

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

APORTES DESDE LA CIENCIA PARA LAS MUJERES ALFARERAS



Email:
mercedes.diaz@uptc.edu.co
Orcid:
<https://orcid.org/0000-0003-2634-7654>

Mercedes Diaz Lagos

PhD. En física de la materia condensada y nanotecnología de la UAM, España. Docente Titular de la Escuela de Ingeniería Geológica de la UPTC y líder del grupo de investigación en Ciencias de la Tierra y Tecnologías para la Sostenibilidad Ambiental CITESA.

Coordinadora de proyectos en las líneas de investigación relacionadas con geoquímica ambiental e hidrogeología, aplicadas al desarrollo de sistemas de baja dimensionalidad para aplicaciones ambientales y tecnológicas; ciencia de los materiales y educación, transformación Social e innovación. Autora de diferentes publicaciones y directora de tesis de posgrado y pregrado. Se ha desempeñado como decana y directora del centro de investigaciones y extensión universitaria de su Facultad.



Email:
johana.lopez02@uptc.edu.co
Orcid:
<https://orcid.org/0000-0002-2977-0848>

Johana Hosyris López Aparicio

Ingeniera geóloga de la UPTC seccional Sogamoso y miembro activo del semillero de investigación en Ciencias de la Tierra y Tecnologías para la Sostenibilidad Ambiental CITESA. Becaria de investigación y joven investigadora con cursos de formación en áreas de geología social, ciencia de los materiales y procesamiento de datos.

Coautora en ponencias de carácter nacional e internacional. Actualmente se desempeña como consultora en temas ambientales.



Email:
juliana.alvarado@uptc.edu.co
Orcid:
<https://orcid.org/0000-0002-3687-4469>

Juliana Andrea Alvarado Sánchez

Ingeniera Geóloga de la UPTC de la Seccional Sogamoso. Semillero de investigación durante su trayectoria académica en los grupos INGEOLOG y CITESA. Cuenta con experiencia en ponencias y eventos académicos, talleres y desarrollo de proyectos investigativos orientados hacia la geoquímica, hidrogeología, geología ambiental y social.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

APORTES DESDE LA CIENCIA PARA LAS MUJERES ALFARERAS

Caracterización de las arcillas de Sogamoso: Aportes desde la ciencia para las mujeres alfareras/
Characterization of Sogamoso clays: contributions from science for women potters/ Díaz Lagos,
Mercedes; López Aparicio, Johana; Alvarado Sánchez, Juliana; Díaz Alarcón, Jhonathan; Vergara Gómez,
Inés. Tunja: Editorial UPTC, 2023. 107 p.

ISBN (impreso) 978-958-660-806-0
ISBN (ePub) 978-958-660-807-7

Incluye referencias bibliográficas

1. Alfarería. 2. Caracterización fisicoquímica. 3. Minerales arcillosos. 4. Territorios sostenibles.

(Dewey 620.14/21) (Thema AFP - Cerámica, mosaicos y vidrio: obras de arte)



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



Rector, UPTC

Enrique Vera López

Comité Editorial

Carlos Mauricio Moreno Téllez, Ph.D.

Jorge Andrés Sarmiento Rojas, Ph.D.

Yolima Bolívar Suárez, Ph.D.

Pilar Jovanna Holguin Tovar, MSc.

Nelsy Rocío González Gutiérrez, Ph.D.

Ruth Maribel Forero Castro, Ph.D.

Edgar Nelson López López, MSc.

Editor en Jefe (e)

Óscar Pulido Cortés, Ph.D.

Coordinadora Editorial

Andrea María Numpaque Acosta

Primera Edición, 2023

50 ejemplares (impresos)

Caracterización de las arcillas de Sogamoso: Aportes desde la ciencia para las mujeres alfareras

Characterization of Sogamoso clays: contributions from science for women potters

ISBN (impreso) 978-958-660-806-0

ISBN (ePub) 978-958-660-807-7

Colección Investigación UPTC N.º 04

Proceso de arbitraje doble ciego

Recepción: diciembre de 2022

Aprobación: abril de 2023

© Mercedes Díaz Lagos, 2023

© Johana López Aparicio, 2023

© Juliana Alvarado Sánchez, 2023

© Jhonathan Díaz Alarcón, 2023

© Inés Vergara Gómez, 2023

Facultad Seccional Sogamoso

Director de la Colección

Jorge Enrique Espíndola Díaz, Ph.D.

Director Centro de Investigación y Extensión - CIFAS

Subcomité Especializado de Evaluación de Obras de la Facultad Seccional Sogamoso

Héctor Antonio Fonseca Peralta, MSc.

Liliana Fernández Samacá, Ph.D.

Luis Alfonso Moreno Corredor, Ph.D.

José Javier González Millán, Ph.D.

Karol Lizeth Roa Bohórquez, MSc.

Corrector de Estilo

Giseth Alexandra López López

Diseño y Diagramación de la Colección

Vivian Andrea Espíndola Carvajal

David Leonardo Pérez Avella

Libro N.º 04

Las opiniones vertidas en los textos son de entera responsabilidad del autor.

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2023

Editorial UPTC

La Colina, Bloque 7, Casa 5

Avenida Central del Norte No. 39-115, Tunja, Boyacá

comite.editorial@uptc.edu.co

Imprenta

Búhos Editores Ltda.

Tunja - Boyacá

Libro financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión - Dirección de Investigaciones y CIFAS de la UPTC. Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Impreso y hecho en Colombia - Printed and made in Colombia

Libro de investigación resultado del proyecto "Estudio de Arcillas de Sogamoso (Boyacá): un medio para la valoración de la procedencia y el rescate de técnicas ancestrales" con SGI 2882

Citar este libro / Cite this book

Díaz Lagos, M, et al. (2023). *Caracterización de las arcillas de Sogamoso: Aportes desde la ciencia para las mujeres alfareras*. Editorial UPTC.

DOI: <https://doi.org/10.19053/9789586608060>



RESUMEN

En esta obra de divulgación converge la investigación sobre propiedades físicas, químicas, mineralógicas y petrográficas de recursos minerales arcillosos para contribuir en las problemáticas de producción de alfarería artesanal de la Asociación de mujeres mineras y emprendedoras (ASOAMME) de la vereda Pantanitos en Sogamoso, Colombia. A partir de muestras provenientes de los tres títulos mineros que explota la asociación se determina la composición de las arcillas, sus propiedades térmicas, plásticas y mineralógicas. Los análisis de fluorescencia de rayos X (FRX) determinan la composición química preliminar y guían la definición de los grupos minerales identificados mediante la difracción de rayos X (DRX) y la espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). La interpretación de las fases minerales se complementa con microscopía óptica para identificar materiales como los cuarzos criptocristalinos y algunos minerales con granulometrías superiores a 5 μm . Asimismo, se implementa microscopía electrónica de barrido (SEM) para reconocer las estructuras laminares de la caolinita y validar los resultados de las técnicas analíticas. El comportamiento térmico se realizó mediante un análisis termogravimétrico (TGA) que se ajustó a las propiedades mineralógicas de las arcillas y a la infraestructura en el taller alfarero de la Asociación. Los resultados indican que las arcillas utilizadas por la Asociación presentan contenidos químicos diferenciales de caolinita y montmorillonita, lo que modifica sus propiedades durante la cocción. Se concluye que las mezclas entre los diferentes niveles de arcilla son poco recomendadas para elaborar piezas cerámicas. Los autores realizan un diagnóstico y formulan recomendaciones sobre el proceso de producción artesanal actual, sin afectar los procesos tradicionales. Se abordan aspectos como el manejo de las humedades, los controles de temperatura de cocción y la conveniencia de utilizar apliques o curvaturas.

Palabras clave: alfarería, caracterización fisicoquímica, minerales arcillosos, territorios sostenibles.

ABSTRACT

In this research work, investigate on physical, chemical, mineralogical and petrographic properties of clay mineral resources converges to contribute to solve the problems of artisanal pottery production of the Association of Women Miners and Entrepreneurs (ASOAMME) of the “Pantanitos” sidewalk in Sogamoso, Colombia. The composition of the clays, their thermal, plastic and mineralogical properties are determined from samples from the three mining titles exploited by the Association. X-ray fluorescence (FRX) analyses determine the preliminary chemical composition and lead the definition of mineral groups identified by X-ray diffraction (DRX) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). The interpretation of mineral phases is complemented by optical microscopy to identify materials such as cryptocrystalline quartz and some minerals with granulometries greater than 5 μm . Scanning electron microscopy (SEM) is also implemented to recognize the laminar structures of kaolinite and validate the results of analytical techniques. The thermal behavior was performed through of a thermogravimetric analysis (TGA) that was adjusted to the mineralogical properties of the clays and the infrastructure in the pottery workshop of the Association. The results point out that the clays used by the Association present differential chemical contents of kaolinite and montmorillonite, which modifies their properties during cooking. It is concluded that mixtures between the different levels of clay are not recommended for making ceramic pieces. The authors make a diagnosis and suggest about the current artisanal production process, without affecting traditional ones. Aspects such as the handling of humidity, cooking temperature controls and the convenience of using fixtures or curvatures are addressed.

Keywords: pottery, physicochemical characterization, clay minerals, sustainable territories.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO.....	3
Tradición del sector alfarero de Sogamoso.....	3
Técnicas alfareras	5
Marco geológico.....	8
Geología regional: Valle de Sugamuxi.....	8
Formación Guaduas (K2E1g).....	10
Formación areniscas de Socha (E1ars).....	10
Formación arcillas de Socha (E1as).....	11
Formación Picacho (E2p).....	14
Formación concentración (E2E3c).....	15
Geología estructural.....	16
Falla de Gámeza.....	16
Falla de Soapaga	16
Falla de Matayeguas.....	17

SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO	19
Identificación de la zona de estudio	19
Selección de la zona de muestreo	20
Toma y preparación de muestras	21
Caracterización Fisicoquímica	24
Análisis granulométrico de suelos	24
Límites de Atterberg	26
Análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX).....	27
Análisis por Difracción de Rayos X (DRX)	28
Análisis por Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIR).....	29
Análisis Termogravimétrico (TGA).....	29
Caracterización mineralógica y petrográfica	30
Sección delgada por probeta pulida.....	30
SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Diagnóstico y aportes al proceso alfarero artesanal	47
Conclusiones y Recomendaciones	49
REFERENCIAS	51
APÉNDICES.....	56

Apéndice A. Coordenadas de la zona de muestreo	56
Apéndice B. Granulometría	57
Muestra GQ 1.....	57
Muestra GQ 2.....	59
Muestra GQ 3.....	61
Muestra GQ 4.....	63
Muestra GQ 5.....	65
Apéndice C. Límites de Atterberg.....	67
Muestra GQ 1.....	67
Muestra GQ 2.....	68
Muestra GQ 3.....	69
Muestra GQ 4.....	70
Muestra GQ 5.....	71
Apéndice D. Fluorescencia de Rayos X (FRX).....	72
Muestra GQ 1.....	72
Muestra GQ 2.....	73
Muestra GQ 3.....	74
Muestra GQ 4.....	75

Muestra GQ 5.....	76
Apéndice E. Difracción de Rayos X (FRX).....	77
Muestra GQ 1.....	77
Muestra GQ 2.....	79
Muestra GQ 3.....	81
Muestra GQ 4.....	83
Muestra GQ 5.....	85
Apéndice F. Espectroscopia Infrarroja.....	87
Muestra GQ 1.....	87
Muestra GQ 2.....	88
Muestra GQ 3.....	89
Muestra GQ 4.....	90
Muestra GQ 5.....	91
Apéndice G. Sección Delgada	92



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taller elaboración de artesanías vereda Pantanitos	6
Figura 2. Proceso de elaboración de artesanías	8
Figura 3. Columna estratigráfica de la parte central de la Cordillera Oriental	9
Figura 4. Afloramiento de la Formación Arcillas de Socha en el sector de Pantanitos	12
Figura 5. Localización de la vereda Pantanitos.....	19
Figura 6. Geolocalización puntos de muestreo	20
Figura 7. Toma de muestras de los niveles arcillosos de interés	21
Figura 8. Preparación de muestras para ensayos Físicos.....	22
Figura 9. Preparación de muestras para ensayos Químicos.....	23
Figura 10. Almacenamiento de muestras en laboratorio	24
Figura 11. Muestras para análisis granulométrico	26
Figura 12. Muestras para análisis por Límites de Atterberg	27
Figura 13. Ensayo FRX.....	27
Figura 14. Muestras preparadas para analizarse por DRX	28
Figura 15. Probetas para análisis TGA.....	29

Figura 16. Rampa de cocción para las muestras de arcillas.....	30
Figura 17. Difractogramas de las muestras de arcillas.....	36
Figura 18. Espectros de infrarrojo de las muestras de arcilla de la vereda Pantanitos.....	40
Figura 19. Curvas Termogravimétricas de las muestras de arcillas ...	42
Figura 20. Probetas de arcillas para análisis TGA.....	43
Figura 21. Curvas Termogravimétricas de las mezclas de arcillas.....	44
Figura 22. Imágenes Microscópicas de la sección delgada en diferentes aumentos.....	45
Figura 23. Microfotografía SEM muestra GQ2.....	46
Figura 24. Piezas cerámicas que presentan daños después de la cocción	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de preparación para ensayos Físicos y Químicos	25
Tabla 2. Clasificación descriptiva de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS)	34
Tabla 3. Resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X (FRX)....	35
Tabla 4. Resultados Difracción de Rayos X	37
Tabla 5. FTIR de las muestras de arcilla de la vereda Pantanitos.....	39

INTRODUCCIÓN

Este libro se enfoca en la caracterización de los niveles arcillosos que se encuentran en los afloramientos rocosos en las minas pertenecientes a la Asociación de Mujeres Mineras y Alfareras de Sogamoso (ASOAMME), localizadas en la vereda Pantanitos del municipio de Sogamoso.

