



ANÁLISIS ESPECTROMETRÍA MATRIX-1 FTNIR & SOFTWARE OPUS

LB-SP-SGE-GEO-0044

Análisis Espectometría Matrix-I FTNIR & Software OPUS

Control documental		
Emitido por: Staff Geología Geólogos / Asistentes.	Revisado por: Andrea Rojas Pardo. Geólogo Senior Modelamiento	Aprobado por: David Muñoz Ramos. Superintendente de Geología.
Fecha: diciembre 2024.	Fecha: enero 2025.	Fecha: enero 2025.

Control de cambios			
Revisión	Fecha	Descripción del Cambio	Responsable
01	Marzo 2016	Creación	Andrea Rojas Pardo
02	Marzo 2016	Actualización de formatos y revisión anual	Andrea Rojas. Geólogo.
03	Marzo 2017	Actualización de formato, contenido y revisión anual	Elizabeth Espinoza. Asistente Geología.
04	Marzo 2018	Revisión anual	Elizabeth Espinoza. Asistente Geología.
05	Abril 2021	Revisión anual	Jorge Campos. Asistente Geología.
06	Noviembre 2021	Actualización de fotografías y pre-uso diario	Luis Castillo. Asistente Geología.
07	Noviembre 2022	Actualización de formato, contenido, fotografía y revisión anual.	Elizabeth Espinoza. Asistente Geología.
08	Enero 2023	Actualización de contenido	Tamara Toro – Elizabeth Espinoza Asistente Geología.
09	Marzo 2023	Revisión Anual	Andrea Rojas Pardo. Geólogo Senior Modelamiento
10	Agosto 2023	Actualización de fechas	Luis Castillo Asistente Geología.
11	Octubre 2024	Revisión, cambio de formato y modificación	Tamara Toro. Asistente Geología.
12	Diciembre 2024	Actualización de formato, y contenidos	Nicole Campusano / Andrea Rojas Geólogos.

Contenido

I. PROPÓSITOS/OBJETIVOS	3
II. ALCANCE	3
III. RESPONSABILIDADES	3
IV. TERMINOLOGÍA Y/O SIGLAS TÉCNICAS	3
V. REFERENCIAS	5
VI. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, PROCEDIMIENTO / ACTIVIDAD	5
6.1. Equipos y materiales.....	5
6.3. Proceso de Toma de Lectura Espectral	21
6.4. Riesgos de la Tarea	24
6.5. Gestión Ambiental	24
VII. ANEXOS	26
Anexo 1. Análisis de Riesgo del Trabajo	26
Anexo 2. Protocolo de desechos de muestras cortador.....	26
Anexo 3. Reporte OVP – PQ Test protocol	28
Anexo 4. Medición de Muestras	33
Anexo 5. Check list Pre-uso.....	35
Anexo 6. Flujograma de análisis con espectro matrix	37

I. PROPÓSITOS/OBJETIVOS

El presente procedimiento tiene como objetivo principal establecer la norma para el análisis en espectrómetro MATRIX-I FTNIR y en OPUS software Spectroscopy.

II. ALCANCE

Este procedimiento debe ser conocido, aplicado y respetado por todo el personal de la Superintendencia de Geología y específicamente por el personal que participa en la toma de espectros.

III. RESPONSABILIDADES

Superintendente de Geología

Aprobar y exigir el cumplimiento cabal a todo el personal que tengan a su cargo.

Geólogos Senior

Asegurar el cumplimiento cabal del presente procedimiento, darlo a conocer y exigir su observancia y cumplimiento a todo el personal de su área de la Superintendencia.

Geólogos

Velar por el cumplimiento y la observancia de este procedimiento, resguardar y asegurar que la toma de espectros sea extraída con los más altos estándares de calidad y seguridad. Detectar, informar y corregir cualquier anomalía y/o falta al procedimiento que pueda poner en riesgo la seguridad de las personas, equipos e instalaciones.

Asistentes Geología

Interiorizar y aplicar, comprender y cumplir fielmente lo estipulado en el presente documento, llevar a cabo el procedimiento asegurando su integridad propia, de sus compañeros, del equipo e instalaciones y de las muestras, privilegiando SIEMPRE la SEGURIDAD por sobre la PRODUCCIÓN.

IV. TERMINOLOGÍA Y/O SIGLAS TÉCNICAS

▪ Instrumento MATRIX-I

Instrumento FTNIR con tecnología infrarrojo cercano (FT: Fourier Transformation, NIR: Near Infra Red), diseñado para el análisis de QA/QC (Figura 1). El instrumento viene equipado con una esfera de integración. Esto permite el análisis rápido y fácil usando la técnica de reflectancia difusa. Las muestras se miden en copas estándar. Este método es ideal para la medición de grandes cantidades de materiales y es particularmente útil para el análisis de muestras no homogéneas tales como muestras de roca con tamaños menores a malla 200.



Figura 1. Instrumento MATRIX-I FTNIR.

▪ Infrarojo Cercano (NIR)

El espectro electromagnético abarca un intervalo enorme de ondas y frecuencias. Se divide en regiones espectrales determinadas según los métodos que se precisan para generar y detectar las diversas clases de radiación. La región espectral del infrarrojo cercano (NIR) se extiende desde el extremo de las longitudes más altas del visible, alrededor de 780 nm hasta los 3000 nm (13.000 cm^{-1} hasta 3300 cm^{-1}). Las bandas de absorción en esta zona son sobretonos o combinaciones de las bandas vibracionales de tensión que se producen en la región de 3000 a 1700 cm^{-1} (Figura 2).

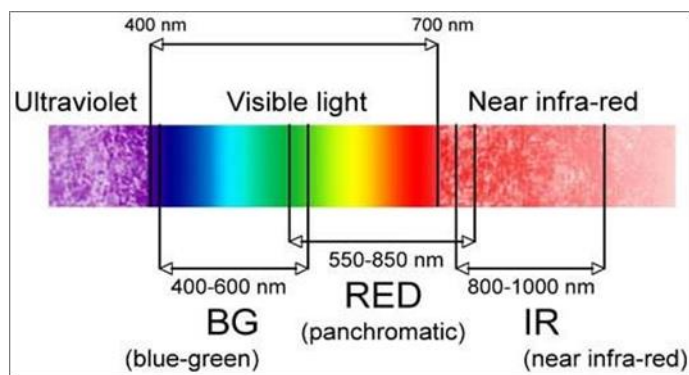


Figura 2. Parte del espectro electromagnético.

▪ Transformada de Fourier (FT)

Obviar la debilidad crónica de la señal en el rango IR por un interferómetro en el cual la luz se separa en dos caminos que se recombinan, con diferente recorrido, en un único detector. Al variar la diferencia entre los haces se obtiene un interferograma que se convierte matemáticamente en un espectro.

▪ Espectroscopía

Espectrometría de reflectancia en el Infrarrojo cercano la muestra finamente pulverizada se irradia con una o más bandas de radiación de longitud de onda comprendida entre 1 y $2,5\text{ }\mu\text{m}$, o 10.000 y 4.000 cm^{-1} . Se produce una reflectancia difusa, en la que la radiación penetra a través de la superficie de la capa de partículas, excita los modos de vibración de las moléculas del analito (muestra), y luego se dispersa en todas las direcciones. De este modo, se produce un efecto de reflectancia que depende de la composición de la muestra.

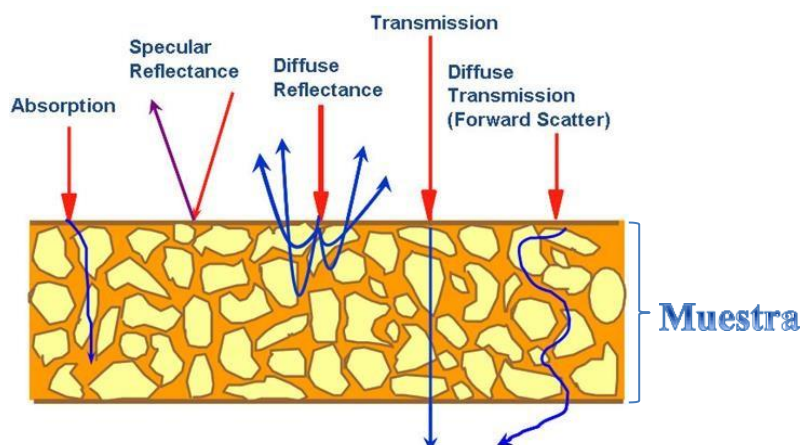


Figura 3. Absorción de la radiación.

▪ **Espectro**

Es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto.

▪ **Muestra**

Es una parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa del mismo.

V. REFERENCIAS

- LB-DT-SGE-GEO-0001 Estándar KPI procesos muestrera.

VI. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, PROCEDIMIENTO / ACTIVIDAD

6.1. Equipos y materiales

Sólo personal certificado y quienes hayan recibido inducción por parte de aquellos sobre el uso del equipo, accesorios y softwares, podrá realizar el montaje del equipo y realizar mediciones.

6.2. Equipos de Protección Personal (EPP)

Los EPP utilizados deben contar con el estándar establecido por Compañía Minera Lomas Bayas.

Para realizar la toma de lecturas dentro del laboratorio espectral de la muestrera:

- Zapatos de seguridad.
- Lentes transparentes de seguridad.
- Guantes HYFLEX 11-501 u otro similar de igual nivel de protección o quirúrgicos para manipulación del equipo.
- Respirador con filtros para polvo (solo trasvasije).

6.2.1. Materiales o Elementos de Apoyo

Se consideran los siguientes materiales de apoyo para realizar la toma de lecturas en terreno o en laboratorio espectral:

-
- Procedimientos.
 - Manuales.
 - Pala GIS de laboratorio.
 - Aire comprimido.
 - Bolsas para muestras.
 - Corchetera / Corchetes.
 - Plumones permanentes.
 - Bandejas metálicas.

Sólo personal capacitado y quienes hayan recibido inducción por parte de aquellos sobre el uso del equipo, accesorios y softwares, podrá realizar mediciones y uso de softwares.

6.2.2. Equipo Bruker: MATRIX-I.

Las partes que conforman el equipo se detalla en figura 4.

