comisión Puerto López Meta

- **Material No Reflectante:** Opte por prendas fabricadas con materiales no reflectantes, como algodón o poliéster opaco. Evita telas brillantes o satinadas que puedan reflejar la luz y afectar las mediciones.
- **Mangas Largas y Pantalones:** Cubra la mayor parte de la piel expuesta y minimizar la posibilidad de reflejos, es recomendable usar mangas largas y pantalones. Esto también ayuda a reducir la contaminación de la muestra con luz ambiental no deseada.
- **Guantes y Protección para el Cabello:** Use guantes y protección para el cabello, como un gorro o una cofia, para evitar la contaminación de la muestra con residuos de piel y cabello, se recomienda
- **Calzado Cerrado:** utilice calzado cerrado y cómodo para proteger tus pies durante las mediciones. Esto también ayuda a prevenir accidentes en entornos de laboratorio.

- **Prendas Ajustadas:** Evite llevar accesorios voluminosos o sueltos que puedan interferir con el movimiento o la posición cerca del equipo de medición. Las prendas ajustadas pueden minimizar la posibilidad de roces accidentales con el equipo.

4.3.6. DOCUMENTACIÓN Y REPORTE:

Documente detalladamente los resultados de la medición y elabore el informe técnico o científico que resuma los hallazgos y conclusiones. Posteriormente, asegure la validez y veracidad de los resultados a través de la validación y verificación según los estándares de calidad aplicables.

4.3.6.1. METADATO:

- **Estructura del metadato**

Utilice la estructura adoptada por el grupo de trabajo para establecer la sintaxis apropiada para el metadato, en donde establezca parámetros generales y específicos de cada una de las mediciones como se establece en el formato para metadato, adicionalmente a esto haga uso del desarrollo tecnológico respectivo para el diligenciamiento de estos datos

4.3.6.2. TRABAJO DE OFICINA DURANTE LA COMISIÓN DE CAMPO

- **Gestión de Datos:**

Realice una pre-codificación de los datos en campo y genere un almacenamiento de seguridad para los datos ya tomados en los cuales se pueden ayudar en las tecnologías de nubes o dispositivos de almacenamiento masivo (discos duros).

- **Análisis Preliminar:**

Grafique y analice un promedio de 5 firmas tomadas en el día para determinar opciones de mejora y calidad de datos generados.

- **Verifique el número de Metadatos:**

Haga una validación del metadato de cada una de las firmas analizadas en el paso anterior. Adicionalmente verifique que el número de firmas y el número de metadatos corresponda.

4.3.6.3. POST-CAMPO

Realice una capacitación de lecciones aprendidas con todo el grupo de trabajo en búsqueda de opciones de mejoras

4.3.6.4. ENTREGABLES

- **Metadatos**

Para el diligenciamiento del metadato adopte la metodología del laboratorio el cual consiste en establecer diferentes variables obligatorias y específicas según el tipo de firma espectral que se esté tomando, en las cuales se identifican como generales las siguientes variables: Responsable del metadato, Fecha de actualización del metadato AAAAMMDD, Título del metadato, Formato del archivo, Ubicación del metadato Institución Página web de la información metadato, Nombre de investigador, Fecha actualización el dato, Título del banco, Tipo metadato, Ubicación del metadato, Institución que publica, Dirección de investigación, Laboratorio. Asimismo, es importante documentar las condiciones ambientales internas en el laboratorio por lo cual es necesario medir las siguientes variables: Temperatura ambiente, Humedad relativa, Tipo de muestra Fecha de la toma de datos, Hora de muestreo, Porcentaje de pureza, Tiempo de integración, Numero de muestras se identifica un archivo .XML para la identificación de estos campos.

- **Firmas Espectrales**

Respecto a las firmas espectrales tomadas en campo es necesario tener una metrología estandarizada para cada una de las tomas de datos, es decir, se deben nombrar las firmas espectrales de acuerdo a la estructura definida.

Guarde día a día en un repositorio una copia de seguridad en la cual se puedan monitorear por parte del líder de investigación lo referente al muestreo que se está realizando.

- **Lecciones Aprendidas (pos-campo)**
Para este ítem es de importancia reconocer que cada comisión puede establecer una mejora en la metodología de toma de muestras, por lo que es necesario discutir el pro y contras que se identificaron en la comisión realizada y generar un documento de lección aprendida por parte del grupo, para futuras comisiones de medición.
Ejemplo: En la comisión de Puerto López meta en las fechas del 04 al 09 de junio de 2024 se llevó como lección aprendida lo referente a la seguridad lo cual fue comentado por todo el grupo y se estableció como un ítem en este instructivo.
- **Informe de campo**
Realice el informe de campo para describir las diferentes actividades realizadas y el método optado como las dificultades tenidas en seguir la metodología de muestreo.

4.4. BIBLIOGRAFÍA

- JCGM. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología: Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (3ª ed.). Centro Español de Metrología (CEM). Recuperado de <https://www.cem.es>.

5. CONTROL DE CAMBIOS

FECHA	CAMBIO	VERSIÓN
09/08/2024	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Se adopta como versión 1 por corresponder a la creación del documento. Emisión Inicial Oficial. ◦ Hace parte del proceso de Gestión del Conocimiento Aplicado, del subproceso de Investigación e Innovación Aplicada – Laboratorio de Espectroradiometría. ◦ Se crea el instructivo "Captura de Firmas Espectrales en Campo", código IN-IIA-PC02-01, versión 1 ◦ Se encuentra asociado al procedimiento "Captura y Procesamiento de Firmas Espectrales". 	1

ELABORÓ Y/O ACTUALIZÓ	REVISÓ TÉCNICAMENTE	REVISÓ METODOLÓGICAMENTE	APROBÓ
Nombre: Manuel García Lancheros. Cargo: Contratista. Dirección de Investigación y Prospectiva.	Nombre: Dayana Patricia Beltrán Fonseca. Cargo: Profesional Especializado. Dirección de Investigación y Prospectiva.	Nombre: Martha Patricia Ramírez Suarez. Cargo: Profesional Especializado. Dirección de Investigación y Prospectiva. Nombre: Cesar Augusto Buitrago López. Cargo: Contratista. Oficina Asesora de Planeación.	Nombre: Johan Andrés Avendaño Arias. Cargo: Director. Dirección de Investigación y Prospectiva.