La Sección I aborda las generalidades del proyecto, proporcionando información sobre los marcos conceptual y geológico relacionados con el área de estudio; el marco conceptual describe la importancia de la alfarería y la relevancia que tiene esta tradición para el grupo de mujeres de la ASOAMME; el marco geológico detalla la Formación Arcillas de Socha, que es la formación geológica que contiene los materiales utilizados en la elaboración de las artesanías cerámicas; se explican las características de la formación y se presentan las particularidades del afloramiento base del estudio, que es el lugar donde se recolectaron las muestras para el análisis de los materiales.

La Sección II puntualiza en detalle los materiales y métodos utilizados para caracterizar las arcillas. En primer lugar, especifica el diseño del muestreo y la toma de muestras en el campo, así como su posterior preparación para los diferentes análisis de laboratorio.

En seguida, se mencionan los análisis granulométricos que determinan la distribución de tamaños de partículas, los límites de Atterberg para conocer las propiedades plásticas y la consistencia, y la fluorescencia de rayos X (FRX) para la identificación y cuantificación de los elementos químicos presentes en las muestras. También se expone el análisis de difracción de rayos x (DRX) para identificar las propiedades químicas de las arcillas, los análisis termogravimétricos (TGA) para precisar la composición orgánica e inorgánica y la caracterización mineralógica y petrográfica mediante la sección delgada de probeta pulida.

La Sección III presenta la interpretación de los resultados obtenidos a partir de la caracterización de las arcillas realizada en el Capítulo II. En este acápite se discuten los hallazgos encontrados en relación con las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de las arcillas, y se establecen sus implicaciones para el proceso de producción de artesanías de las mujeres de ASOAMME. El texto se acompaña de imágenes y tablas para facilitar su interpretación.

Se presentan conclusiones y recomendaciones específicas para el mejoramiento del proceso de producción de artesanías, incluyendo sugerencias sobre la elección de los niveles arcillosos, así como, la implementación de mejores prácticas en la selección, manipulación y cocción de las piezas artesanales. La obra se acompaña de apéndices que presentan los resultados de laboratorio para las muestras tomadas en el estudio con los detalles relacionados con los análisis particulares.

Los autores agradecen el apoyo de los grupos de investigación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC): Ciencias y Tecnologías de la Tierra para la Sostenibilidad Ambiental (CITESA), Procesamiento de Señales (DSP), Física Nuclear Aplicada y Simulación (FINUAS), y el grupo de investigación CINQUIFOR de la Universidad de Alcalá, España; asimismo, agradecen el apoyo financiero del Departamento de Investigación de la UPTC (VIE) para el proyecto de Investigación SGI 2882.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

En este apartado se explican aspectos relacionados con la tradición alfarera en Sogamoso, sus antecedentes, la investigación que incluye datos estadísticos de las unidades productivas activas, así como las principales técnicas alfareras desempeñadas en la vereda Pantanitos. Además, se apoya con información sobre el contexto geológico del sector para comprender la secuencia estratigráfica con los cambios laterales de la formación y los posibles minerales asociados a los ambientes de depósito.

Tradición del sector alfarero de Sogamoso

Boyacá es un departamento de tradición agrícola y rural que ha establecido una dinámica industrial basada en la explotación de recursos mineros como el carbón, la arena, el recebo, la roca fosfórica, el hierro y la arcilla; en la actualidad, el sector minero representa el 5.9% de la economía del departamento (Mincomercio, 2022). De acuerdo con cifras de la Gobernación de Boyacá, la Provincia de Sugamuxi <<que incluye al municipio de Sogamoso>> es una de las regiones con mayor explotación de minerales, para el año 2020 había 125 títulos mineros vigentes, el 35% relacionados con la explotación de arcillas, el 29% al carbón, el 22% a materiales de construcción y el 14% a roca fosfórica (Gobernación de Boyacá, 2020).

Actualmente, el municipio cuenta con el 94% de las ladrilleras del departamento, está compuesto por 147 unidades de producción y 14 medianas empresas ubicadas en la zona noroccidental (CORPOBOYACÁ, 2018), que se constituyen, principalmente, por iniciativas campesinas que condicionan sus niveles de producción por las limitaciones relacionadas a la producción artesanal.

La transición entre la vocación agrícola y las actividades mineras han generado impactos ambientales que implican el control y la supervisión de entidades del estado a nivel local, departamental y nacional.

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

Políticas públicas como el CONPES 3344 de 2005, delimitan y formulan controles preventivos para las fuentes de contaminación del aire en el valle de Sogamoso (CONPES, 2005); asimismo, las entidades que ejercen el control en materia ambiental se han enfocado en la minería de hecho y de pequeña escala, debido a las condiciones socioeconómicas que enfrentan las personas en un contexto de vulnerabilidad y riesgo (Serrano et al., 2016).

La actividad alfarera, que hace algunas décadas, se heredaba entre familias e iniciaba desde los primeros años de la infancia, se ha adaptado a que los padres busquen oportunidades de escolaridad y preparación técnica o profesional para sus hijos, de manera que los trabajos operativos y de jornal se reemplacen por oficios que les ofrezcan mayor estabilidad laboral y mejores condiciones socioeconómicas.

Además, persiste la falta de mecanismos de protección ante violencias de género, y de derechos laborales, especialmente en lo referente a seguridad social; no obstante, este sustento económico tradicional permite al artesano estar cerca de su entorno familiar y sus labores domésticas (Alliance for Responsible Mining, 2018).

La mayor parte de las labores aún se realizan con herramientas de trabajo manuales y sencillas, como picas, palas y azadones; con incipiente conocimiento científico y bajo perfeccionamiento de técnicas de producción que limitan el ingreso de los productos de los artesanos a un mercado competitivo (C. Bernal, 2014).

La adaptabilidad del sector alfarero de Sogamoso hacia una cultura de sostenibilidad, que brinde una sinergia entre el plano económico, social y ambiental, supone vincular la cultura y la herencia prehispánica para reconocer las expresiones artísticas o rasgos propios de su estilo de vida y así, contrastarlos con los saberes adquiridos en el último siglo (Núñez & Barzuna, 2017).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Técnicas alfareras

Dentro de las técnicas y procesos de elaboración de productos artesanales (ladrillo, teja o baldosa) en el municipio de Sogamoso, predomina la forma rudimentaria de extracción de la arcilla, desarrollada particularmente por hombres, que emplea herramientas manuales como picas, palas y azadones, en algunos casos se requiere el uso de retroexcavadoras para extraer grandes cantidades de material.

La arcilla se extrae, se seca al sol y se somete a proceso de molienda de acuerdo con el uso final; el triturado se homogeniza y se agrega agua hasta saturarlo, esta mezcla de *barro* se añeja (P. ej. alcanzar la humedad suficiente para que sea moldeable) por uno o varios días.

Posteriormente, el barro es molido a través de aspas de molino accionadas por tracción animal, y se seca manualmente para ser amasada en mesones de madera. En algunos casos los campesinos *resoban* (moldear de forma repetitiva durante un periodo de tiempo) con los pies sobre una lona para homogenizar y garantizar una buena plasticidad.

El barro se tamiza para extraer rocas e impurezas que garanticen la calidad de la materia prima, la mezcla se resoba nuevamente y se humecta sobre una superficie de madera para evitar la pérdida de humedad (Figura 1).

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

Figura 1

Taller elaboración de artesanías vereda Pantanitos



Nota. Estación de moldeo, zona de secado de piezas y panorámica del taller comunitario.

Existen varias técnicas que utilizan los alfareros para moldear la arcilla, algunas de ellas consisten en formar “pelotas y rollos” con los dedos e ir formando la figura esperada, las piezas se alisan y pulen, tradicionalmente con una *tusa* de maíz (corazón de la mazorca) o cucharas de *totumo*. Otra técnica que se utiliza, aunque más antigua y tradicional, es la de “cona y pellizco”, que básicamente consiste en mezclar arcilla, agua y arena, con ayuda de las manos (principalmente los dedos pulgar, índice y corazón) para ahuecar y adelgazar las paredes hasta alcanzar el grosor y altura deseados; posteriormente, se realizan acabados y decoraciones (Ministerio de Cultura [Mincultura], 2014).

Las artesanías elaboradas por los alfareros de Sogamoso, que sean llamativas al comprador, requieren de la mezcla con arcillas y minerales varicoloreados previo a los procesos de quema; las texturas son hechas cuando la pieza alcanza un grado de consistencia, es decir, que mantenga su estructura.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

En otros lugares utilizan engobes que se aplican directamente sobre la pieza terminada con pinceles, brochas o por inmersión; en Sogamoso, la información sobre el uso de esta técnica es insuficiente.

Las piezas se secan, se llevan al horno, y se distribuyen por tamaño para evitar daños por el peso (las más grandes se ubican abajo y las pequeñas arriba). En el sector alfarero de Sogamoso se utilizan hornos tipo colmena, fuego dormido, de tiro alto, Hoffman, túnel o modular y de cámaras, que utilizan coque, carbón o leña como combustibles preferenciales; sin embargo, la Asociación de mujeres mineras (ASOAMME) adquirió, recientemente, un horno con combustión a gas a través de una convocatoria pública del Fondo Emprender (Fondo Emprender, 2019).

La quema debe realizarse con precaución porque las piezas se agrietan por los cambios rápidos de temperatura relacionados con la pérdida de humedad. Los artesanos vigilan la variación de color de las artesanías dentro del horno encendido, ya que es un indicador de su grado de cocción, son característicos los colores rojos o naranjas.

Ante la falta de instrumentos de medición de temperatura, la calidad de los productos depende netamente de la observación y saberes tradicionales. Posterior a la quema, se deja enfriar el horno de dos a tres días para poder entrar y retirar las piezas, luego los artesanos hacen un control de calidad empírico de su producto, para posteriormente almacenar y comercializar (Cultura, 2015). El proceso de elaboración de piezas cerámicas se presenta en la Figura 2.

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

Figura 2

Proceso de elaboración de artesanías



Marco Geológico

La región de estudio presenta una variedad de características geológicas que influyen en la distribución de los recursos minerales. La geología regional incluye la presencia de formaciones rocosas de distintas edades, así como la disposición de los materiales sedimentarios y la estructura tectónica.

En un afloramiento específico de una formación, la escala local requiere una estratigrafía de detalle que identifique la variedad de minerales y rocas con sus diferentes propiedades físicas y químicas. Se describe la geología regional del valle de Sogamoso y la local de la vereda Pantanitos para la comprensión integral del potencial de la zona en la producción de bienes o servicios.

Geología Regional: Valle de Sugamuxi

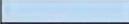
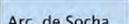
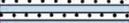
La formación de interés para este proyecto corresponde a la Formación Arcillas de Socha, en donde afloran diferentes niveles arcillosos que facilitan la extracción de arcilla como materia prima.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

A continuación se expone la secuencia estratigráfica desde la formación más antigua a la más reciente, así: Formación Guaduas, Areniscas y Arcillas de Socha, Picacho y Concentración, las cuales varían en edades desde el Creta-Terciario hasta el Cuaternario (Figura 3). Dichas formaciones son afectadas por las fallas regionales de Gámeza y Soapaga, y las locales de Matayeguas, Monguí, Pantanitos, Monquirá, Santa Bárbara y La Ramada.

Figura 3

Columna estratigráfica de la parte central de la Cordillera Oriental (Modificado de ANH, 2008)

PERIODO	UNIDADES LITOLÓGICAS	
	VALLE DE SUGAMUXI	DESCRIPCIÓN
NEÓGENO		
	 Concentración	Arcillolitos intercaladas con areniscas, hierro oolítico basal
PALEÓGENO	 Fm. Picacho	Arenisca blanca de grano grueso
	 Arc. de Socha  Aren. de Socha	Arcillolitos abigarrados, y nivel arenítico intermedio Arenisca de grano fino-grueso
CRETÁCICO	 Fm. Guaduas	Arcillolitos grises con intercalaciones de areniscas y manos de carbón.
		

Nota. (Pedraza-Fracica & Mariño, 2016).

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

Formación Guaduas (K2E1g)

Corresponde al conjunto de estratos que suprayace a las rocas del Grupo Guadalupe e infrayace a las rocas de la Formación Areniscas de Socha. La sección tipo se encuentra en el municipio de Sutatausa, Cundinamarca (Sarmiento, 1994) y está constituida por 5 segmentos (A-E) que alcanzan un espesor de 1100 m.

Los segmentos (A, B, E) están constituidos por arcillolitas intercaladas con limolitas y areniscas; los segmentos C y D presentan intercalaciones entre el material arcilloso con algunos mantos de carbón. Con base en estudios palinológicos realizados por van der Hammen se asigna a esta formación una edad Maestrichtiano – Paleoceno.

En el valle de Sugamuxi, se identifican dos miembros de esta formación. El inferior con un espesor de 190 m está constituido, principalmente, por arcillolitas fisibles de color negro que intercalan con delgadas capas de materiales arenosos. El superior corresponde a una sucesión de estratos de 230 m de espesor que intercala areniscas, arcillolitas y mantos de carbón (Reyes, 1984) (Díaz Alarcón & Alfonso Pérez, 2018).

Las arcillas de la Formación Guaduas sirven para la producción de materiales de construcción como ladrillos toletes y perforados, bloques, tejas y tubos. Los estudios de plasticidad del INGEOMINAS indican que las arcillas de la formación son de mediana plasticidad (INGEOMINAS, 2005).