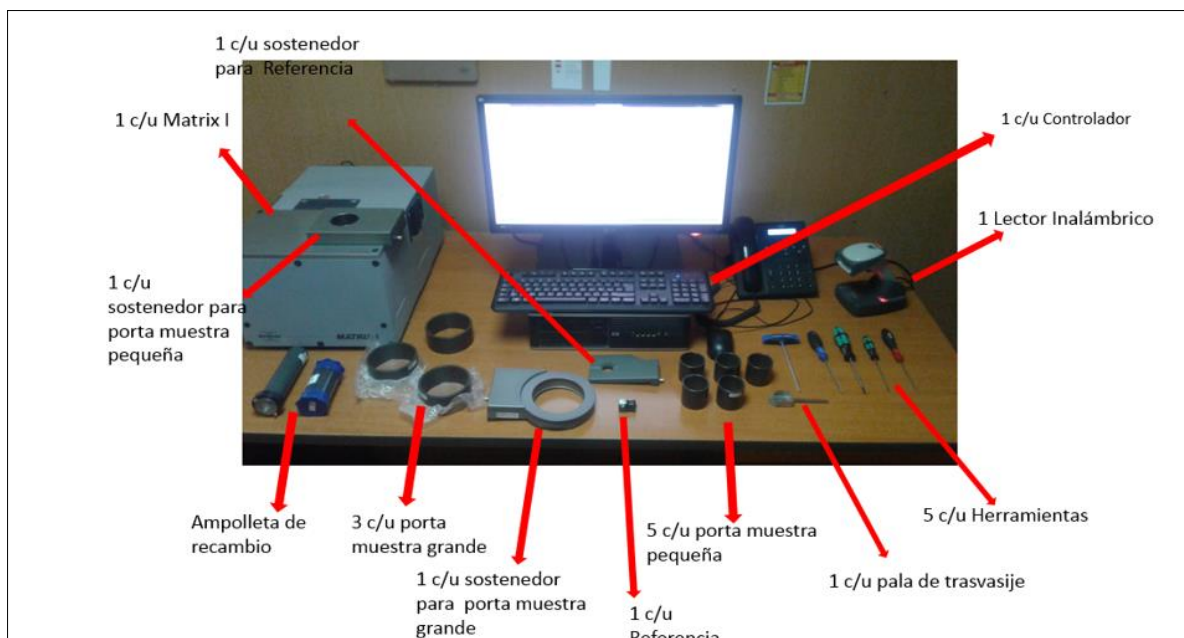


Figura 4. Vista general del Matrix-I con todas sus partes y accesorios.

Este procedimiento se apoya y debe complementarse con los siguientes manuales: MATRIX-I user, Multivariate Calibration, OPUS Instalation Instructions, OPUS/IR Reference Manual, OPUS LAB User Manual y OPUS QUANT User Manual ubicados en laboratorio de Mineralogía de Muestrera LB y en Mis documentos en el controlador del equipo.

6.2.3. Ubicación del Equipo

Para realizar la toma de lecturas con este equipo, se realiza en laboratorio de espectrometría o laboratorio espectral, ubicado en instalaciones de muestrera.



Figura 5. Laboratorio de Espectrometría y Microscopía óptica.

***El instrumento no es un equipo portátil, por lo que realizar mediciones en terreno no es posible*.**

6.2.4. Instalación de programa y computador software OPUS instrumento Bruker: MATRIX-I.

Para instalar el instrumento, seguir las instrucciones que se detallan a continuación:

Computador:

- Sistema Operativo Windows 11
- Internet Explorer v.10.
- Procesador Intel I5 >3GHz (mínimo).
- Memoria RAM 4GB mínimo, DDR 3.
- Disco Rígido 0.5TB mínimo.
- Lector-Grabador CD/DVD 8x (OPCIONAL).
- Puertos USB 2.0 o mejor x4 mínimo.
- PLACA DE RED RJ45 LIBRE' PARA CONEXIÓN PC-INSTRUMENTO.
- PLACA DE RED para vinculo PC a red del Cliente (SI ES NECESARIO).
- Monitor - Pantalla 22" (sugerido), teclado, mouse.
- Impresora (si es necesaria la impresión en papel).
- Las propiedades de ip para la conexión con el instrumento se muestra en figura 6:

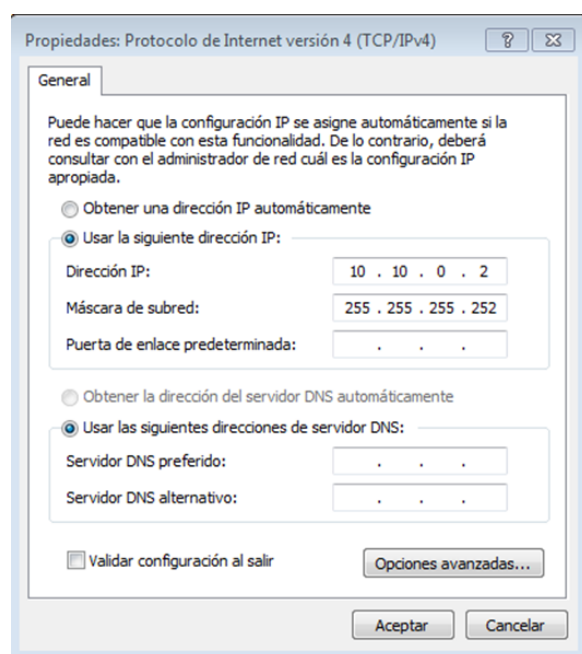


Figura 6. Propiedades de IP para la conexión con el instrumento.

***Nota:**

Para la instalación y operación de OPUS 8.2 el usuario de WINDOWS deberá contar con derechos de Administrador en la sesión (Figura 7).

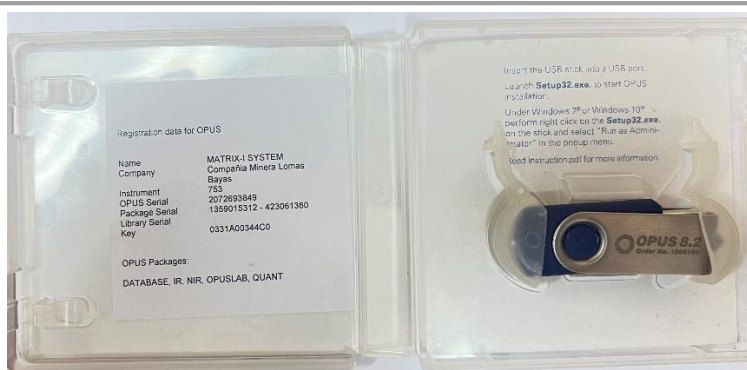


Figura 7. Datos de registro para Opus 8.2.

Al vincularse OPUS con el instrumento es posible que las protecciones de Firewall deban ser desactivadas.

Escritorio:

- Escritorio con superficie plana, libre de vibraciones.
- Disponibilidad de espacio en escritorio incluyendo PC (ancho x profundidad mínimo)
- Matrix: 1.00 x 0.65 mts. Peso instrumento 25 Kgs. Medidas 32x49x25 cm aprox. (ancho x prof.x alto).

Alimentación:

Para todos los casos estabilizada con descarga a tierra mediante UPS de reconocida calidad (Requerido).

- **Matrix:** 110-240VCA, 50/60 Hz, 100 Watts.
- **Computador (PC) de escritorio más monitor:** 220 VCA, 50 Hz, 500 Watts aprox.
- Se requiere UPS de 1KVA.

Condiciones Ambientales:

- Temperatura de Trabajo: 5 ° a 35°C. Variación de temperatura de 1°C por hora.
- Control de temperatura ambiente en laboratorio con aire acondicionado a 24°C.
- Humedad ambiente no condensante: menor a 80%.
- Sin incidencia de luz solar ni corrientes de aire sobre carcasa de los instrumentos.
- Sin incidencia de fuentes de calor cercanas al instrumento.

6.2.5.Mantenimiento del Matrix-I

Software OPUS cuenta con test obligatorios para la evaluación del instrumento, los cuales serán requeridos al desplegar globos de advertencias :

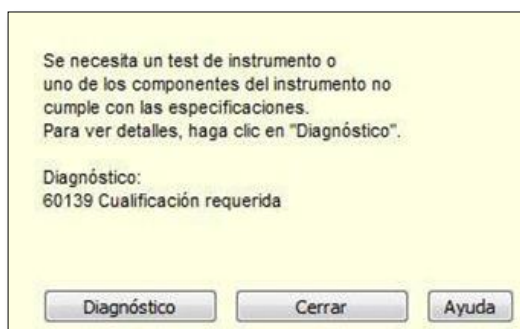


Figura 8. Detalles sobre test y advertencias.

Detalles sobre los test y advertencias se detallan en la sección 6.5 de este procedimiento.

Frente a una anomalía o falla del instrumento se debe contactar a proveedor oficial Latinoamérica:

- Pablo Patapovas.
- ppatapovas@prisma-analitica.com.
- Celular dentro territorio Chile: +56 9 8415 1947.
- Representantes de Bruker Optics GmbH para AR, CL, PY y UY.
- www.prisma-analitica.com / www.bruker.com.

¡POR NINGÚN MOTIVO ABRIR EL INSTRUMENTO!

6.2.6. Encendido del Instrumento

Para operar el instrumento, seguir las instrucciones que se detallan a continuación:

- **Paso 1:** Encender el controlador de instrumento (PC/desktop/laptop).
- **Paso 2:** Encender el instrumento Matrix-I con el interruptor de encendido ubicado en la parte posterior del equipo (botón negro) (Figura 9).
- **Paso 3:** Calentar el instrumento durante 15 minutos.
- **Paso 4:** Iniciar software OPUS...Requiere clave de acceso (Clave: OPUS) (Figura 10).



Figura 9. Botón encendido parte posterior instrumento.

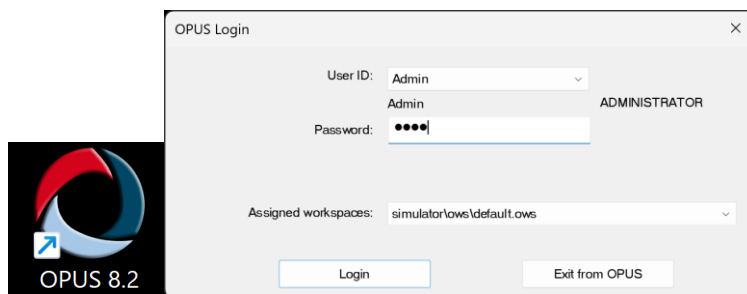


Figura 10. Icono e Inicio Software Opus: Datos de ingreso a Opus 8.2 (inferior) (PASSWORD: OPUS).

- Al iniciar OPUS, se muestra el número de serie de su copia del OPUS y el nombre de usuario registrado por defecto. El paquete básico OPUS integra paquetes de licencia adicionales como una aplicación todo-en-uno (Figura 11).