Formación Areniscas de Socha (E1ars)

La Formación Areniscas de Socha es una sucesión de estratos que suprayacen a la Formación Guaduas e infrayacen a la Formación Arcillas de Socha. La sección tipo tiene un espesor que varía entre 130 m y 160 m (Reyes, 1984) y se encuentra en el municipio de Socha Viejo, Boyacá.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Comprende una secuencia litológica que oscila en espesor entre 9 y 15 m; hacia la base se presenta un banco de arenisca característico de color pardo, grano medio, estratificación cruzada, seguido por una secuencia que varía entre 2,30 y 9,40 m constituida por capas de arcillolitas gris claro y rojizo con intercalaciones de arenisca de grano fino; en la parte superior se depositaron potentes estratos de arenisca masiva que alcanzan hasta 30 m de espesor, conformando una topografía abrupta característica de esta formación. van der Hammen asocia la edad de esta formación al Paleoceno con base en estudios palinológicos.

La Formación Areniscas de Socha presenta niveles de arenas de muy buena calidad con uso potencial como material de construcción debido a la friabilidad y fácil explotación (Minambiente & Minhacienda, 2017).

Formación Arcillas de Socha (E1as)

La Formación Arcillas de Socha es una secuencia de estratos que alcanzan hasta 345,25 m de espesor, constituida, principalmente, por arcillolitas con algunas intercalaciones menores de arenisca y bancos de carbón; es suprayacente a la Formación Areniscas de Socha e infrayacente a la Formación Picacho; su sección tipo está identificada en el municipio de Socha Viejo, Boyacá (Reyes, 1984) de donde deriva su nombre.

En el valle de Sogamoso, presenta espesores hasta de 172,35 m, como se relaciona en el afloramiento observado al occidente del Colegio Sugamuxi (C. Ulloa et al., 2003). Se le asigna una edad correspondiente al Paleoceno con base en estudios palinológicos realizados en carbón (van der Hammen, 1957).

Al suroriente de Sogamoso, en el sector del colegio Sugamuxi, se observa una secuencia que inicia hacia la base con una alternancia de arcillolitas grises, amarillentas y rojizas; seguida por arcillolitas grises claras a oscuras, con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino a medio y termina con arcillolitas abigarradas de tonalidades grises, amarillos y rojos.

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

En la vereda Pantanitos, objeto del presente estudio, se evidencia el afloramiento de los diferentes niveles arcillosos de la Formación Arcillas de Socha (Figura 4); allí se localizan unidades productivas de elaboración de ladrillo tolete, teja, bloque y baldosa, primordialmente, debido a la facilidad de obtención de la materia prima.

Para la descripción de los niveles arcillosos de esta formación se toma como base la columna estratigráfica modificada de Reyes 1984. En su parte inferior la secuencia está constituida por niveles de arcillolita a limolita grises con un espesor de 40 m, en la parte media se encuentran escalas de arcillolitas blandas abigarradas, verdosas, rojas, moradas, lila, con un espesor aproximado de 33 m y en el techo arcillolitas verdosas fisibles con intercalaciones arenosas (Maurel & Prom Colombia et al., 2019).

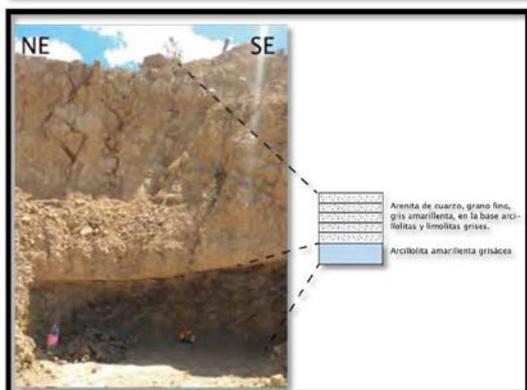
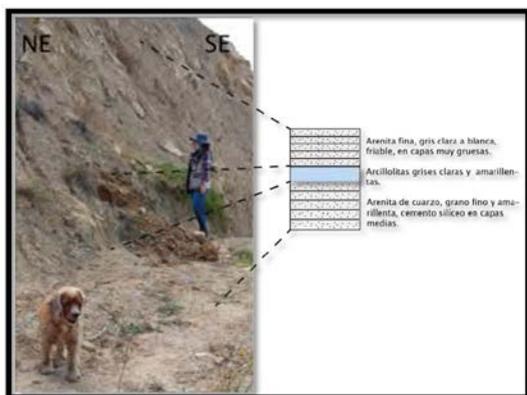
Los niveles arcillosos de la Formación Arcillas de Socha son considerados de interés económico para la fabricación de ladrillo y para la industria alfarera (Minambiente & Minhacienda, 2017).

Figura 4

Afloramiento de la Formación Arcillas de Socha en el sector de Pantanitos



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO



Nota. A - B. Finca Peña de Águila (1128871.839E - 1125003.690N) C. Finca doña Alcira (1129494.190E - 1125691.610N) D. Finca El Guamo (1129331.450E - 1125088.240N).

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

Formación Picacho (E2p)

Secuencia de estratos suprayacentes a la Formación Arcillas de Socha e infrayacentes a la Formación Concentración. La sección tipo se localiza en el municipio de Paz de Río, Boyacá y presenta espesores entre 138,8 m en la vía Corrales-Paz de Río y 181,5 m en Sogamoso (C. Ulloa et al., 2003).

Está constituida, particularmente, por estratos de areniscas de color blanco a pardo, que varían en tamaño de grano desde finas a gruesas y presenta algunos niveles conglomeráticos. La datación de la formación se realiza por su posición estratigráfica asignándole una edad Eoceno Temprano.

En el área de Sogamoso, el afloramiento de la formación en el sector occidental del colegio Sugamuxi, presenta en su miembro inferior intercalaciones de capas delgadas a muy gruesas de areniscas cuarzosas de color gris amarillento con arcillolitas grises claras y amarillentas; el tamaño de grano de las areniscas varían de grano medio a grueso y también se observan lentes con guijos de cuarzo; el potente miembro intermedio supera los 100 m de espesor y está constituido por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, de color gris; el miembro superior presenta una secuencia de capas de arcillolitas grises intercaladas con areniscas cuarzosas de grano fino a medio de tonalidades amarillas a rojizas.

En el municipio de Sogamoso se observa la explotación de arenas de esta Formación mediante minería a cielo abierto, empleadas como material de construcción puesto que la zona presenta un alto crecimiento urbanístico; adicionalmente, en algunos sectores la composición litológica y la alta porosidad y permeabilidad, permiten almacenar asfalto natural o bitumen, sin embargo, la baja impregnación de crudo hace que esta formación sea de moderada viabilidad para su explotación como fuente no convencional de hidrocarburos (Gómez-Rojas et al., 2018).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Formación Concentración (E2E3c)

Es una secuencia de estratos de arcillolitas intercaladas con areniscas de grano fino a grueso y tiene como característica particular la presencia de estratos de hierro oolítico; suprayace a la Formación Picacho y hacia el techo está cubierta por depósitos cuaternarios. La sección tipo se localiza en el caserío de donde deriva su nombre sobre la vía Belén-Paz de Río, Boyacá (Reyes Ítalo, 1994). El espesor reportado es de 1642,45 m (C. Ulloa et al., 2003) y su edad se establece entre el Eoceno Medio y el Oligoceno Medio con base en estudios palinológicos.

El estrato de hierro oolítico rojizo de entre 2 a 12 m de espesor se ubica en el miembro inferior de la Formación sobre una arenisca gris de grano fino de 2 m de espesor. Sobre esta capa de mineral de hierro se encuentra un conjunto de arcillolitas de color negro, piríticas, con rastros carbonosos y areniscas bioturbadas de grano fino, seguidas por arcillolita gris con intercalaciones de arenisca de grano fino micáceo y delgadas capas de lignito; este miembro alcanza los 110 m de espesor.

Suprayaciendo este miembro y con un espesor de 150 m, le sigue una secuencia de arcillolitas gris verdosas con intercalaciones de delgadas capas de arenisca de grano fino siendo característico en esta secuencia la presencia de cristales y costras de yeso; a continuación, se evidencia otra secuencia de 75 m de arcillas arenosas blancas sideríticas, con una intercalación lenticular de arenisca gruesa y presencia de niveles conglomeráticos.

Esta sección finaliza con 110 m de arcillolitas grises intercaladas con capas arenisca masiva. El miembro superior de la Formación está constituido, particularmente, por intercalaciones de arcillolitas grises y capas de arenisca de grano medio. La Falla de Soapaga afecta la secuencia de esta formación y dificulta en algunas áreas su reconocimiento. En la zona de estudio, la secuencia estratigráfica de la Formación Concentración se ve interrumpida por procesos erosivos que revelan las estructuras y formaciones geológicas subyacentes.

SECCIÓN I. CONTEXTO Y TERRITORIO

Explotaciones de rocas de la Formación Concentración se observan desde la sabana de Bogotá hasta la región de Boyacá en el corredor industrial, y la secuencia es correlacionable estratigráficamente con la formación Usme de la sabana de Bogotá. En la región de Sugamuxi la explotación de esta formación se limita al sector de Vado Castro por la empresa Acerías Paz del Río.

Geología Estructural

El valle de Sogamoso corresponde a una provincia tectónica de cobertera plegada, conformada por rocas sedimentarias de edad Neocretácica y Terciaria. La Falla de Soapaga constituye un rasgo fisiográfico muy importante en la región y coloca en contacto la Formación Concentración con las formaciones del Cretáceo Inferior o Medio; la combinación de pliegues, fallas y fracturas tienen en común una orientación preferencial SW-NE y se presentan algunas discontinuidades direccionales disyuntivas, lo que ocasiona un desplazamiento transversal y un posterior corrimiento sobre las formaciones terciarias; la Falla de Soapaga sufre un cambio de rumbo al atravesar el valle de Sogamoso, debido posiblemente a la acción de las mismas. La Falla de Soapaga se encuentra cubierta en gran parte de su trayecto, por depósitos recientes que constituyen el Valle de Sogamoso (Díaz Alarcón & Alfonso Pérez, 2018).

Falla de Gámeza

Falla de tipo inverso, de dirección N-S particularmente, aunque se observa cambios de rumbo NE-SW; igualmente se encuentra desplazada por la falla de Matayeguas. Coloca en contacto rocas de la Formación Areniscas de Socha y Guaduas.

Falla de Soapaga

Falla de gran importancia regional con un desplazamiento máximo de 3000 m; en el sector del valle de Sogamoso la cual lleva una dirección NE-SW y más hacia el norte adquiere una dirección NNE-SSW.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Falla de Matayeguas

Esta presenta una orientación NNW-SSE desliza con movimiento dextral las formaciones en más de 600 m, afecta las fallas de Gámeza y Tópaga provocando una intensa deformación. En el área de Sogamoso coloca en contacto rocas de la Formación Concentración con rocas de las formaciones Arcillas y Areniscas de Socha, Picacho y Guaduas. La dirección del rumbo es anómala con respecto a los sistemas regionales, relacionado, posiblemente, con un cambio en la orientación de los esfuerzos.

Dentro de otras estructuras que se evidencian en la zona de estudio existen fallas en enjambre de dirección preferencial SE-NW, de tipo inverso y que no presentan movimientos considerables, como la Falla de Pantanitos y de Monguí. Por otro lado, las discontinuidades menores como las de Monquirá, Santa Bárbara y La Ramada, con dirección preferencial E-W, debido a su intenso grado de fracturamiento, provocan desplazamientos considerables de las formaciones rocosas.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO

Incluye la delimitación de la zona de muestreo a partir del reconocimiento y recopilación de información secundaria del área de influencia donde se seleccionaron muestras preferenciales para análisis físicos y químicos.

Identificación de la zona de estudio

La zona de estudio se centró en el área donde tiene influencia ASOAMME sobre la vereda Pantanitos, ubicada en el sector alfarero al nororiente del municipio de Sogamoso, departamento de Boyacá (Figura 5).

Comprende dos sectores: alto y bajo, con un área total de 103.9727 m², se localiza a 15 km de la cabecera municipal de Sogamoso en las coordenadas 1°124.783 Norte y 1°128.624 Este (Echeverri, 2020). Según la Resolución 1237 de 2018 emitida por la Corporación Autónoma regional – CORPOBOYACÁ–, el sector abarca el 38% de los *chircales* (sitio donde se fabrican tejas, ladrillos y adobes (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2019) aprobados del municipio (CORPOBOYACÁ, 2018).

Figura 5

Localización de la vereda Pantanitos



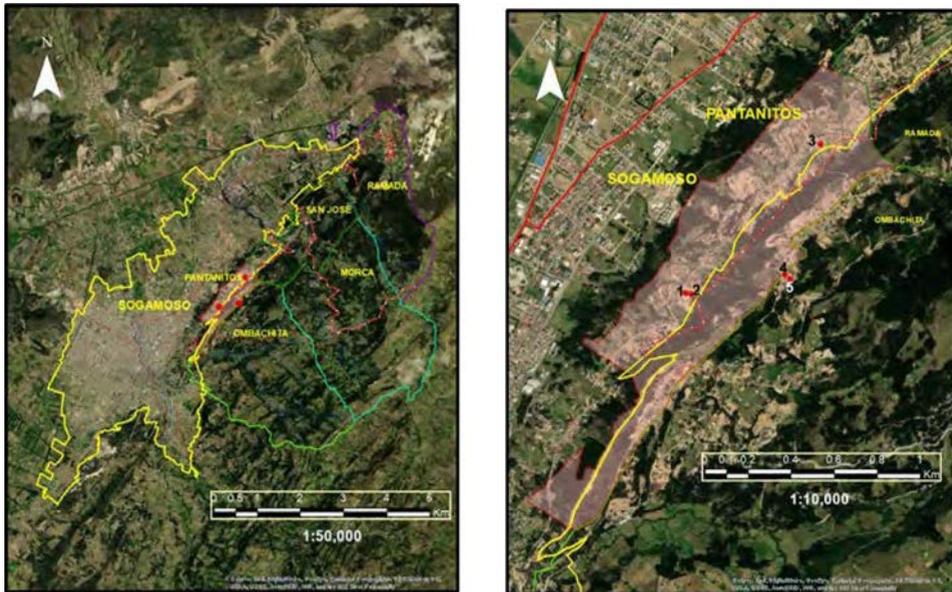
SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO

Selección de la zona de muestreo

Se realizó un muestreo preferencial donde se seleccionaron puntos con los siguientes criterios: que estuvieran dentro de títulos mineros de las mujeres alfareras, que fueran zonas aflorantes de los niveles arcillosos de la Formación Arcillas de Socha y que tuvieran publicaciones previas relacionadas con la caracterización de estos materiales. Basados en dicha información, se tomaron 5 muestras de arcilla y los puntos de muestreo se presentan en la Figura 6.

Figura 6

Geolocalización puntos de muestreo



Nota. A. Geolocalización municipio de Sogamoso y veredas alrededor de Pantanitos. B. Geolocalización de los puntos de muestreo. Las imágenes son obtenidas por Google Earth y procesadas en ArcMap. Georreferenciación según Proyección Transversal de Mercator, Gauss – Kruger, Colombia Elipsoide: GRS80. La georreferenciación se encuentra en el Apéndice A.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Toma y preparación de muestras

Se aplicó el Protocolo de Muestreo para Arcillas del Servicio Geológico Colombiano (Herrera et al., 2018) para materiales arcillosos, que incluye la selección de una zona del afloramiento distante de fuentes de contaminación antrópica y un análisis granulométrico para identificar el sitio que describe las condiciones más representativas del afloramiento, como taludes expuestos y donde la roca se encuentre fresca (Figura 7).

Figura 7

Toma de muestras de los niveles arcillosos de interés



Nota. Toma y separación de las muestras.

Las muestras para los ensayos físicos requirieron (análisis por granulometría límites de Atterberg) el retiro con azadón de la capa superficial, vegetación, materia orgánica y sedimentos, friables e intemperados. Se construyó un canal de 10 cm de profundidad con 20 cm de ancho, que inicia de arriba hacia abajo con el fin de evitar la contaminación por material transportado, se ubicó una lona para capturar los tajos provenientes del desprendimiento. En total se tomaron cinco muestras de arcilla de diferentes niveles estratigráficos y cada muestra se codificó según las indicaciones del protocolo con el prefijo GQ.

SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO

Se empacó 1 kg de cada muestra en bolsas de plástico de cierre hermético para la caracterización química y física; el embalaje y almacenamiento se realizó a temperatura ambiente debido a que la humedad in situ es una variable despreciable para las pruebas realizadas; los items de ensayo se entregaron el mismo día de su recolección a los laboratorios de Rocas, Suelos y Agregados y Geoquímica Ambiental de la UPTC seccional Sogamoso.

Los ensayos químicos y petrográficos (análisis por difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, espectroscopía de infrarrojo y sección delgada, termogravimetría por probeta pulida) requirieron la extracción de materia con herramientas de plástico, madera o acero inoxidable para evitar la contaminación de la muestra.

En el laboratorio de rocas, suelos y agregados se realizaron los cuarteos sucesivos de cada muestra (Figura 8), se molió con el rodillo hasta obtener un tamaño de partícula que pasara el tamiz malla N°40 (425 μm estandarizada norma ASTM E-11), para su posterior homogenización.

Figura 8

Preparación de muestras para ensayos Físicos



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Las muestras que se destinaron para los ensayos químicos se prepararon de acuerdo con el método de la norma ASTM D4318 (ASTM Internacional, 2016) ver Figura 9. El secado se realizó a 60 ± 5 °C hasta masa constante, los incrementos de temperatura se controlaron para evitar la recristalización y facilitar las operaciones de trititación y pulverización. Se alcanzó un tamaño de partícula que pasara la malla N.º 40 ($425 \mu\text{m}$); la trititación se hizo con un mortero y pistilo de porcelana para evitar el contacto con utensilios de metal y contaminar la muestra.

Figura 9

Preparación de muestras para ensayos Químicos



Las muestras preparadas se empaclaron en bolsas plásticas de cierre hermético, se aislaron de fuentes de humedad y contaminantes exógenos, se etiquetaron, almacenaron y se reservó una contramuestra (Figura 10). La preparación de muestras específica para cada ensayo se describe en la Tabla 1.

SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO

Figura 10

Almacenamiento de muestras en laboratorio



Caracterización Físicoquímica

Incluye los análisis granulométricos, condiciones de plasticidad, la caracterización por fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X, espectroscopía infrarroja y análisis termogravimétrico.

Análisis granulométrico de suelos

Se utilizaron las normas ASTM D 422-63 (equivalente AASHTO T 88 01) para analizar las muestras por tamizado se clasificaron de acuerdo con la cantidad de material retenido en las mallas desde el No. 4 (4.75 mm) hasta el No. 200 (0.075 mm). Para la granulometría por lavado, se tomó el peso del material retenido por el tamiz No.40 (0.425 mm) y se lavó hasta obtener una muestra de sedimento que se pesó después de un secado a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ durante 24 horas (Figura 11).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Tabla 1

Descripción de preparación para ensayos Físicos y Químicos

Análisis Físicos	
Tipo de ensayo	Preparación
Granulometría	Secado durante 5 días, triturado y tamizado vibratorio, cuarteado de la muestra y disgregado con un martillo hasta que pase por el juego de tamices.
Límites de Atterberg	Pulverizado de muestra suficiente de suelo seco hasta obtener aproximadamente 250 g que deben pasar por el tamiz No. 40 (0,425 μm).
Análisis Químicos	
Tipo de ensayo	Preparación
Espectroscopía de fluorescencia de rayos X (FRX) Difracción de rayos X (DRX) Espectroscopía infrarroja (NIR) Análisis termogravimétrico (TGA)	Secado de 30 g de muestra a 60° C (para evitar la recristalización de los minerales) hasta masa constante. Pulverizado con un mortero y pistilo de porcelana hasta que pasa por el tamiz No. 200 (0,075 mm), empacado en bolsas de cierre hermético para evitar su hidratación y contaminación.
Análisis Petrográficos	
Tipo de ensayo	Preparación
Sección delgada por probeta pulida	Secado de 250 g de muestra en horno a 110° C hasta masa constante, se mezcla con resina epóxica, luego se prensa, se corta, se adhiere a un portaobjetos y se desbasta hasta obtener un espesor de 30 μm .

SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO

Figura 11

Muestras para análisis granulométrico



Nota. A. Cuarteo B. Tamizaje de muestra en el set de tamices C. Lavado de muestras D. Muestra lista para ser pesada.

Límites de Atterberg

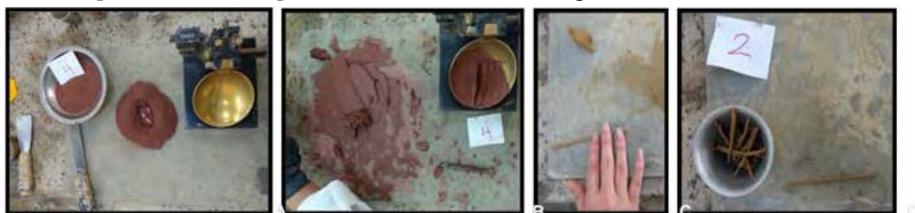
Se siguió el procedimiento de acuerdo con lo descrito en la norma AASHTO T90. La determinación del límite líquido se realizó a través del ponderado del contenido de humedad obtenido en la unión de las paredes en la Cazuela de Casagrande, en rangos de 15 a 20, 20 a 25 y 25 a 30 golpes; se extrajo una porción de suelo previamente pesada para ser secada al horno a una temperatura 110 ± 5 °C durante 24 horas.

El límite plástico se determinó a partir de 20 g de material preparado y mezclado con agua hasta que se formaron rollos de 3 mm de diámetro y 4 cm de largo, se pesó el recipiente con las muestras de rollitos, antes y después del secado en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 24 horas (Figura 12).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Figura 12

Muestras para análisis por límites de Atterberg



Nota. A. Preparación muestra B. Determinación de límites de Atterberg con cazuela de Casagrande. C. Elaboración de rollos para determinar limite plástico D. Rollos listos para ser pesados y secados.

Análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Esta técnica aporta información de la composición química de los compuestos presentes en forma de óxidos, se requirió la elaboración de una pastilla con 9 g de muestra preparada y 1 g de crema para fluorescencia (almidón $C_6H_{10}O_5$), se utilizó una prensa manual Vaneox Fluxana de 25 Ton y se analizó en el equipo Épsilon 4 de Malvern Panalytical en el laboratorio de Materiales de la UPTC Seccional Sogamoso (Figura 13); las líneas de más bajo espectro se realizaron en condiciones de aire ambiental y las más altas (4-5) en atmósfera de helio (Castroviejo Fernández, 2020).

Figura 13

Ensayo FRX



Nota. A. Muestra pulverizada en báscula B. Generación de la pastilla en prensa hidráulica C. Análisis de FRX.

SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO

Análisis por Difracción de Rayos X (DRX)

Se utilizó el método de polvo, que consistió en disponer de manera aleatoria la muestra en el soporte, es decir orientada al azar, para evitar una orientación preferencial que reproduzca el patrón con todos los posibles planos cristalográficos; el análisis se realizó en condiciones de temperatura ambiente.

Las muestras (Figura 14) fueron analizadas en el difractómetro de rayos X Philips X'PERT de la Universidad Carlos III de Madrid, España. Se determinaron los parámetros estructurales a partir de un modelo teórico que se ajusta al patrón de difracción experimental.

Las condiciones de ensayo se realizaron bajo la configuración óptica de Bragg – Brentano con un detector de estado sólido de alta velocidad para la adquisición de datos denominado PIXcel y un tubo generador de rayos X con ánodo de Cobre (longitud de onda de 1.54 Å), a un tamaño de paso de 2 Theta y un rango de medición de 5-70° durante 21 minutos.

El análisis semicuantitativo de las fases cristalinas se refinó por el Método de Rietveld con la técnica de mínimos cuadrados; se modificaron los parámetros involucrados en el modelo hasta que la diferencia entre los patrones de difracción teórico y experimental sea mínima.

Figura 14

Muestras preparadas para analizarse por DRX



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Análisis por Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIR)

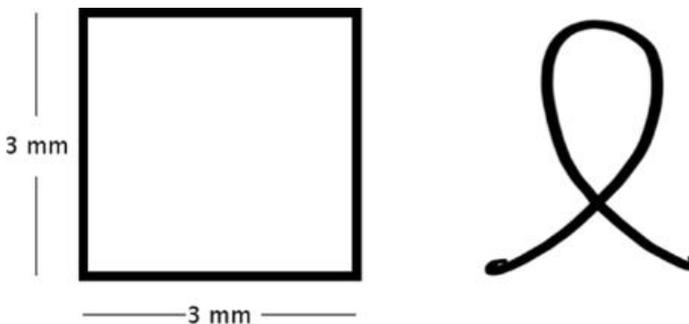
El espectro NIR consistió en sobretonos y vibraciones de combinación de moléculas que contienen los grupos CH, OH o NH (Bruker Corporation, 2018). Los espectros de las muestras fueron tomados en el equipo Nicolet iS 10 de la Universidad de Alcalá de España y el análisis se hizo mediante la Transformada de Fourier (FTIR) en el software OMNIC.

Análisis termogravimétrico (TGA)

Se elaboraron figuras regulares de dimensiones conocidas con las arcillas (Figura 15), en el equipo TGA 701 de LECO se programaron las rampas de temperatura como se muestra en la Figura 16 durante un tiempo aproximado de 10 horas. Se moldearon las figuras geométricas cuadrada y de moño, durante la cocción de las piezas cerámicas, para verificar cualitativamente la contracción y analizar el comportamiento de las curvaturas y apliques respectivamente.

Figura 15

Probetas para análisis TGA

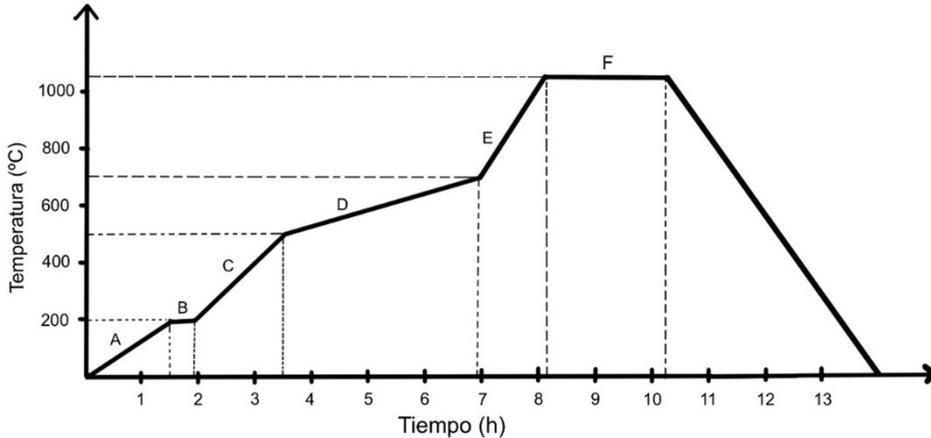


Nota. Probetas de dimensiones conocidas (3x3 mm) para el ensayo termogravimétrico.