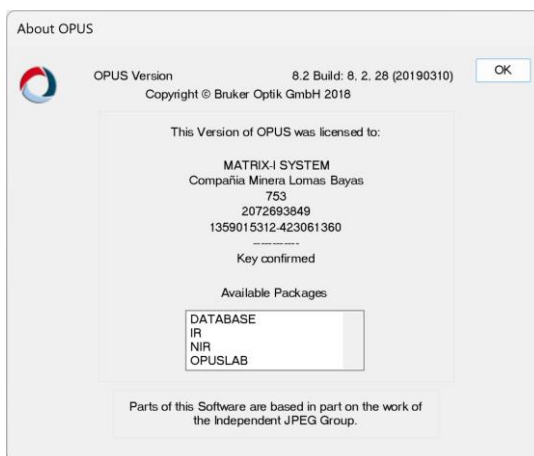


Figura 11. Ventana inicio sesión Opus... dar OK.

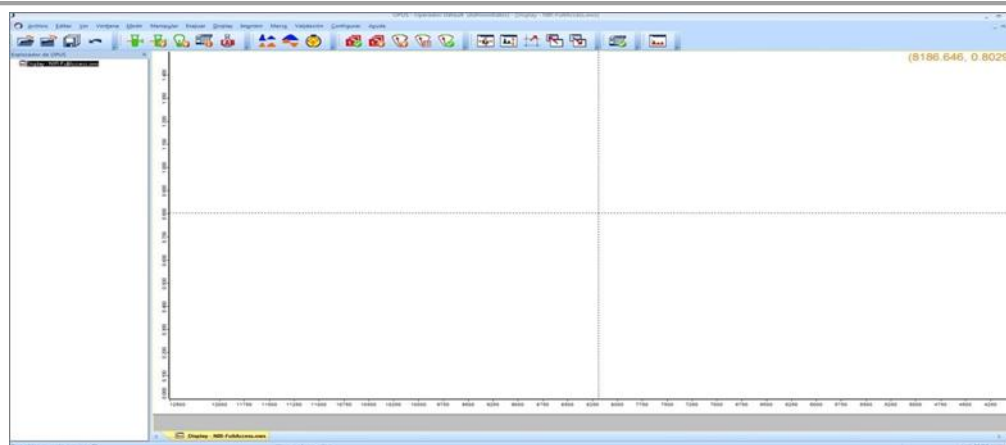


Figura 12. Pantalla de trabajo Software OPUS.

6.2.7. Optimización del Instrumento

Iniciado Opus, diariamente (cada 24 horas) será necesario realizar un test de diagnóstico en el siguiente ícono (Figura 9), que indica que el MATRIX está conectado y sin problemas para usar. Si existen problemas se mostrarán los siguientes colores:

- **Gris:** Indica que el instrumento y el computador no están bien conectados.
- **Amarillo:** Indica alerta, ya sea por problemas de la lámpara que esté llegando a su fin o que el test diario PQ está caducado.
- **Rojo:** Indica error, ya sea que se quemó la lámpara y/o láser sin posibilidad de utilizar el instrumento.

Haciendo un click en Run the OPV Tests:  (figura 13), ubicado en la barra de herramientas, se verá el estado del instrumento, donde podrán ejecutarse varios diagnósticos si la luz no está en verde .



Figura 13. Barra de herramientas Software OPUS y que muestra botón “RUN the OPV Test”.

Si la del instrumento indica que la evaluación del estado está expirada (EXPIRED) (Figura 14), se debe seleccionar el icono con imagen del equipo para iniciar el diálogo de medida de OVP (Figura 15):

- **Test PQ:** ya que el test expira pasadas 24 horas de realizado.
- **Test OQ:** se realiza una vez al año.

Finalizada la evaluación, automáticamente se generará un reporte OVP (*Opus Validation Program*) y archivo en *.pdf, que muestran el estado de todos los parámetros del instrumento.

Visualizar reporte en ANEXO 3.

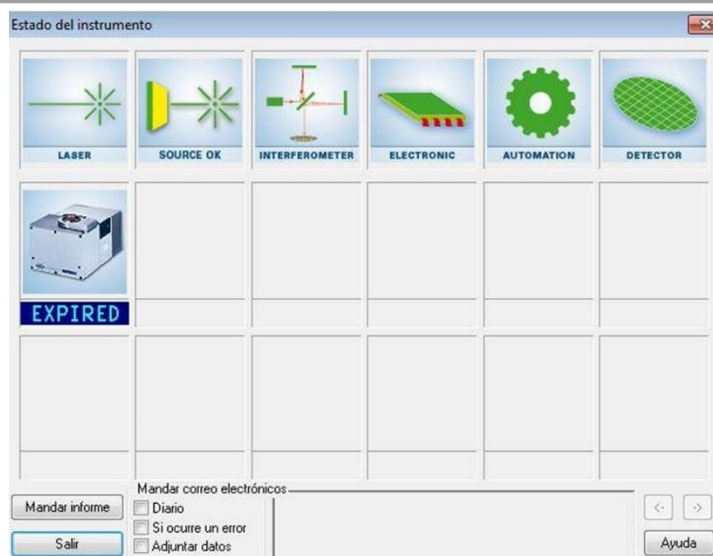
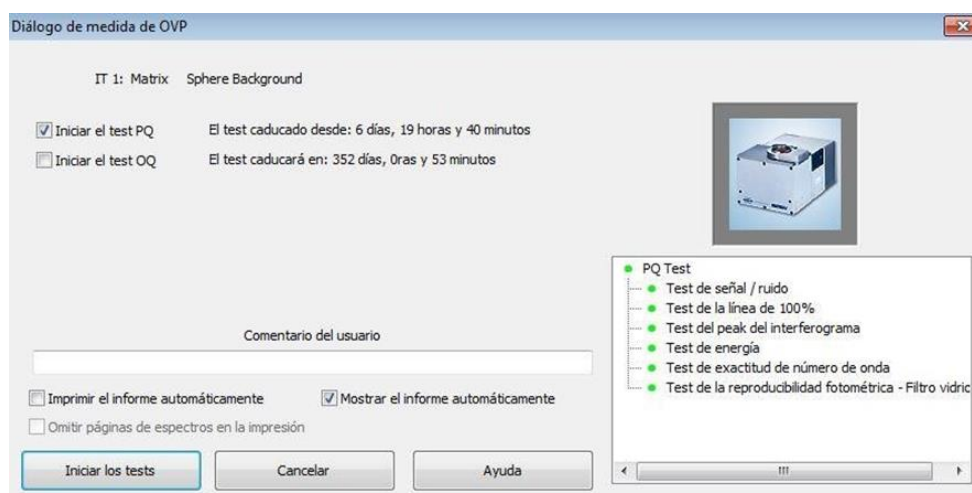


Figura 14. Ventana en OPUS que indica el estado del instrumento.



Resultado total del test: = APROBADO ✓

Figura 15. Diálogo de medida de OVP.

6.2.8. Uso del OPUS QUANT

El propósito de QUANT es el análisis cuantitativo de una muestra multicomponente desconocido. Sin embargo, con el fin de realizar un análisis, QUANT primero tiene que "aprender" sobre el sistema (yacimento). Esto significa que se tiene que desarrollar un modelo quimiométrico, utilizando una serie de muestras de calibración de composición conocida que son representativos del sistema. Los

espectros del infrarojo (IR) de estas muestras serán utilizados por QUANT para calcular una función de calibración, que esencialmente es el modelo utilizado para el análisis de futuras muestras desconocidas.

El paquete de software OPUS/QUANT se ubica en la barra de herramientas de OPUS:



El módulo está diseñado para el análisis cuantitativo de los espectros que consiste en bandas que muestran un considerable solapamiento. Por lo general, se originan a partir de muestras que contienen uno o varios componentes en una matriz. El software permite determinar la concentración de más de un componente en cada muestra de forma simultánea. Para este propósito, QUANT utiliza un método de ajuste de mínimos cuadrados parciales (PLS), el cual se detalla en su respectivo manual.

6.2.9. Modelo de Calibración

El primer paso de la construcción de un modelo quimiométrico es escoger un número suficientemente grande de muestras para representar a su sistema. Estas muestras tienen que ser analizadas cuantitativamente mediante un método fiable para determinar sus componentes, tal como una Difracción de Rayos X (DRX). Entonces los espectros IR de todas las muestras se toman y, dependiendo del tipo de método de validación utilizado, se forma un conjunto de calibración y un conjunto de pruebas de estos espectros (ver libro Multivariate Calibration: Cozen, 2014 ubicado en Laboratorio de Mineralogía en Muestretera LB).

Los modelos desarrollados se dividen en 2 para determinar sus parámetros el primero Lomas I el cual consta de 7 componentes y el siguiente Lomas II Fortuna con 6 componentes, los modelos fueron cargados a OPUS para cuantificar la siguiente mineralogía (figura 16):

LOMAS I:

Métodos QUANT	Factor M.-distance	Límite inferior	Límite superior
Swelling Clay LBI Oct 2020.q2	1	3.3	18.2
Water Soluble LBI Oct 2020.q2	1	0.5	9.1
Kaolinite LBI Oct 2020.q2	1	0	5.9
Muscovite LBI Oct 2020.q2	1	3	22
Chlorite LBI Oct 2020.q2	1	0	8.2
QKPT LBI Oct 2020.q2	1	41.3	84.7
Biotite LBI Oct 2020.q2	1	0	8.2

LOMAS II:

Métodos QUANT	Factor M.-distance	Límite inferior	Límite superior
Swelling Clay Aug 2020.q2	1	5.6	22.3
Water Soluble Aug 2020.q2	1	0	18.2
Chlorite Aug 2020.q2	1	0	9.3
Muscovite-Sericite Aug 2020.q2	1	1.1	32.9
Kaolinite Aug 2020.q2	1	0	9.2
QKPT Aug 2020.q2	1	40.2	82.2

Figura 16. Parámetros modelos calibración 2020 para Lomas I y Lomas II.

La configuración del modelo o experimento se carga en adquisición de datos avanzada y donde los parámetros de ajustes se pueden visualizar en el módulo ubicado en la barra de herramientas de OPUS:



6.2.10. Desarrollo de un modelo de Calibración

La creación de un método de calibración se configura en método de Quant 2:



Por lo general, se requieren dos pasos:

- La calibración del método.
- El análisis para determinar un valor de una muestra desconocida.

Para iniciar un modelo (ecuación desde cero), se necesitan dos componentes:

- Espectros (varios).
- Datos analíticos de referencia (uno o varios, ej: DRX = difracción de rayos X).

Luego se debe seguir el siguiente proceso:

- **Cargar método:** permite cargar un método existente Quant 2. Además, se muestra información estadística sobre el método. Para crear un nuevo método, hacer clic en la ficha Componentes.
- **Componentes:** se cargan los elementos, por ejemplo, arcilla y la unidad en porcentaje. Luego se añaden los datos analíticos, los cuales se pueden copiar desde un archivo Excel utilizando el comando Ctrl+v para pegar. Es importante que estos datos se encuentren ordenados.
- **Espectros:** se deben cargar los espectros analíticos (DRX por ejemplo).
- **Parámetros:** se definen los pretratamientos matemáticos. En este caso, se recomienda la derivada 1° y la derivada 1° + normalización vectorial SNV. También se debe precisar el smoothing o los puntos de suavizado, el cual se recomienda en 17. Finalmente se define el rango de trabajo en selección interactiva de regiones, donde aparecerá el espectro. Para agregar el rango se debe hacer click derecho en el espectro.

- **Validar:** (siempre validación cruzada), realiza el cálculo para generar una curva de calibración.
- **Optimizar:** donde se debe elegir el de menos rango, es decir, el de menos términos, para así no sobre-explicar del modelo. Al realizar esto hay que tener en cuenta de que el error sea bajo. Luego de seleccionar el elegido se da click en utilizar.
- Por último, se guarda la calibración en guardar método, donde se van a generar tres archivos con las siguientes extensiones: .q2, .q2o y .q2v.

6.2.11. Uso del OPUS LAB

La aplicación OPUS LAB es la encargada de generar los espectros (figura 17). Para iniciarla se debe abrir el software principal OPUS y dar click en el icono de OPUS LAB ubicado en la barra de herramientas de OPUS (Figura 12).

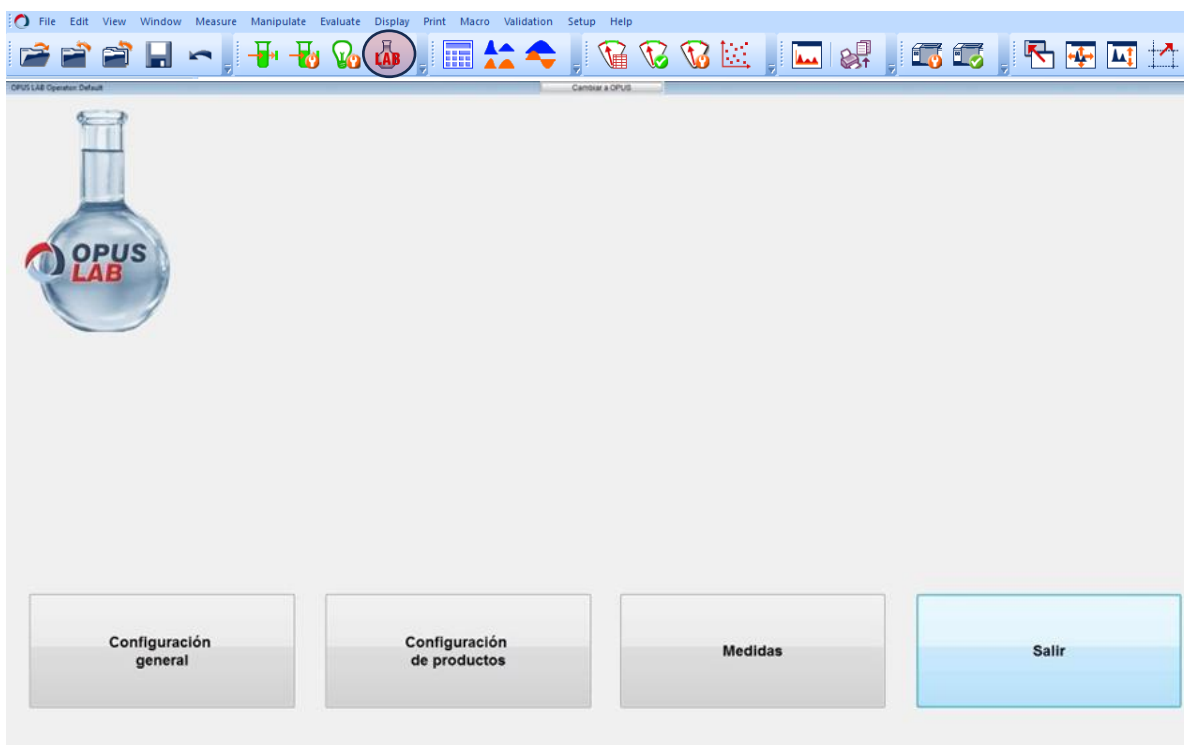


Figura 17. Parámetros modelos calibración 2020 para Lomas I y Lomas II.

Dentro de la aplicación OPUS LAB, se encuentran las siguientes opciones:

Configuración general:

En OPUS/LAB “Configuración General” se encuentran las siguientes opciones, cuyos parámetros son (figura 18):

- General.
- Instrumento.

- Rueda de muestras.
- IDENT.
- QUANT.
- Imprimir.
- Accesorios externos.

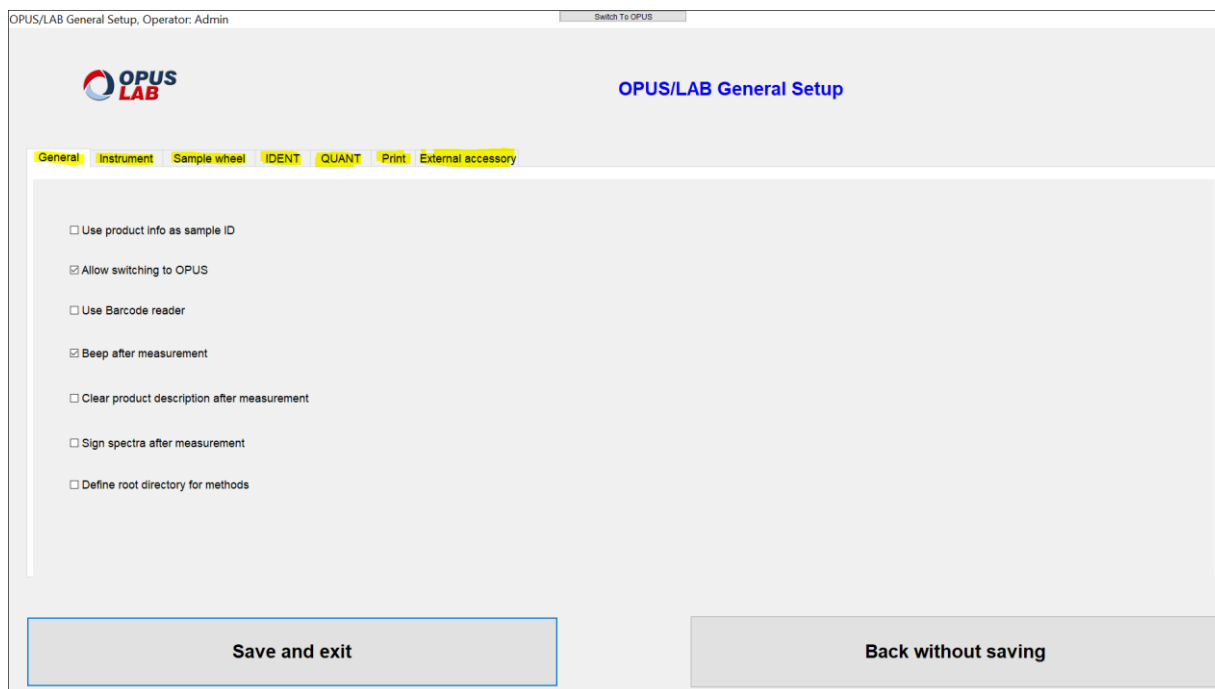


Figura 18. OPUS/LAB “Configuración General” modelos calibración 2020 para Lomas I y Lomas II.

6.2.12. Configuración del Producto

Cada producto forma parte de un grupo de productos (figura 19). Si selecciona un determinado grupo de productos, la lista desplegable de productos incluye todos los objetos especificados para el grupo de productos correspondiente. Esos cinco productos que se han utilizado con más frecuencia se muestran como favoritos:

- Experiment = Experimento.
- Background.
- QUANT (parámetros de análisis cuantitativos).
- IDENT (Parámetros de la prueba de identidad, NeuroDeveloper).
- Storing Options = Opciones de archivo.
- Log/Report = Log/Informe.

Análisis Espectrometría Matrix-I FTNIR & Software OPUS

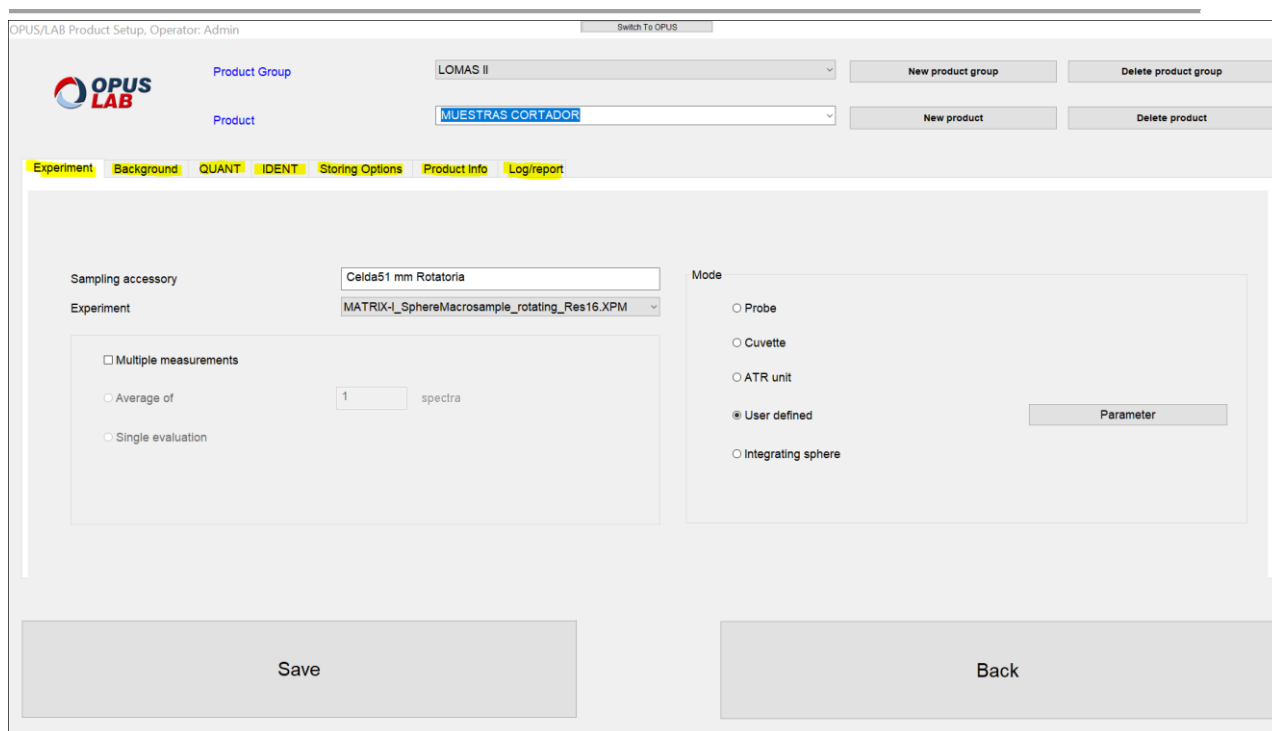


Figura 19. Configuración productos modelos calibración 2020 para Lomas I y Lomas II.