SECCIÓN II. MARCO METODOLÓGICO

Figura 16

Rampa de cocción para las muestras de arcillas



Nota. A. De 0-200 °C en 90 min B. Se mantiene la temperatura de 200 °C durante 20 min C. 200 – 500 °C en 100 min D. 500 – 700 °C en 200 min E. 700 – 1050 °C en 75 minutos F. Se mantiene la temperatura de 1050 °C durante dos horas. Fuente: Autores, modificado de (Cáceres et al., 2021), (Gelves Diaz et al., 2011), (Guerrero et al., 2018).

Caracterización mineralógica y petrográfica

Incluye el análisis mineralógico microscópico por medio de conteo de puntos y la micrografía (SEM) de la muestra GQ2.

Sección delgada por probeta pulida

Esta técnica permitió la observación e identificación de los minerales de tamaño superior a 5 μm de la muestra y así corroborar la información arrojada por los análisis de DRX y FRX. La sección delgada se realizó con base en la norma ASTM D2797, la preparación de la muestra consistió en agregar 4 g de arcilla a 5 ml de resina poliéster y 3 gotas de MEK peróxido, se mezcló, solidificó y pulió hasta tener 30 μm de espesor.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

El conteo de 800 puntos para la descripción mineralógica se llevó a cabo en el microscopio petrográfico Leica 4500 DM del laboratorio de Petrografía de la UPTC seccional Sogamoso.

El microscopio electrónico de barrido es una técnica de caracterización que permite la observación y el reconocimiento de la superficie en materiales inorgánicos y orgánicos, entregando información morfológica del material analizado. Se realizó el análisis en un microscopio electrónico de barrido con cátodo de emisión de campo (FE-SEM), modelo FEI TENELO Vac. Este análisis se llevó a cabo con la colaboración del grupo de investigación de Polímeros y Compuestos de la Universidad Carlos III de Madrid, España.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características físicas, químicas, mineralógicas y térmicas condicionan las propiedades y usos de las arcillas, e influye en la calidad de los productos terminados, como lo son las artesanías. Aunque todos los niveles arcillosos muestreados corresponden a la misma formación geológica, se identificó que el comportamiento físico y térmico varía entre las muestras.

El análisis granulométrico determinó que las muestras (GQ1, GQ2, GQ3 y GQ5) corresponden a arcillas y limos inorgánicos (GQ4), de mediana y ligera plasticidad ($IP > 10\%$) (Tabla 2) aptas para la fabricación de cerámicos por el bajo riesgo de fracturas durante el proceso de extrusión (Özkan, 2017), además de presentar características de baja plasticidad, lo cual evita la generación de fracturas durante el proceso cocción (I. Bernal et al., 2003).

La muestra GQ3 presentó una variabilidad granulométrica en el contenido de arena (16%) que supera la distribución en los demás niveles (0.17 – 3.46 %) y modifica los tiempos de secado en las piezas cerámicas; a medida que aumentan los contenidos de cuarzo, es necesario incrementar la temperatura de cocción para reducir la porosidad de la pieza; mientras que a bajas temperaturas se tendrá mayor absorción de agua y baja resistencia mecánica (Flórez-Vargas et al., 2018). Las curvas granulométricas se presentan en el anexo B.

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2

Clasificación descriptiva de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS)

Caracterización física		
Muestra	Clasificación USCS	
GQ1	CL	Arcilla inorgánica de mediana plasticidad
GQ2	CL	Arcilla inorgánica de mediana plasticidad
GQ3	CL	Arcilla inorgánica de mediana plasticidad
GQ4	ML-OL	Limo - arcilla de mediana plasticidad
GQ5	CL	Arcilla inorgánica de mediana plasticidad

A través de la técnica de fluorescencia de rayos X se determinaron contenidos de sílice (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3) recurrentes, óxido de hierro (Fe_2O_3) bajo, así como porcentajes variables de óxidos de Ca, Mg, S, K, Na y P (Tabla 3). Los resultados son concordantes con el ambiente de depósito de la Formación Arcillas de Socha, que corresponde a llanuras aluviales de inundación con canales que distribuyen el agua y los sedimentos a un cauce principal (Ulloa et al., 2001); donde hay variabilidad entre los contenidos orgánicos e inorgánicos además de la presencia de minerales característicos de una sedimentación evaporítica.

Las arcillas varicoloreadas indican cambios en los niveles de los pantanos o lagunas, y sus coloraciones tienen fuerte influencia química común en ambientes reductores y ácidos (Pardo Trujillo, 2009). De acuerdo con la tabla de clasificación de Munsell, las muestras presentaron variedad de colores: la GQ1 se catalogó como café rojizo oscuro (10R 3/4), la GQ2 como café amarillento moderado (10YR 5/4), la GQ3 como café amarillento pálido (10YR 6/2), la GQ4 como café rojizo (10R6/2) y, por último, la GQ5 como rojo pálido (10R 6/2).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

El beneficio de las arcillas está condicionado por su composición química, sus propiedades térmicas y la ocurrencia de impurezas tales como fragmentos líticos, cuarzo, micas, feldspatos, óxidos de hierro, carbonatos, materia orgánica, entre otros. Por ejemplo los contenidos de alúmina inciden sobre la capacidad refractaria y óxidos de hierro modifican los colores finales de las piezas (Cáceres et al., 2021)

Los resultados de la fluorescencia de rayos X suministran información preliminar que orienta los análisis de difracción de rayos X, de manera que las bases de datos cristalográficas se ajustan sobre elementos específicos. Aunque la composición química entre las muestras presenta baja variabilidad, esta técnica se limita a identificar los elementos en funciones de óxidos y no discrimina entre las fases minerales.

Tabla 3

Resultados del Análisis de Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Fluorescencia de rayos X									
Muestra	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃	K ₂ O (%)	Na ₂ O	P ₂ O ₅ (ppm)
1GQ	72.48	21.3	4.14	0.18	0.27	366 ppm	0.93	740 ppm	692
2GQ	69.05	22.84	5.39	0.21	0.34	0.10%	1.28	0.17%	480
3GQ	69.95	21.80	-	0.21	0.45	242 ppm	1.06	0.14%	-
4GQ	71.33	21.21	4.90	-	0.66	199 ppm	1.38	-	-
5GQ	73.9	20.26	3.39	0,24	0,46	317 ppm	1.11	910.6 ppm	-

Nota. Se muestra la composición química de las arcillas de la vereda Pantanitos.

El análisis semicuantitativo de las fases cristalinas realizado mediante el refinamiento por el método de Rietveld permitió identificar la composición de las muestras (Figura 17).

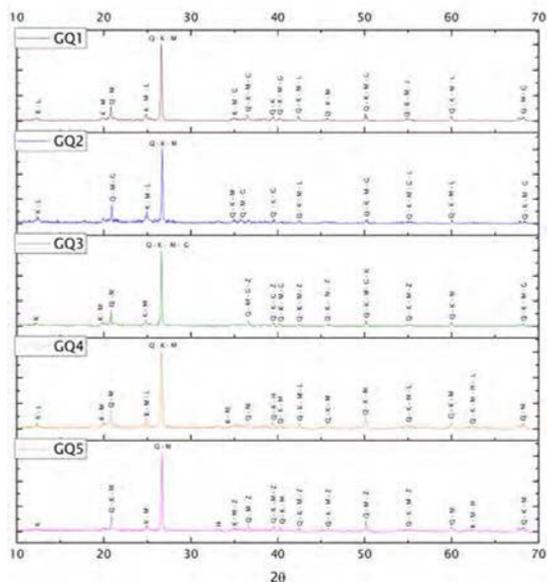
SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron fases de cuarzo, minerales arcillosos constituidos por aluminosilicatos hidratados con algunas impurezas como hierro y calcio, caolín, montmorillonita, zeolita y lizardita (Tabla 4).

Así como fases de óxidos de goethita, hematita, que son coherentes con los resultados de FRX y los análisis previos realizados por otros autores (Curtidor et al., 2014) (Sánchez & Vargas, 2009). Las arcillas tienen carácter caolinitico-illítico; el contenido de potasio en la estructura de la illita puede influir en la capacidad fundente durante el proceso cerámico, mientras que el cuarzo proporciona un control dimensional (Flórez-Vargas et al., 2018), (I. Bernal et al., 2003).

Figura 17

Difractogramas de las muestras de arcillas



Nota. Cuarzo (Q), Caolinita (K), Goethita (G), Lizardita (L), Montmorillonita (M), Zeolita (Z), Hematita (H). Tamaño de paso de 2θ y un rango de medición de 5-70° durante 21 minutos.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Tabla 4

Resultados Difracción de Rayos X

Muestra	Cuarzo (%)	Caolinita (%)	Montmorillonita (%)	Goethita (%)	Hematita (%)	Lizardita (%)	Zeolita (%)
GQ 1	77.4	15.9	4.9	1.5	-	0.3	-
GQ 2	33.9	51.4	11.9	0.7	-	2.2	-
GQ 3	75.5	13.1	9.9	1.1	-	-	0.5
GQ 4	71	17.7	5.4	-	4.9	1	-
GQ 5	83.5	0.8	12	-	3.1	-	0.7

En el estudio de los espectros FTIR se identificaron distintas formas de minerales que componen las arcillas, entre ellos caolinita, cuarzo, montmorillonita, illita, hematita y magnetita, que predominan en todas las muestras.

Se consideraron las bandas y asignación de enlaces observadas en el rango de 400 y 4000 cm^{-1} según se indica en la Tabla 5. El procesamiento de los espectros de infrarrojo a través de transformada de Fourier indicó que los datos son correlacionables con el ensayo de DRX, y ratifican las fases cristalinas que presentaron las muestras (Figura 18). En los minerales de arcilla las bandas de absorción que producen los grupos OH estructurales Si-O son muy importantes para la diferenciación entre fases cristalinas. Algunos minerales se caracterizan por la disposición de apilamiento de sus hojas y por la ocupación de los iones en los sitios octaédricos y tetraédricos (Madejova, 2003).

El estiramiento en la región OH de la caolinita muestra 3 bandas importantes (3694, 3620, 1024 cm^{-1}), en la Figura 18 se observaron 3 picos principales de 3694, 3620 y 1034, que corresponden a la ubicación de estiramiento acoplada en fases de la superficie perpendicular OH, confirmando la hidratación del mineral de arcilla (Sivakumar et al., 2012) (Hariprasath & Rajesh, 2015), (Saikia et al., 2016).

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una banda de 1633 cm^{-1} , que corresponde a las vibraciones H-O-H de agua absorbida en las muestras (Madejova, 2003); (Nayak & Singh, 2007); (Shoval & Beck, 2005). Las vibraciones de Si-O generaron picos fuertes y bien resueltos en las bandas de frecuencia de 1120 a 1000 cm^{-1} correspondientes a bandas para las vibraciones de estiramiento asimétricas de Si-O-Si, que confirman la presencia de cuarzo en todas las muestras, al ser el mineral más resistente durante el proceso diagenético, el más común en las rocas y el segundo más presente en la corteza terrestre (Hariprasath & Rajesh, 2015).

Se identificaron picos relevantes en 1020 y 910 cm^{-1} que representan las bandas de flexión de Al_2OH de los minerales de caolinita provenientes del grupo OH. Finalmente, se presentaron algunos picos débiles en las bandas de frecuencia de 776 y 633 cm^{-1} relacionados con vibraciones perpendiculares de Si-O. (Hariprasath & Rajesh, 2015; Rahmalia et al., 2018; Saikia et al., 2016; Sivakumar et al., 2012; Yin et al., 2019), así mismo, se identificó hematita en las bandas de $582,578$ y 564 cm^{-1} y magnetita en la banda 633 cm^{-1} debido al estiramiento simétrico de Fe-O (Saikia et al., 2016).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Tabla 5

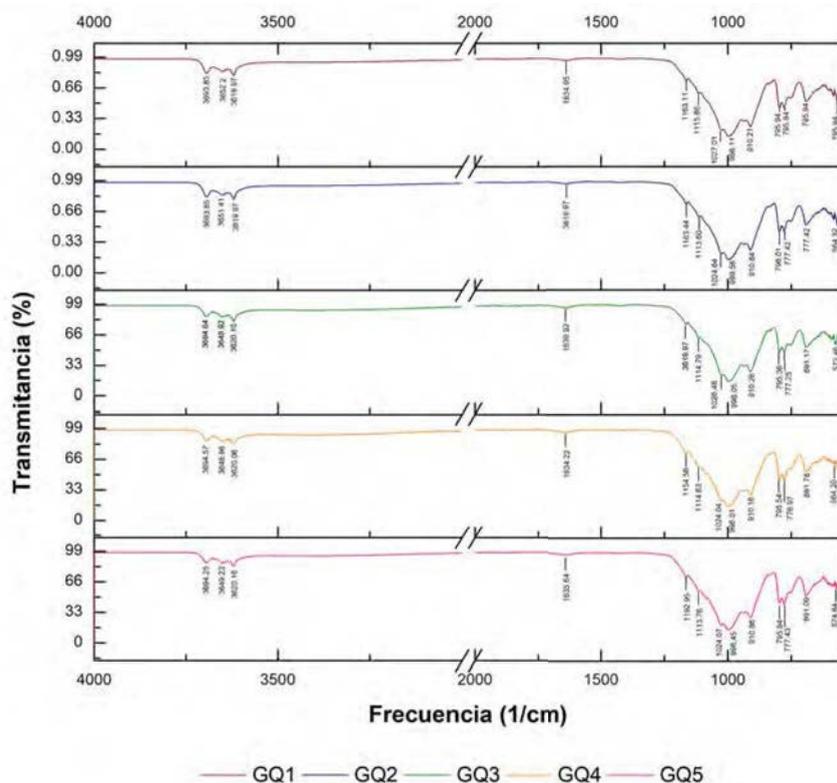
FTIR de las muestras de arcilla de la vereda Pantanitos

Mineral	Formula química	Banda de frecuencia	Asignación
Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	3694, 3620, 1024	(OH) Estiramiento acoplada superficie perpendicular -OH Vibraciones acopladas de los grupos OH
Cuarzo	SiO_2	1163, 1113, 795, 777	Vibraciones perpendiculares de Si-O
Montmorillonita	$(Na, Ca)_{0.3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2nH_2O$	1024, 996, 935, 910	Vibraciones de estiramiento asimétricas de Si-O-Si. Flexión de Al_2OH de los minerales de caolinita provenientes de vibraciones del grupo OH
Illita	$(K, H_3O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}[(OH)_2, (H_2O)]$	777, 691	Vibraciones perpendiculares de Si-O
Hematita	Fe_2O_3	582, 578, 564	Estiramiento simétrico de Fe-O
Magnetita	Fe_3O_4	633	

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 18

Espectros de Infrarrojo de las muestras de arcilla de la vereda Pantanitos



Nota. Se muestran los picos relevantes en las bandas de frecuencia de 3800 a 400 cm^{-1} .