Ingreso de nuevos parámetros:

- Copiar los archivos de los nuevos parámetros en la carpeta “Quant” siguiendo la siguiente secuencia (figura 20):
- C:\Users\Public\Documents\Bruker\OPUS_8.2.28\OpusLab\Quant.
- Ingresar a Opus y en configuración de productos.
- Ingresar a la opción Quant, en la pestaña “Métodos Quant” seleccionar el nuevo parámetro y “Añadir”.
- Ingresar el límite inferior y superior según corresponda y guardar.

Análisis Espectrometría Matrix-I FTNIR & Software OPUS

OPUS/LAB Product Setup, Operator: Admin Switch To OPUS

Product Group LOMAS II New product group Delete product group

Product MUESTRAS CORTADOR New product Delete product

Experiment Background **QUANT** IDENT Storing Options Product Info Log/report

☒ active

QUANT methods	Factor Mah. Dist.	Lower limit	Upper limit	Density Limit	Spectral Residual
Swelling Clay Aug 2020.q2	1	5.6	22.3		☐
Water Soluble Aug 2020.q2	1	0	18.2		☐
Kaolinite Aug 2020.q2	1	0	9.2		☐
Muscovite-Sericite Aug 2020.q2	1	1.1	32.9		☐
Chlorite Aug 2020.q2	1	0	9.3		☐
GRPT Aug 2020.q2	1	40.2	82.2		☐

QUANT methods Biotite LBI Oct 2020.q2 Add Remove

Exception handling

Copy conspicuous spectra in separate folders

☒ if Mahalanobis Distance outlier

☐ if spectral residual outlier

☐ if limit outlier

☐ if density too low

☒ Exception folder ☐ Sub folder

Instruction if conspicuous spectrum

Instruction if limit deviation

Save Back

Figura 20. Ingreso de nuevos parámetros modelos de calibración.

6.2.13. Medidas: Referencia, muestra patrón y muestras a analizar

La pantalla de inicio de medidas se muestra en figura 21, donde se observa que se detalla el tipo de instrumento, número de serie y nombre de usuario:

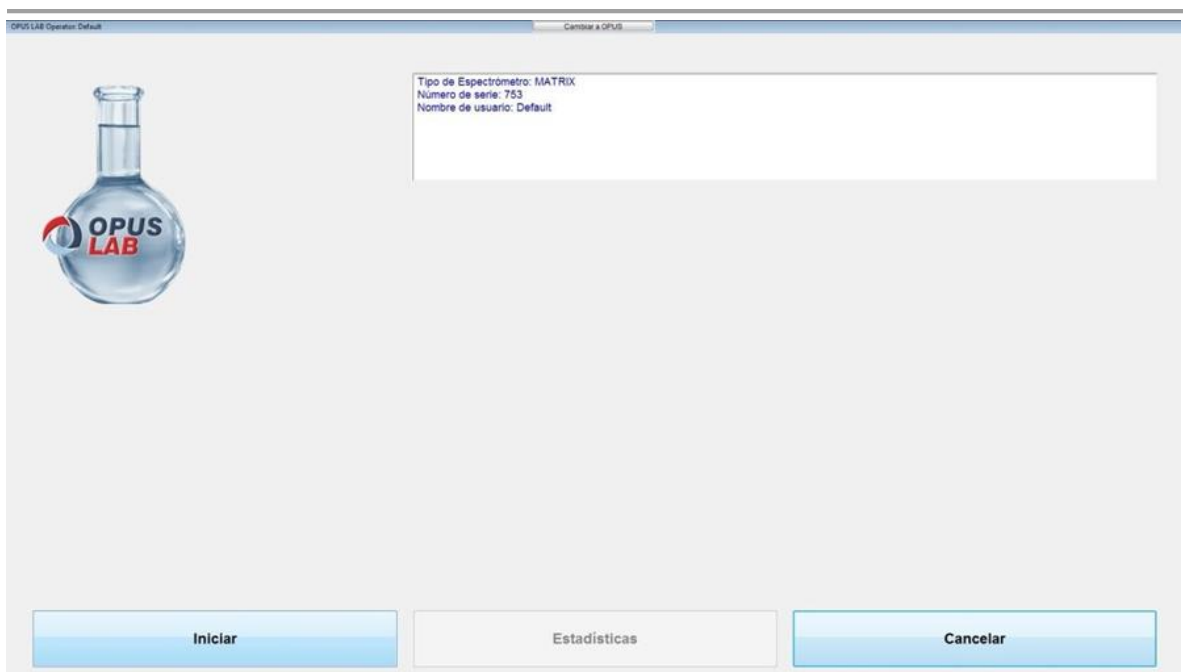


Figura 21. tipo de instrumento, número de serie y nombre de usuario.

Antes de iniciar la medición en muestras se debe llevar a cabo una medición de fondo o de referencia. El estado de la última medición de la referencia se indica con fecha y hora (figura 22).

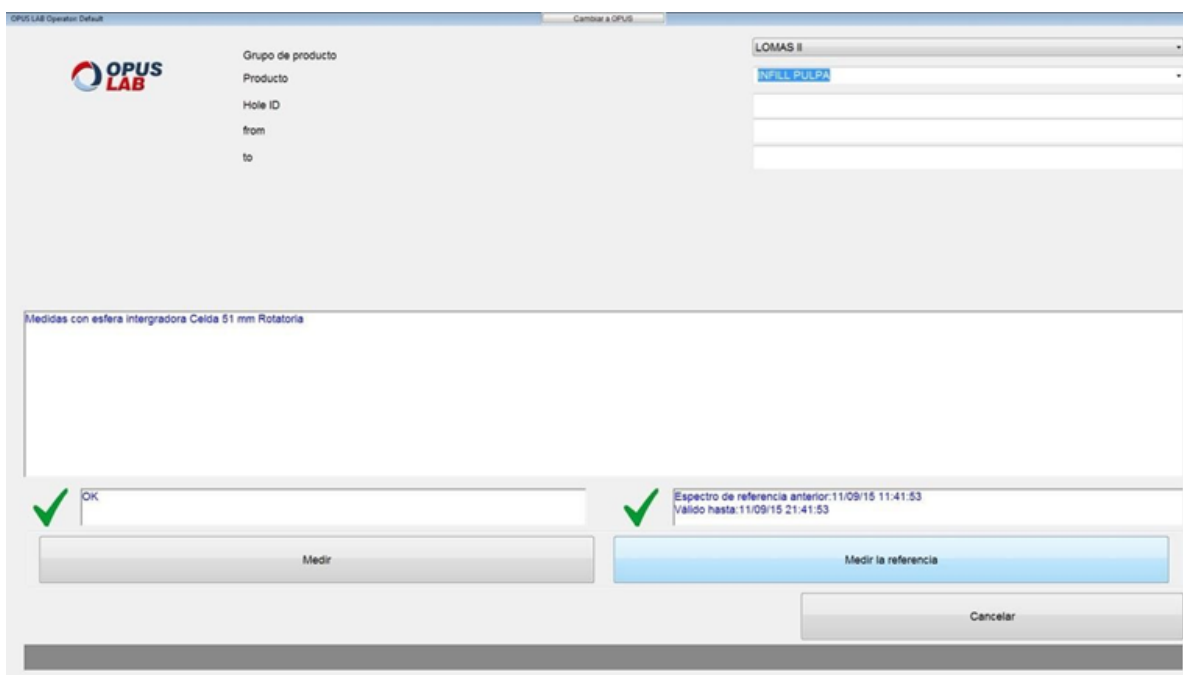


Figura 22. Estado de la última medición de la referencia se indica con fecha y hora.

El estado de una medición de la referencia se muestra en OPUS como sigue con una marca de verificación verde que indica que un espectro de fondo está disponible para la muestra, de lo contrario indicará con una cruz roja. Una vez medida la referencia es posible realizar mediciones en las muestras (figura 23).



Figura 23. Estado de una medición de la referencia se muestra en OPUS.

Para mantener el estándar de la calibración, se debe medir la referencia cada 10 muestras o cada 10 minutos si las medidas no son continuas si éstas se llevarán al modelo de calibración.