A través del análisis térmico se determinaron los cambios de peso que en cada muestra en función de la temperatura bajo una atmósfera controlada. Se identificó la pérdida de masa del material durante el calentamiento, contracción y deformación de las figuras por fenómenos físicos y químicos (Añez, 2006).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

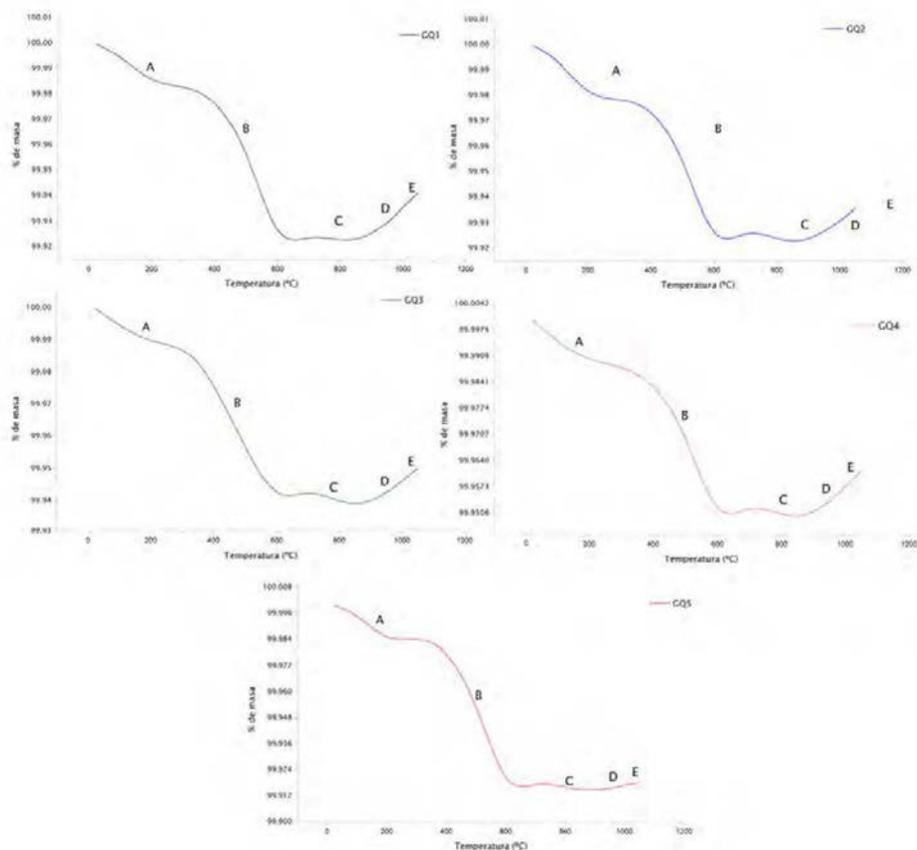
En los análisis TGA (Figura 19) se generó una primera pérdida de masa relacionada con la eliminación de agua absorbida químicamente (aguas connatas, de formación, de adherencia) (Schlumberger, 2020) entre los 100 y 200 °C (Castrillón et al., 2016); pérdida de masa por deshidroxilación, asociada con la liberación de agua en la moscovita en el rango de 400 – 700 °C; la expulsión del agua residual restante en la red cristalina de los minerales arcillosos genera el rompimiento de su estructura a los 800 °C, a partir de esta temperatura empieza la formación de silicatos amorfos lo que provoca una fuerte contracción con pérdida de porosidad. La formación de metacaolín y reordenamiento de las estructuras cristalinas de silicatos de aluminio anhidro ocurre con liberación de sílice amorfa entre los 850 – 900 °C; los procesos de sinterización comienzan desde los 950 °C y hasta los 1050 °C en el cual se mantiene la recristalización; la formación de mullita se produce por encima de los 1000 °C (Cáceres et al., 2021) (Sánchez & Vargas, 2009).

Los cambios de fase se explican a partir de las propiedades que aporta cada mineral dentro del proceso de cocción, los feldespatos actúan como fundentes y constituyen las fases finales del vidrio residual. La porosidad y la difusión gaseosa en el interior de la pieza se modifican durante vitrificación, esenciales para controlar las reacciones de oxidación en algunos componentes de las pastas cerámicas (Añez, 2006).

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 19

Curvas Termogravimétricas de las muestras de arcillas



Nota. Cambios de fases A. Eliminación de agua absorbida B. pérdida de masa por deshidroxilación C. Pérdida del agua residual restante D. Presumiblemente empieza la formación de silicatos amorfos E. Procesos de sinterización.

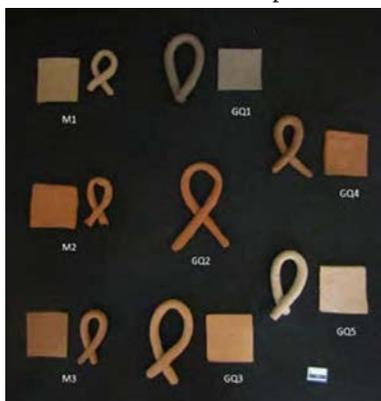
CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

El cuarzo contenido en las arcillas empleadas por las alfareras de ASOAMME para la elaboración de artesanías probablemente provoca el rompimiento de las piezas durante la cocción, debido a que éste interviene como ingrediente para controlar la plasticidad de las pastas, contracción de secado y cocción. Asimismo, influyó en la porosidad, y aumentó la velocidad de secado de las piezas modeladas. La disminución de la contracción de secado reduce el riesgo de agrietamiento y deformación de las piezas (Añez, 2006).

El comportamiento de las arcillas durante los cambios de temperatura y la composición mineralógica influye en las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de las pastas cerámicas, así como, la consolidación y formación de una estructura sólida durante la cocción (Figura 20); las rampas de calentamiento y enfriamiento afectan la densidad, la porosidad, la contracción y la resistencia de las piezas cerámicas; en consecuencia, el control cuidadoso de estos parámetros permite una sinterización adecuada, mayor densificación de las piezas cerámicas y productos de alta calidad (Özkan, 2017).

Figura 20

Probetas de arcillas para análisis TGA



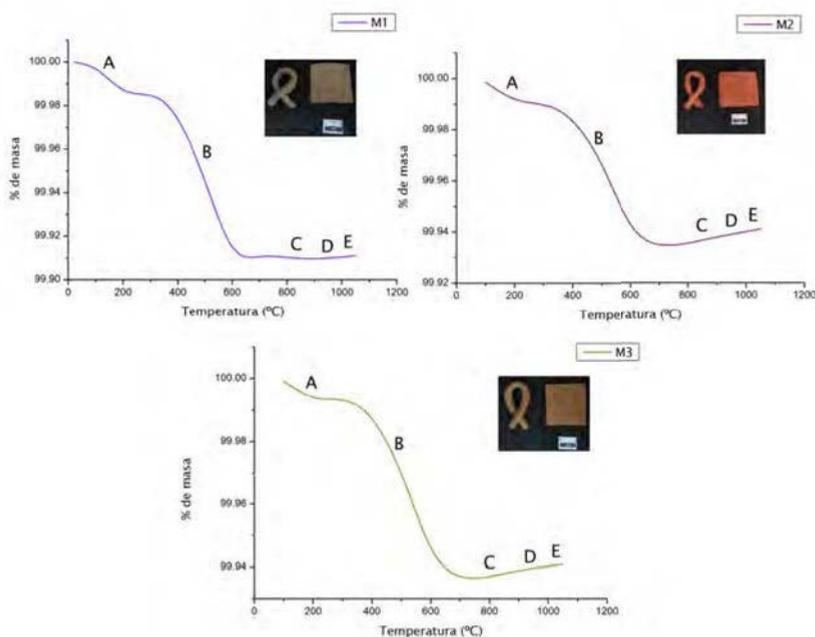
Nota. Placas y moños cocinados para verificar apliques y el comportamiento de curvaturas durante la cocción.

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron tres mezclas 1:1 de las muestras para complementar el estudio, estas fueron M1 (QG1 y GQ3), M2 (QG3 y GQ4) y M3 (GQ2 y GQ5), los resultados se observan en la Figura 21; las curvas se comportaron de manera similar a las iniciales, sin embargo, las fases de vitrificación son casi imperceptibles con mayor tendencia a la fracturación y a la pérdida de calidad durante el proceso de beneficio.

Figura 21

Curvas Termogravimétricas de las mezclas de arcillas



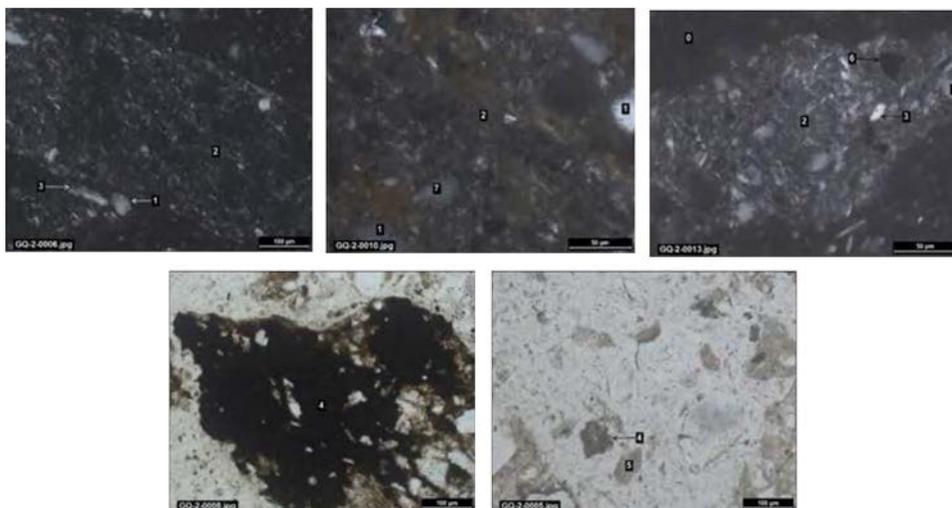
En el análisis petrográfico de los minerales presentes en la muestra GQ2 (ver Figura 22) y con la ayuda fotográfica de 800 pixeles, se clasificó la agrupación mineralógica, como una lodolita arenosa según el diagrama de Folk, 1970 (Folk, 1974) (Apéndice G).

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Por microscopía electrónica de barrido SEM (ver Figura 23), se identificaron estructuras laminares en su mayoría con escamas y bordes rotos, las partículas enrolladas parecen indicar la presencia de caolinita desordenada (Milošević & Logar, 2017). La morfología es coherente con el empaquetamiento atómico de los filosilicatos en una red monoclinica.

Figura 22

Imágenes microscópicas de la sección delgada en diferentes aumentos



Nota. A. 1000x tomadas en el microscopio LEICA DM4500P con polarizadores cruzados y paralelos. 0. Vacío 1. Cuarzo 2. Minerales arcillosos 3. Moscovita 4. Óxidos de hierro 5. Trazas de preñdita 6. Pirita 7. Ortoclasa 8. Pedernal.

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

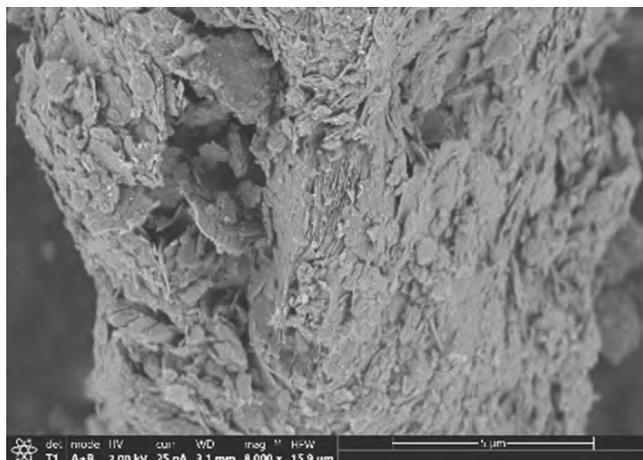


Figura 23

Microfotografía SEM muestra GQ2

Las muestras analizadas presentan características similares en la composición química, las fases cristalinas, grupos funcionales, comportamiento térmico y propiedades físico-cerámicas tales como la resistencia mecánica, dureza, conductividad térmica y resistencia al desgaste; en correspondencia, es muy probable que las pastas cerámicas derivadas de ellas sean aptas para el proceso alfarero. Además, la ocurrencia de fases cristalinas similares, en presencia de diferentes reactivos químicos, derivan en comportamientos térmicos y propiedades físicas análogas.