6.2.14. Salir del OPUS LAB

Para salir del módulo OPUS LAB solo hacer click en Salir (figura 24). Es necesario realizarlo antes de cerrar OPUS:

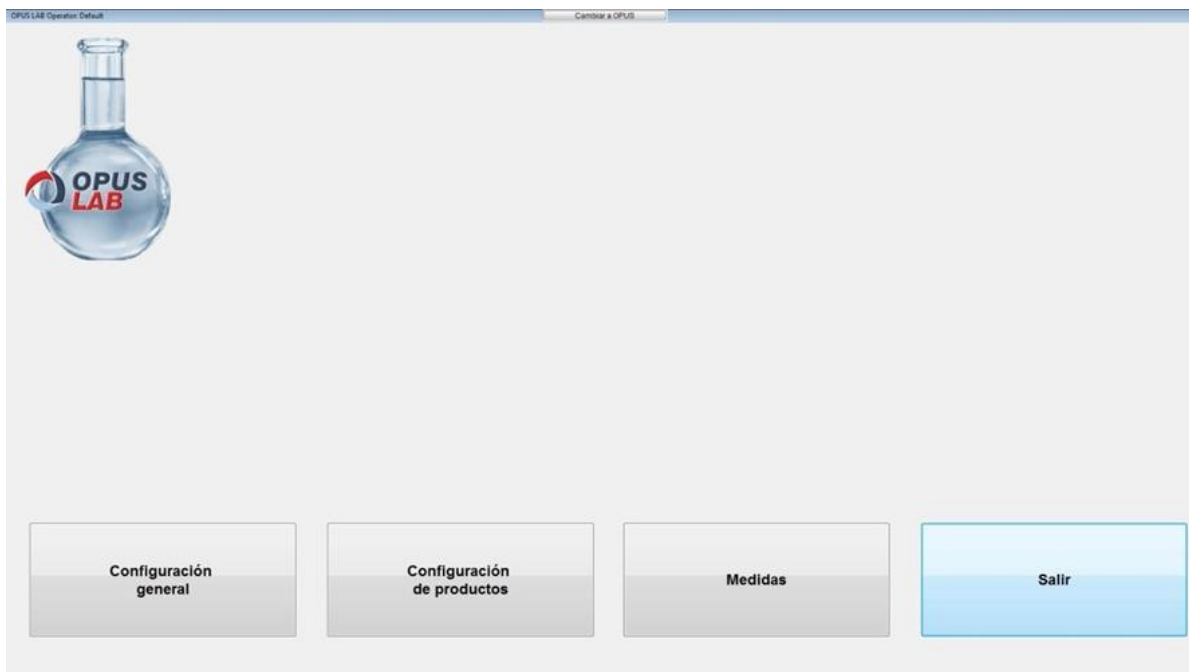


Figura 24. Estado de una medición de la referencia se muestra en OPUS.

6.3. Proceso de Toma de Lectura Espectral

La secuencia de trabajo es la siguiente:

- Identificación de muestras a preparar.
- Las muestras por analizar deben ser transportadas hasta el área donde se realizarán las mediciones (laboratorio), en forma segura, con precaución, teniendo especial cuidado en no transportar exceso de muestras.
- Asegurarse que el piso y el sector donde se realizará el trabajo esté limpio para evitar caídas de personas, equipos y material.
- Será responsabilidad de quién realice el análisis lo ejecute de manera segura, tranquila y de acuerdo con estándares de Seguridad y Housekeeping de Lomas Bayas.
- Identificar que la muestra a medir no esté contaminada o se encuentre húmeda.
- Calibrar equipo y establecer numeración en software OPUS LAB.
- Una vez identificadas y ordenadas las muestras se realiza la medición en instrumento.
- Realizar calibración de equipo cada 10 muestras, si se descontinúa la medición se debe calibrar cada 10 minutos.
- Una vez terminada la actividad, las muestras se deben guardar, almacenar según su banco-fase-patio (en el caso de ser pozos de tronadura) y rotulando en bolsa para su identificación con el mes y desde hasta según corresponda la fecha y en caso de sondaje se debe almacenar según el pozo y desde hasta de las muestras.
- El traslado de las muestras debe realizarse en forma segura, con precaución, teniendo especial cuidado en no transportar exceso de muestras.
- Apagar instrumento y controlador debe realizarse en forma segura y con precaución, teniendo especial cuidado con los accesorios delicados, limpiando todas sus partes, en especial los blancos de calibración.
- Dejar limpio, ordenado y cerrado el laboratorio.
- Cerrar con llave gavetas y laboratorio.

6.3.1. Control y aseguramiento de calidad QAQC

Para el control de la calidad entre las muestras que generan las lecturas en el proceso de Matrix, se desarrollan las siguientes instrucciones:

- En el proceso de lectura se debe realizar (nombrado en la tarea anterior) cada 10 muestras una medida de referencia que tiene el equipo en forma interna o cada 10 minutos si la medición no es continua. La medida se debe realizar en igual caso de no completar las 10 muestras, esta medida es la primera que se efectúa antes de iniciar la lectura de las muestras de terreno y es un estándar donde el equipo automáticamente identificará si está apto para seguir el trabajo. El equipo emitirá una aprobación en el caso de pasar la prueba, en forma contraria no se puede leer las muestras.
- El espectro que se encuentra ingresando a la siguiente carpeta:
C:\Users\Public\Documents\Bruker\OPUS_8.2.28\OpusLab\Spec.
- Con la misma metodología anterior se debe proceder a realizar una medida de muestra de DUPLICADO.
- Se debe dejar registro de las mediciones realizadas en planilla, esta se encontrará en la siguiente ubicación:

POZOS DE TRONADURA:

Y:\Superintendencia_Geología\A.04_Espectrometria\02.MATRIX\01.BLASTHOLES\CONTROL POZO TRONADURA\01. PLANILLAS DE CONTROL ANUAL\2024

SONDAJES:

Y:\Superintendencia_Geología\A.04_Espectrometria\02.MATRIX\02.BOREHOLES\CONTROL PULPAS SONDAJE\01.PLANILLA CONTROL ANUAL

CORTADOR:

Y:\Superintendencia_Geología\A.04_Espectrometria\02.MATRIX\03.CORTADOR\MUESTRAS CORTADOR\2024

6.3.2. Control o Responsabilidades de Medición de Muestras

Responsabilidades con el equipo

- Será responsabilidad del encargado del equipo, verificar que se encuentre el equipo con sus mantenciones al día.
- El encargado del equipo debe avisar de forma oportuna el cambio y reemplazo de los componentes.

Responsabilidades con la medición de muestras

Será responsabilidad de quien realice la toma de muestras, verificar el correcto estado de las muestras a analizar.

Es importante tomar en cuenta algunos aspectos que incidirán en gran medida sobre una buena o mala adquisición de datos espectrales:

- **Almacenamiento:** Las condiciones de almacenamiento de las muestras sean las adecuadas y no exista evidencia de contaminación.
- **Humedad:** El agua posee características espectrales bien definidas. Al añadir agua a la muestra se puede enmascarar o disolver rasgos diagnósticos de ciertas especies, lo que provocará una mala lectura y por tanto una interpretación poco precisa de los espectros. Existen tres reglas cardinales sobre la muestra antes de medir y es que la muestra debe estar, completamente seca.
- **Superficie irregular:** Es importante que la superficie que se analice sea lo más regular posible, “plana”, de lo contrario, se obtiene un espectro deformado. A este fenómeno se le conoce como ruido, que pueden ser originados por muestras muy porosas, fracturadas, granudas, etc.
- **Color:** En un set de datos se debe tener presente el color de la muestra ya que el método se basa en medir características de ondas reflejadas por minerales. En el caso de presencia de minerales de alta reflexión, tales como sulfuros, las características de los espectros se verán afectadas por ruido, en mayor o menor proporción dependiendo del contenido de estos minerales. Por otro lado, aquellos minerales de color oscuro, como la turmalina, que poseen un alto nivel de absorción; o minerales muy translúcidos, como calcita pura, yeso y otros, conducen la luz en su interior, generan un pobre desarrollo de rasgos de absorción.
- **Tipo de muestra:** No mezclar en un set de datos muestras provenientes fuentes distintas, en cuanto al tipo de muestreo (ej: DDH con RC). El tamaño de la muestra es importante: ie:

mezclar tipos de muestra y muestreo puede distorsionar o degradar los rasgos espectrales de las especies presentes. La literatura indica que muestras que han sido sometidas a pulverización, pueden presentar variaciones mínimas en sus rasgos espectrales ya que durante el proceso se puede generar algo de calor que alterará la estructura cristalina de ciertos minerales.

- **Ambiente:** Se debe procurar trabajar en un mismo set de datos en las mismas condiciones ambientales tales como luminosidad (artificial o natural), temperatura y humedad. Por ejemplo, los tubos fluorescentes producen ruido eléctrico, lo que es captado por el instrumento distorsionando los espectros, especialmente en los extremos.
- **Otros:** Agentes contaminantes externos como grasa, lodo de perforación, aceites, tintas, materia orgánica, etc., provocan alteraciones importantes en los rasgos espectrales de la muestra.

6.4. Riesgos de la Tarea

- Supervisores y ejecutores de la actividad deben realizar OBLIGATORIAMENTE:
- Reunión de Inicio de Jornada junto con las otras áreas de Muestrea LB para informarse sobre las tareas que se desarrollaran en el transcurso de la jornada.
- Aplicar siempre OBSERVAR, PLANIFICAR, EJECUTAR.
- Cambiar las posiciones de trabajo frecuentemente para que el trabajo en una posición sea de una razonable corta duración, evitar inclinarse, estirarse y girar en extremo; poner el ritmo de trabajo adecuado; dedicar períodos de descanso convenientes para relajarse; los ejercicios también pueden ayudar; ajustarse gradualmente.

6.4.1. Riesgos Potenciales

Supervisores y ejecutores de la actividad deben realizar OBLIGATORIAMENTE:

- Reunión SAFEWORK junto con las otras áreas de Muestrea LB para informarse sobre las tareas que se desarrollaran en el transcurso de la jornada.
- Aplicar siempre OBSERVAR, PLANIFICAR, EJECUTAR.

Todo personal que realice la tarea se encuentra expuesto a potenciales riesgos y debe controlarlos o eliminarlos de acuerdo al siguiente análisis de riesgos en ANEXO 1

6.5. Gestión Ambiental

Para la preservación y cuidado del medioambiente, se les exige a todo el personal de Geología y sus colaboradores, cumplir lo indicado y comprometerse plenamente a:

- No circular por sectores donde no existan caminos para no alterar las condiciones naturales del suelo.
- No botar basuras y/o desechos tales como: restos materiales plásticos o de otra índole, botellas, bolsas, cartones, etc.
- Estar atento a las condiciones mecánicas de los vehículos propios y ajenos y chequear continuamente que no tenga filtraciones de aceites, grasas y petróleo.

-
- Tener una actitud proactiva y solidaria, ante cualquier condición anormal que perjudique el medioambiente, informar y si es posible corregir. También se les solicita cooperar en la limpieza de los sectores contaminados cuando los desechos sean manipulables y depositarlos en los recipientes adecuados y dispuesto para ello, o en su defecto, trasladarlos al patio de residuos.

En caso de necesitar realizar alguna disposición de material generado, por favor referirse al informe “Sistema de Gestión Ambiental Muestra geología CMLB”.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Riesgo del Trabajo

SECUENCIA DE TRABAJO	RIESGOS POTENCIALES	CONTROL DE RIESGOS
1. Ingreso al Laboratorio Mineralogía Muestrera LB:	1.1. Caída Nivel	Revisión del área, mantener orden y aseo (housekeeping).
	1.2. Daño a equipo	Precaución y concentración del entorno del instrumento, controlador, accesorios, cables de alimentación eléctrica y otros instrumentos ubicados en el lugar.
	1.3. Instrumento, controlador, accesorios y enchufes	Chequeo de todo de los equipos antes de usar, verificando que estén en óptimas condiciones. Cualquier anomalía deberá informar a supervisor de laboratorio y/o muestrera.
2. Desarrollo del trabajo:	2.1. Pérdida de información.	Manipulación segura y tranquila de instrumento y muestras, trabajando en superficies estables y en buenas condiciones (mesas, mesones, piso, etc) y no manipular líquidos alrededor.
	2.2. Caídas	Precaución al trabajar en área manteniéndola siempre en forma limpia, ordenada y despejada.
	2.3. Cortes	Precaución al operar con muestras cuyo embalaje tenga corchetes u otro elemento que pueda punzar o cortar.
	2.4. Exposición al polvo	Limpieza de vasos portamuestras fuera del laboratorio con aire de limpieza.
	2.5. Electrocución	Atención al manipular enchufes, chequear estado de cables.
	2.6. Sobreesfuerzo	Trabajar en forma pausada y lenta. Cambiar las posiciones de trabajo frecuentemente para que el trabajo en una posición sea de una razonable corta duración, evitar inclinarse, estirarse y girar en extremo; poner el ritmo de trabajo adecuado; dedicar periodos de descanso convenientes para relajarse; los ejercicios también pueden ayudar; ajustarse gradualmente.
3. Finalización de trabajo:	3.1. Caídas	Precaución al trabajar en área dejándola limpia, ordenada y libre de obstáculos. Estar atento a las condiciones del laboratorio.
	3.2. Daño a equipo	Precaución y concentración del entorno del instrumento, controlador, accesorios, cables de alimentación eléctrica y otros instrumentos ubicados en el lugar.
	3.3. Instrumento, controlador, accesorios y enchufes	Chequeo de todo de los equipos luego de usar, verificando que estén en óptimas condiciones. Cualquier anomalía deberá informar a supervisor de laboratorio y/o muestrera.
	3.4. Pérdida de información	Actualizar información en PC y carpeta.
4. Salida de Laboratorio Mineralogía Muestrera LB:	4.1. Cierre Laboratorio	Dejar laboratorio con luces apagadas, aire acondicionado encendido a 23°C y puerta con llave.

Anexo 2. Protocolo de desechos de muestras cortador

- Realizar ART para la actividad, una vez en el patio el supervisor de Resiter firmará como dueño de área.
- Solicitar autorización al jefe Patio de Resiter por canal 8 para ingresar al patio.
- Al ingreso al patio se deberá tarar la camioneta para tener un peso inicial.
- Se debe completar el Formulario de ingreso y salida del patio de salvataje, completar primer y segundo recuadro (formulario anexo).

Análisis Espectrometría Matrix-I FTNIR & Software OPUS

- El formulario se debe rellenar marcando los casilleros de: Lomas Bayas y el de Ingreso. Como área y empresa poner Geología y CMLB respectivamente.
- Como es el caso de pulpas marcar la casilla de residuos y la de Industrial No Reciclable. Finalmente, en el nombre de residuo poner “pulpas (res. Industrial).
- En el lugar el jefe de patio les indicará el sector donde deben dejar las pulpas.
- Al salir se debe volver a tarar camioneta y se les entregará el peso final de los residuos dispuestos.

LOMAS BAYAS		REGISTRO INGRESO Y RETIRO DE MATERIALES DEL PATIO DE RESIDUOS	
LOMAS BAYAS	☐	AREA	
ESE	☐	EMPRESA	
INGRESO	☐	FECHA	
RETIRO	☐		
INGRESO			
* Equipo	☐	N° registro	
* Componente	☐	N° registro	
Estructura	☐		
Residuos	☐	Tipo de Residuos	☐ Industrial No Reciclable ☐ Industrial Reciclable ☐ Industrial Peligrosos No Reciclable ☐ Industrial Peligrosos Reciclable
Los ítem con (*) deberán ser acompañados con registro de baja entregado por Gerencia de Administración y Finanzas para la autorización de ingreso.			
Descripción de Ingreso:		Características de Peligrosidad	
Nombre Residuo	Peso (Kg)	☐ Corrosivo ☐ Reactivo ☐ Inflamable ☐ Tóxico	Observaciones
RETIRO			
Maderas	☐	* Equipos	☐
Correas	☐	* Componentes	☐
Carpeta	☐	* Estructuras	☐
Botellas	☐	Bins	☐
		Otras (especificar)	☐
Todo retiro necesita firma de Medio Ambiente. Los (*) deberán tener el VB en terreno por parte de Medio Ambiente.		Nombre Residuo	
Nombre responsable del retiro:		Firma	
Nombre encargado Medio Ambiente:		Firma	

Código: LB-IF-SMA-SLB-0001

Anexo 3. Reporte OVP – PQ Test protocol

OVP - PQ Test Protocol			
Company:	Compañía Minera Lomas Bayas		
Operator:	Admin		
Instrument Type:	Matrix Sphere Background		
Optics Configuration:	Sphere Background with: NIR, Quartz, RT-PbS [External]		
Accessory:	None		
Instrument Serial Number:	753		
Instrument Firmware Version:	2.450 Oct 10 2014		
OPUS/DB Version:	OPUS 8.2 Build: 8, 2, 28 / DB: 8,2,28,242		
Overall Test Result	PASSED		
Test expires:	10/20/2024, 2:59:44 PM (GMT-3)		
Test Date/Time:	10/19/2024, 2:59:44 PM (GMT-3)		
Test Spectra Path:	C:\Users\Public\Documents\Bruker\OPUS_8.2.28\Validation\Data\20241019\145944		
Date of last PQ Reference Measurement	12/16/2019		
Comment:			
Signal to Noise Test			
Minimum S/N(area 1):	500	Measured S/N:	3050
100% Line Test			
Maximum 100% Line Deviation:	0.5	Measured 100% Line Deviation:	0.21
Interferogram Peak Test			
Minimum Amplitude[%] :	70	Measured Amplitude[%]:	113.5
Energy Test			
Maximum allowed Value:	30	Measured Value:	14.3
Wavenumber Accuracy Test - BRM 2065 (29.5 Deg. C, Peak is T. corr.)			
Sample Material:	BRM 2065		
Specified Peak:	10245.90 cm-1	Maximum Deviation:	0.60 cm-1
Measured Peak:	10246.01 cm-1		
Corrected Peak:	10245.94 cm-1	Measured Deviation:	0.04 cm-1
Photometric Reproducibility Test - Glass Filter A			
Maximum Deviation[%]:	0.8	Measured Deviation[%]:	0.03
Overall Test Result = PASSED			
Date and Signature		Date and Signature	
Page 1 of 5		Page Signature	

OVP - PQ Test Protocol



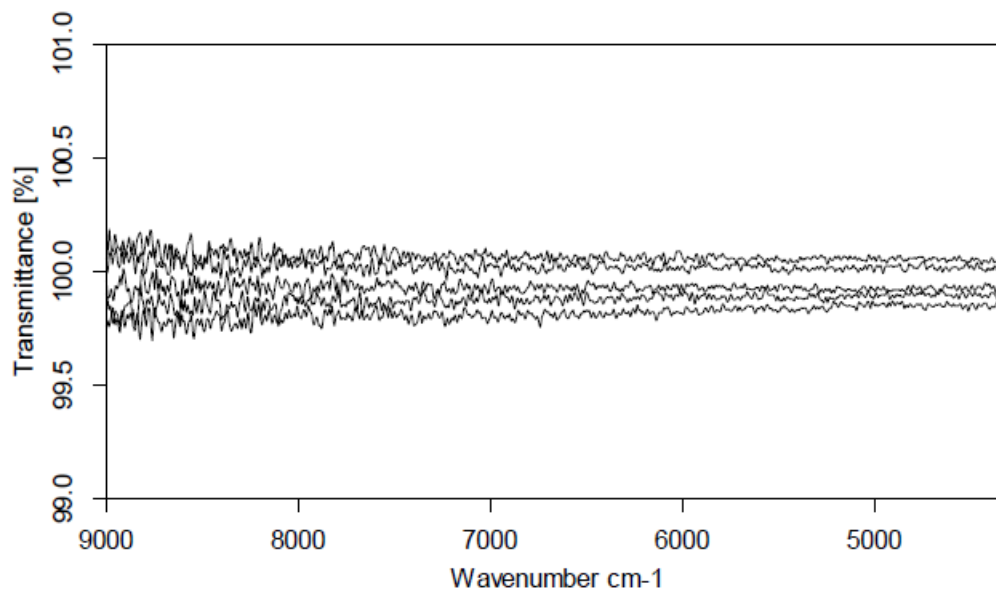
Signal to Noise Test, Spectra



100% Line Test, Spectra



Energy Test, Spectra



PQ_Matrix_Sphere_Background_Energy_1.0
PQ_Matrix_Sphere_Background_Energy_2.0
PQ_Matrix_Sphere_Background_Energy_3.0
PQ_Matrix_Sphere_Background_Energy_4.0
PQ_Matrix_Sphere_Background_Energy_5.0
505f9392-34fc-4054-8c2a-25baff19f3a63
e891ecbd-3490-4c6e-b84c-5c408cf236e3
58eaff12-56cb-498c-8879-94753330c71c
cac7b851-e75d-4376-ad85-10ace1acc09f
c28696a3-a7e6-46b0-babd-3f7c147fa0ba