A partir de la caracterización fisicoquímica, mineralógica y petrográfica de las arcillas empleadas como materia prima en la elaboración de artesanías, se concluye que las muestras estudiadas son aptas para producir piezas cerámicas; sin embargo, se sugiere un modelo de cocción controlado para evitar daños y pérdida de material, se consideraron aspectos como la preparación, el moldeado y el secado previo de las arcillas.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Diagnóstico y aportes al proceso alfarero artesanal

De acuerdo con lo recomendado por (Özkan, 2017), el trabajo de las arcillas se debe realizar bajo condiciones de humedad y plasticidad promedio inferiores al 10%, por lo tanto, se sugiere controlar el nivel de saturación de las muestras y secarlas en un lugar con buena ventilación, sin luz directa del sol; la pérdida de humedad de manera abrupta provoca que las piezas se fracturen con facilidad, por ejemplo en materiales con bajos contenidos de montmorillonita (Cáceres et al., 2021), (Amado et al., 2011).

El uso de leña o carbón es poco favorable para el control de la temperatura y la pérdida gradual de la humedad, se recomienda que la difusión del calor sea uniforme dentro del horno y el flujo de llama esté a una distancia considerable de la pieza cerámica; además, es necesario disponer las artesanías separadas unas de otras en bandejas resistentes. Se aconseja retomar los procesos de cocción que utilizan el gas propano, debido a que la distribución de calor se estabiliza y controla a través de condiciones programables y de monitoreo, por ejemplo, con una termocupla.

Con base en la caracterización descrita previamente, se identifica que las materias primas son aptas para la fabricación de artesanías solo cuando se trabajan de manera independiente, ya que las mezclas reducen su calidad.

Para el nivel arcilloso correspondiente a la muestra GQ2 se recomienda realizar un tamizado extra o usar en otros productos como ladrillos, tejas, bloques y otros materiales de construcción, debido a la presencia de granulometrías tamaño arena (>2 mm).

En el proceso de elaboración de artesanías, se evidenció que durante la cocción en los hornos artesanales se presentaban inconvenientes

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

relacionados con el gradiente de temperatura (Figura 24); los rangos eran inapropiados para el material y el flujo de calor carecía de control. La temperatura aumentaba drásticamente en lapsos de corta duración, además la humedad se liberaba de manera abrupta y se generaban fracturas en las piezas cerámicas finales.

Figura 24

Piezas cerámicas que presentan daños después de la cocción



La recomendación que se comparte al grupo de ASOAMME hace referencia al control de la curva de temperatura de cocción, la cual consiste en programar un valor de referencia y mantenerlo durante un tiempo específico, así: 200 °C en 90 minutos y mantener durante 20 minutos; 500 °C en los siguientes 100 minutos; 700 °C en los próximos 200 minutos; y finalmente, 1050 °C en los últimos 75 minutos que se conserva durante 120 minutos; luego se apaga el horno y se deja enfriar progresivamente.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Este proceso se implementó en la etapa final de la investigación en el taller de ASOAMME mediante el uso de una termocupla como instrumento de control para la cocción de las artesanías.

Conclusiones y Recomendaciones

Se caracterizaron 5 niveles de arcillas correspondientes a la Formación Arcillas de Socha en la vereda Pantanitos, que presentan características similares, tales como: fases cristalinas, grupos funcionales, comportamiento térmico y propiedades cerámicas, que permiten que las materias primas puedan ser tratadas de manera similar.

Los análisis de las muestras por FRX indicaron que la sílice y alúmina están en mayor concentración seguido por óxidos de hierro, y otras trazas como óxidos de Ca, Mg, S, K, Na y P, los análisis semicuantitativos de DRX relacionan las principales fases cristalinas, cuarzo, caolín, montmorillonita, goethita y hematita y en menor cantidad lizardita y zeolita; así mismo, las bandas de absorción por FTIR corroboran los enlaces químicos con las fases cristalinas. Finalmente, a nivel textural y de plasticidad, las muestras corresponden a arcillas y limos inorgánicos de mediana plasticidad.

La curva de cocción del TGA se estableció teniendo en cuenta la composición mineralógica para permitir las transformaciones químicas y físicas en la pasta cerámica; el uso de una la termocupla le permite a la asociación controlar la temperatura del horno durante la cocción de las piezas y prevenir las fracturas en las artesanías finales. Las propiedades evaluadas permiten inferir desde la perspectiva mineralógica, que estas arcillas son aptas para la fabricación de artesanías, con relación a los contenidos de caolinita, illita, y montmorillonita.

Se identificaron fallas durante el proceso de elaboración de artesanías relacionadas con el control de la temperatura y contenido de humedad durante la cocción; aunque las arcillas son adecuadas para el uso alfarero, se recomienda evitar las mezclas y trabajarlas de

SECCIÓN III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

manera independiente; además es necesario hacer caracterizaciones periódicas ya que puede existir variación lateral en el yacimiento.

La comunidad está dispuesta a mejorar su proceso en condiciones específicas que contemplen su territorio y sus ideas, esta necesidad es prioritaria para adaptar un proceso en el marco de la sostenibilidad como lo define la ONU.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

REFERENCIAS

- Alliance for Responsible Mining. (2018). *Historias del Territorio: La Tradición de la Alfarería en Boyacá, Colombia* - ARM.
- Amado, J. D. S., Villafrades, P. Y. M., & Tuta, E. M. C. (2011). Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la Región de Barichara, Santander. *DYNA (Colombia)*, 78(167), 50–58.
- Añez, D. (2006). *Pruebas Físicas y Análisis de Arcilla Mina Villa Cecilia del Municipio de Momil, Córdoba*. SENA.
- Asociación de Academias de la Lengua Española. (2019). *Diccionario de Americanismos ASALE*. Diccionario de Americanismos. <https://www.asale.org/damer/>
- ASTM Internacional. (2016). Límite Líquido, Límite Plástico, y el Índice de Plasticidad de los Suelos. In *Applied Clay Science*.
- Bernal, C. (2014). *Conformación del Empresariado del Sector Siderúrgico y su Papel en los Procesos de Modernización Social, Económica y Administrativa, en el Corredor Industrial de Boyacá*. 1-263.
- Bernal, I., Cabezas, H., Espitia, C., Mojica, J., Quintero, J., & Bernal, R. (2003). Análisis próximo de arcillas para cerámica. *Revista Académica Colombia Ciencia*, 27, 1-4. <https://doi.org/0370-3908>
- Bruker Corporation. (2018). *Application Note AN N283 Why FT-NIR Spectroscopy?* (p. 2).
- Cáceres, V. I., Chaparro García, A. L., & Sánchez Molina, J. (2021). *Caracterización de materiales arcillosos y su potencial aplicación en la industria cerámica*. Universidad de Pamplona, Sello Editorial-Facultad de Ciencias Básicas.
- Castrillón, D. Z., Patricia, A., Arrieta, H., Ferney, D., Palacio, G., Rodríguez, J. E., Milena, Á., Machado, H., Esperanza López, M., & Gómez Álvarez, C. (2016). Caracterización térmica, química y mineralógica de un tipo de arcilla roja propia

REFERENCIAS

de la Región Andina Colombiana, empleada para la producción de ladrillos para construcción thermal, chemical and mineralogical characterization of a type of red clay at the. *Revista Colombiana de Materiales*, 9, 53.

Castroviejo Fernández, M. P. (2020). *Fluorescencia de Rayos X (FRX)*. Universidad de Burgos. <https://www.ubu.es/parque-cientifico-tecnologico/servicios-cientifico-tecnicos/rayos-x/fluorescencia-de-rayos-x-frx>

CONPES. (2005). CONPES 3344. Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. In DNP.

CORPOBOYACÁ. (2015). Atlas Geográfico y Ambiental. Capítulo II. Elementos del Medio Natural. *Atlas Geográfico y Ambiental*, 53.

CORPOBOYACÁ. (2018). *Boletín Oficial Corpoboyacá*. Edición N. 180 Extraordinario 23 de abril de 2018 (Issue 0634).

Cultura, M. de. (2015). *La Chamba: Donde el río pasa entre Loza Negra y Roja*. Ministerio de Cultura.

Curtidor, L. A., Lozano, L. A., & Cardozo, L. M. (2014). Caracterización y evaluación de las arcillas de las zonas aledañas a la ciudad de Sogamoso para su utilización como catalizadoras de las emisiones de flúor de los hornos alfareros del municipio. *SENNOVA*, 978-958-15-0384-1.

Díaz Alarcón, J. A., & Alfonso Pérez, M. D. P. (2018). *Análisis de la evolución hidrogeoquímica y diagnóstico de procesos de biomineralización controlada en agua subterránea caso Pozo UPTC, Sogamoso*. 111.

Echeverri, B. E. R. A. (2020). Alternativas de producción más limpia en calidad del aire para el sector alfarero, Sogamoso (Boyacá). *Producción más Limpia*, 15(2), 46-70. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a3>

Flórez-Vargas, A. O., Sánchez-Molina, J., & Blanco-Meneses, D. (2018). Las arcillas de las formaciones geológicas de un área Metropolitana, su uso en la industria cerámica e impacto en la economía regional. *Revista EIA*, 15(30), 133-150.

Folk, R. L. (1974). Petrology of sedimentary rocks. In *Hemphill Publishing Company*.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Fondo Emprender. (2019). *Informe final de evaluación segundo cierre convocatoria 69*.

Gelves Díaz, J. F., Sánchez Molina, J., & Díaz García, J. I. (2011). Efecto de las calizas agregadas a las pastas empleadas en la fabricación de productos cerámicos de construcción del área Metropolitana de Cúcuta. *Respuestas*, 16(1), 38–44. <https://doi.org/10.22463/0122820x.103>

Gobernación de Boyacá. (2020). *Estadísticas primer semestre 2020 - Gobernación de Boyacá Secretaría de Minas y Energía*. <https://www.boyaca.gov.co/secretariaminasenergia/estadisticas-mineria-primer-semestre-2020/>

Guerrero, G., Espinel, E., & Escobar, N. (2018). Curva de cocción de las arcillas en la ladrillera el Recreo. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(1692–7257), 35–41.

Hariprasath, R., & Rajesh, A. L. (2015). Geochemical analysis of sediment sands of Cauvery and Kollidam Rivers in Tiruchirappalli District, Tamil Nadu, India. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*, 3(4), 333–339.

Herrera, S., Guijarro, G., Duque, T., & Servicio Geológico Colombiano. (2018). *Protocolo para el muestreo de arcillas*.

INGEOMINAS. (2005). *Geología de la Sabana de Bogotá*. <https://doi.org/10.5858/2001-125-1579-cgawlg>

Madejova, J. (2003). *FTIR techniques in clay mineral studies. Vibrational spectroscopy* (31st ed.). Institute of Inorganic Chemistry, Slovak Academy of Sciences.

Maurel & Prom Colombia, Incitema, & Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2019). *Estudio de impacto ambiental para el área de perforación exploratoria COR-15*.

Milošević, M., & Logar, M. (2017). Properties and characterization of a clay raw material from Miličnica (Serbia) for use in the ceramic industry. *Clay minerals*, 52(3), 329–340. <https://doi.org/10.1180/claymin.2017.052.3.04>

REFERENCIAS

- Minambiente, & Minhacienda. (2017). *Actualización POMCA, ío Garagoa. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica*. (Issue 100).
- Mincomercio. (2022). *Información: perfiles económicos departamentales*.
- Ministerio de Cultura [Mincultura]. (2014). *Ráquira, de la Olla a la Casa. En los cuadernos del barro*.
- Nayak, P. S., & Singh, B. K. (2007). Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR. *Bull. Mater. Sci.*, 30(3), 235–238.
- Núñez, A., & Barzuna, M. (2017). La sonrisa en la cerámica prehispánica. *Odontología Vital*, 27, 7–14.
- Özkan, I. (2017). Characteristics and ceramic properties of Turgutlu Cla. *Acta Physica Polonica A*, 131(1), 7–9. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.131.7>
- Pedraza-Fracica, S., & Mariño, J. (2016). Evaluación termal de 6 pozos de la parte central de la Cordillera Oriental (Colombia), a partir de paleogeotermas: implicaciones sobre la historia térmica y los hidrocarburos. *Ingeniería y Competitividad*, 18(1), 9–21.
- Rahmalia, W., Fabre, J.-F., Usman, T., & Mouloungui, Z. (2018). Adsorption characteristics of Bixin on Acid- and Alkali-Treated Kaolinite in aprotic solvents. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2018, 3805654. <https://doi.org/10.1155/2018/3805654>
- Rojas, J. C., & Ramos, P. (2018). *Caracterización de las capacidades, necesidades de innovación y propuesta del banco de proyectos de innovación en el sector alfarero de la ciudad de Sogamoso - Boyacá*.
- Saikia, B. J., Parthasarathy, G., Borah, R. R., & Borthakur, R. (2016). Raman and FTIR spectroscopic evaluation of clay minerals and estimation of metal contaminations in natural deposition of surface sediments from Brahmaputra River. *International Journal of Geosciences*, 07(07), 873–883. <https://doi.org/10.4236/ijg.2016.77064>

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Sánchez, G., & Vargas, C. (2009). *Caracterización de las arcillas del área de reserva especial del municipio de Sogamoso (Boyacá) a partir de análisis físicos, químicos y mineralógicos*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Schlumberger. (2020). *Aguas de formación*. Schlumberger.