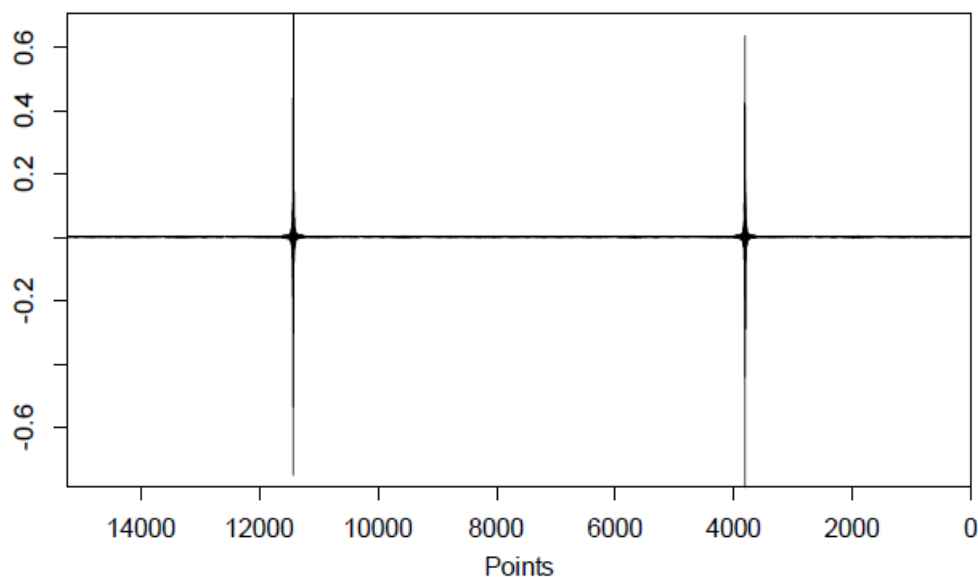
Energy Test, Measurement Parameters

Number of Scans: 10	Preamplifier Gain: Ref
Resolution [cm-1]: 8	Zero filling: 2
Aperture: Open	Phase Correction: Power Spectrum
Acquisition Mode: Double Sided, Forward-Backward	Velocity: 10 KHz
Apodization Function: Blackman-Harris 3-Term	Phase Resolution: 128
Low Pass Filter: 10 KHz	High Pass Filter: Open

OVP - PQ Test Protocol



Interferogram Peak Test, Spectrum



PQ_Matrix_Sphere_Background_Energy_1.0

505f9392-34fc-4054-8c2a-25baf19f3a63

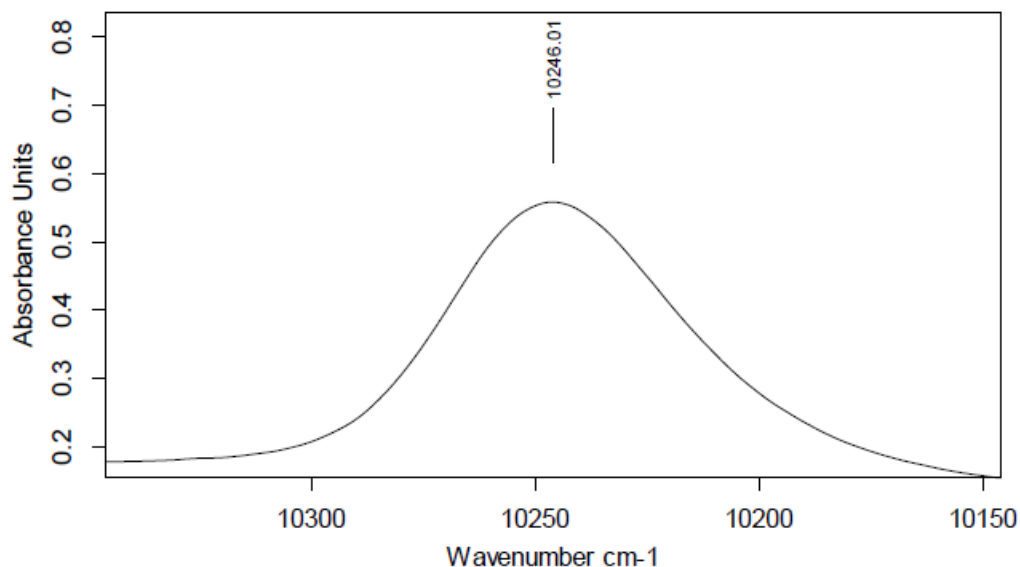
Interferogram Peak Test, Measurement Parameters

Number of Scans: 10	Preamplifier Gain: Ref
Resolution [cm-1]: 8	Zero filling: 2
Aperture: Open	Phase Correction: Power Spectrum
Acquisition Mode: Double Sided, Forward-Backward	Velocity: 10 KHz
Apodization Function: Blackman-Harris 3-Term	Phase Resolution: 128
Low Pass Filter: 10 KHz	High Pass Filter: Open

OVP - PQ Test Protocol



Wavenumber Accuracy Test BRM 2065 (29.5 Deg. C, Peak is T. corr.), Spectrum



PQ_Matrix_Sphere_Background_Frequency.1

6036dfd2-154d-4df3-9843-933097785f77

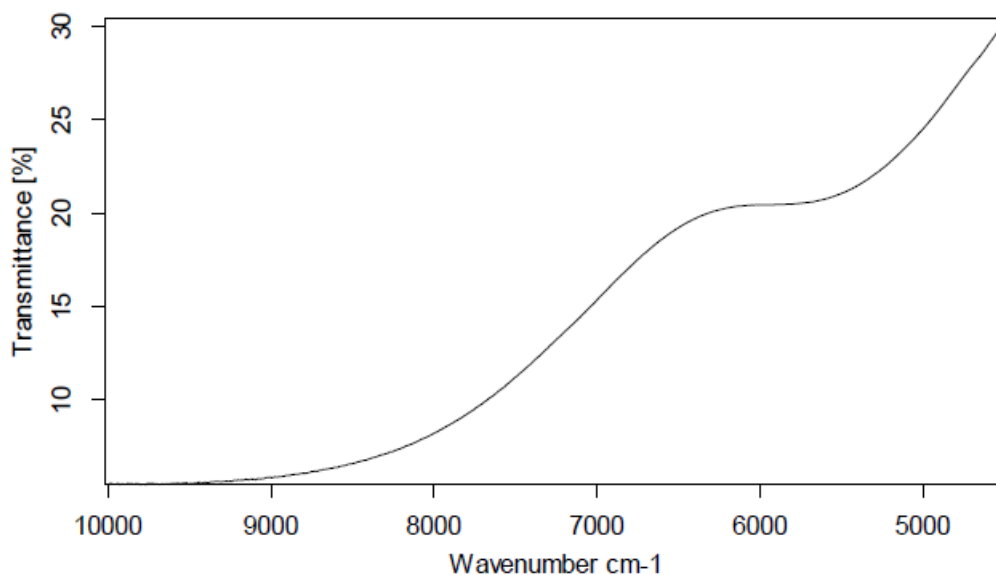
Wavenumber Accuracy Test BRM 2065 (29.5 Deg. C, Measurement Parameters)

Number of Scans: 32	Preamplifier Gain: Ref
Resolution [cm-1]: 4	Zero filling: 8
Aperture: Filter BRM2065	Phase Correction: Power Spectrum
Acquisition Mode: Double Sided, Forward-Backward	Velocity: 10 KHz
Apodization Function: Blackman-Harris 3-Term	Phase Resolution: 64
Low Pass Filter: 10 KHz	High Pass Filter: Open

OVP - PQ Test Protocol



Photometric Reproducibility Test - Glass Filter A, Spectrum



PQ_Matrix_Sphere_Background_GFA0

5e644ca8-2379-468d-9f8a-aab30c3d7cce

Photometric Reproducibility Test - Glass Filter A, Measurement Parameters

Number of Scans: 32	Preamplifier Gain: Ref
Resolution [cm-1]: 8	Zero filling: 2
Aperture: Filter NG9	Phase Correction: Mertz
Acquisition Mode: Double Sided, Forward-Backward	Velocity: 10 KHz
Apodization Function: Blackman-Harris 3-Term	Phase Resolution: 64
Low Pass Filter: 10 KHz	High Pass Filter: Open

Anexo 4. Medición de Muestras

La secuencia de trabajo es la siguiente:

- Las muestras se separan según el orden el cual el asistente analizará, es decir, sondaje pozo tronadura o muestras cortador.
- Idealmente se recomienda analizar los atributos 8, correspondiente a las muestras de pozo de tronadura, ordenándolos por reportes de muestreo correspondiente a cada día.
- Posteriormente, muestras de cortador, correspondiente al día.



- En extractor se debe trasvasiar dos palas de la muestra en las pozas muestras, una vez trasvasiada se da vuelta la pulpa para saber que esa ya fue medida.
- Se transporta a equipo matrix para su medición de 10 en 10.



- En recipiente se elimina la muestra medida y se limpia para posar muestras.
- La muestra medida que se encuentran dada vuelta (ver paso 2) se guardan de manera ordenada, según corresponda, es decir, para sondajes se guardan en su caja o bolsa previa identificada y para muestras pozo tronadura y cortador se debe guardar en bolsa identificando el mes y desde-hasta según fecha que corresponda y dejar en sector de guardado para bins una vez llenado la bolsa.



MATRIX		ÁREA:	HORA:		
ASISTENTE:					
EMPRESA:			FECHA:		
CADA ASISTENTE REALIZARA EL CHECK LIST DE MATRIX , DE ENCONTRAR ALGUNA NOVEDAD, DEBERA INFORMAR AL SUPERVISOR, QUIEN TOMARA LAS ACCIONES CORRECTIVAS NECESARIAS					
SEGURIDAD (Obligación)	SI/NO	MATRIX	B / M	OTROS	B / M
Uso de zapato de seguridad		Posillo para muestra muestras 2" n°1		Ups echufe (generador externo)	
Uso de guantes desechables		Posillo para muestra muestras 2" n°2		Muestras en buen estado	
Uso de respirador Filtro con Polvo		Posillo para muestra muestras 2" n°3		Mesones de trabajo	
Uso de lentes de seguridad		Posillo para muestra muestras 2" n°4		Aire comprimido	
Uso de chaleco de geologo		Posillo para muestra muestras 2" n°5		Balde de eliminación de muestras	
		Posillo para muestra muestras 2" n°6		Pistola Inalambrica	
		Posillo para muestra muestras 2" n°7		Extractor de polvo	
		Posillo para muestra muestras 2" n°8		Bandeja metalicas	
		Posillo para muestra muestras 2" n°9		PC	
		Posillo para muestra muestras 2" n°10		Teclado	
		Conexiones electricas		Mouse	
		Matrix (Bruker)			
		Boton de encendido (en parte posterior)			
		Porta muestras 2" (complemento de matrix)			
		Posillo para muestras 3" 3/4" n°1			
		Posillo para muestras 3" 3/4" n°2			
		Posillo para muestras 3" 3/4" n°3			
		Porta muestras 3" 3/4" (complemento de matrix)			
		Porta muestras 1"3/4 (complemento de matrix)			

N/A- NO APLICA

[illegible]

Anexo 6. Flujograma de análisis con espectro matrix