Serrano, A., Martínez, M., & Fonseca, L. (2016). Diagnóstico y caracterización de la minería ilegal en el municipio de Sogamoso, hacia la construcción de estrategias para la sustitución de la minería ilegal. *Tendencias*, XVII (1), 1-104.

Shoval, S., & Beck, P. (2005). Thermo-FTIR spectroscopy analysis as a method of characterizing ancient ceramic technology. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 82(3), 609-616. <https://doi.org/10.1007/s10973-005-0941-x>

Sivakumar, S., Ravisankar, R., Raghu, Y., Chandrasekaran, A., & Chandramohan, J. (2012). FTIR spectroscopic studies on coastal sediment samples from Cuddalore District, Tamilnadu, India. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*, 40-46.

Ulloa, C. E., Rodríguez, E., Fuquen, J. A., & Acosta, J. E. (2001). Geología de la plancha 192, Laguna de Tota, Memoria explicativa. *Ingeominas*, 50.

Van der Hammen, T. (1957). Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del maestrichtiano y del terciario (un estudio basado sobre análisis de polen en Colombia). *Boletín Geológico*, 5(2). doi:<https://doi.org/10.32685/0120-1425/bolgeol5.2.1957.272>

Yin, Y., Yin, H., Wu, Z., Qi, C., Tian, H., Zhang, W., Hu, Z., & Feng, L. (2019). Characterization of coals and coal ashes with high si content using combined second-derivative infrared spectroscopy and raman spectroscopy. *Crystals*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/cryst9100513>

APÉNDICES

APÉNDICES

Apéndice A. Coordenadas de la zona de muestreo

Punto	Coordenadas		Coordenadas geográficas		Nombre de la muestra
	Este	Norte	Latitud	Longitud	
1	1128871.839	1125003.690	5.725423	-72.914146	GQ1
2	1128897.56	1124996.995	5.725362	-72.913914	GQ2
3	1129494.19	1125691.61	5.731631	-72.908516	GQ3
4	1129331.45	1125088.24	5.726179	-72.909996	GQ4
5	1129355.09	1125068.83	5.726003	-72.909783	GQ5

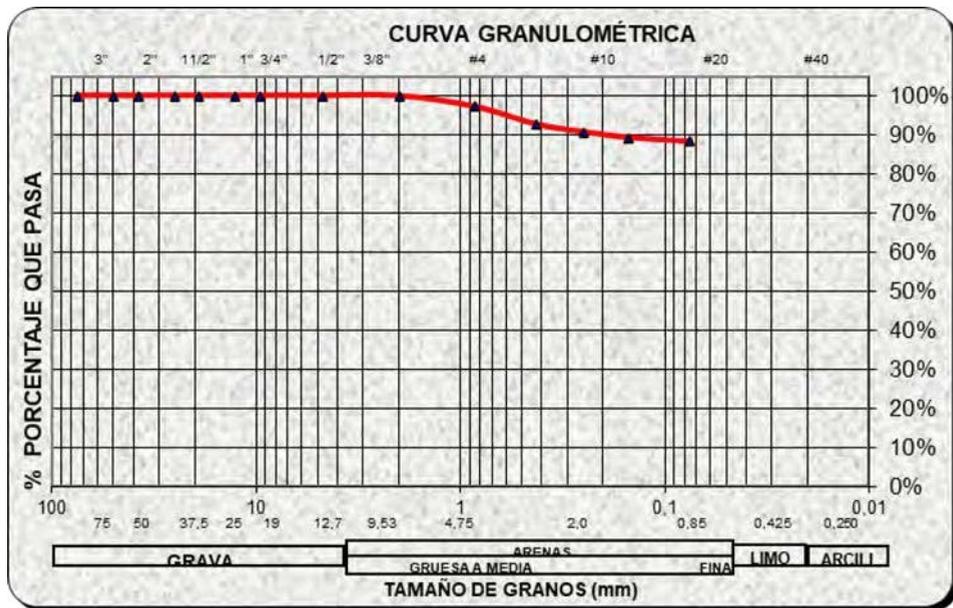
CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Apéndice B. Granulometría

Muestra GQ 1

		MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS			
INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION					
FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-041		Versión: 01		Página 1 de 1	
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGETICOS					
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO					
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO CON LAVADO SOBRE TAMIZ N° 200 (I.N.V. E - 123 - 07 - ASTM D 422-63 AASHTO T 88 01)					
MUESTRA	GQ 1	REVISÓ	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA		
TAMIZ	DIAM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1/2 "	12,7	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
10	2	0,150	0,071%	0,071%	99,929%
20	0,85	5,750	2,737%	2,808%	97,192%
40	0,425	9,550	4,546%	7,354%	92,646%
60	0,25	4,020	1,914%	9,268%	90,732%
100	0,15	3,090	1,471%	10,739%	89,261%
200	0,075	2,130	1,014%	11,752%	88,248%
Fondo		185,395	88,248%	100,0%	0,000%
TOTAL		210,085	100,000%		
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS			CL		

APÉNDICES

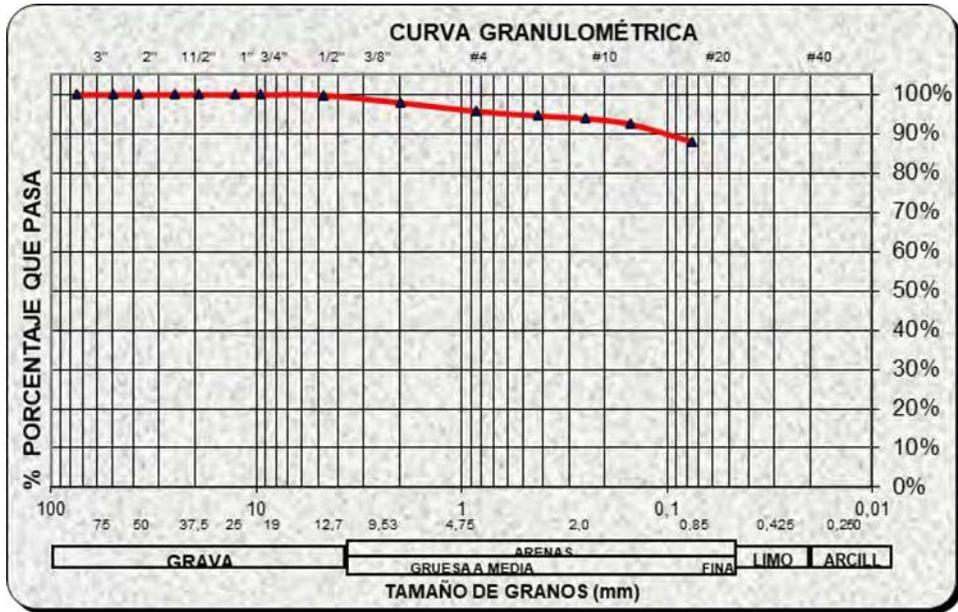


CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 2

		MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS			
INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION					
FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-041		Versión: 01		Página 1 de 1	
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGETICOS					
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO					
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO CON LAVADO SOBRE TAMIZ N° 200 (I.N.V. E - 123 - 07 - ASTM D 422-63 AASHTO T 88 01)					
MUESTRA	GQ 2	REVISÓ	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA		
TAMIZ	DIAM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1/2 "	12,7	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0,670	0,113%	0,113%	99,887%
10	2	11,220	1,892%	2,005%	97,995%
20	0,85	12,860	2,169%	4,174%	95,826%
40	0,425	6,990	1,179%	5,353%	94,647%
60	0,25	4,010	0,676%	6,029%	93,971%
100	0,15	8,460	1,427%	7,456%	92,544%
200	0,075	26,450	4,461%	11,917%	88,083%
Fondo		522,270	88,083%	100,0%	0,000%
TOTAL		592,930	100,000%		
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS			CL		

APÉNDICES

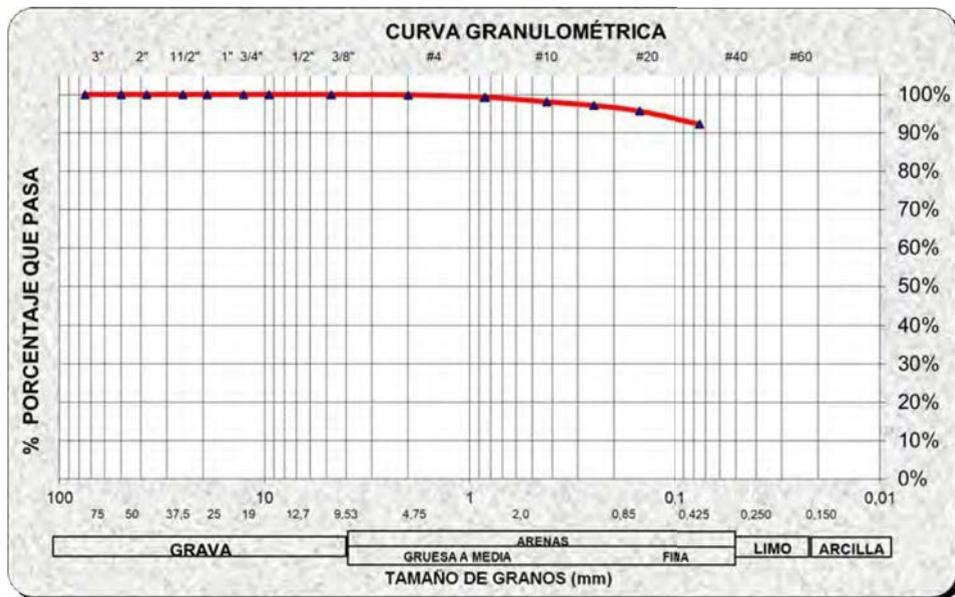


CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 3

		MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS			
INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION					
FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-041		Versión: 01		Página 1 de 1	
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGETICOS					
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO					
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO CON LAVADO SOBRE TAMIZ N° 200 (I.N.V. E - 123 - 07 - ASTM D 422-63 AASHTO T 88 01)					
MUESTRA	GQ 3	REVISÓ	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA		
TAMIZ	DIAM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1/2 "	12,7	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
10	2	4,560	2,071%	2,071%	97,929%
20	0,85	19,670	8,933%	11,004%	88,996%
40	0,425	11,170	5,073%	16,077%	83,923%
60	0,25	3,630	1,649%	17,725%	82,275%
100	0,15	3,250	1,476%	19,201%	80,799%
200	0,075	3,030	1,376%	20,577%	79,423%
Fondo		174,885	79,423%	100,0%	0,000%
TOTAL		220,195	100,000%		
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS			CL		

APÉNDICES

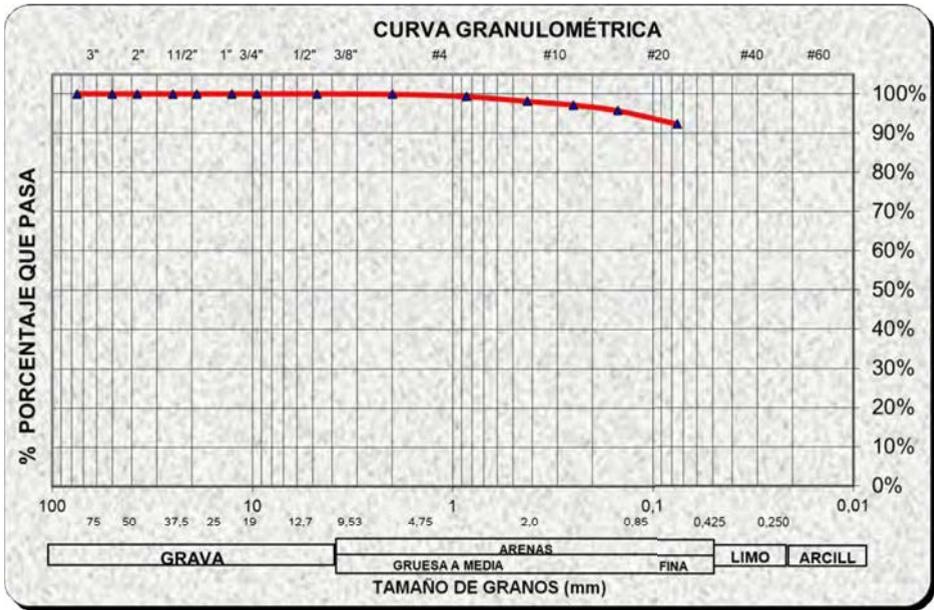


CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 4

		MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS			
INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION					
FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-041		Versión: 01		Página 1 de 1	
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGETICOS					
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO					
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO CON LAVADO SOBRE TAMIZ N° 200 (I.N.V. E - 123 - 07 - ASTM D 422-63 AASHTO T 88 01)					
MUESTRA	GQ 4	REVISÓ	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA		
TAMIZ	DIAM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1/2 "	12,7	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
10	2	0,130	0,026%	0,026%	99,974%
20	0,85	0,730	0,145%	0,171%	99,829%
40	0,425	0,970	0,193%	0,364%	99,636%
60	0,25	0,500	0,099%	0,463%	99,537%
100	0,15	0,610	0,121%	0,585%	99,415%
200	0,075	9,430	1,876%	2,460%	97,540%
Fondo		490,390	97,540%	100,0%	0,000%
TOTAL		502,760	100,000%		
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS				ML	

APÉNDICES

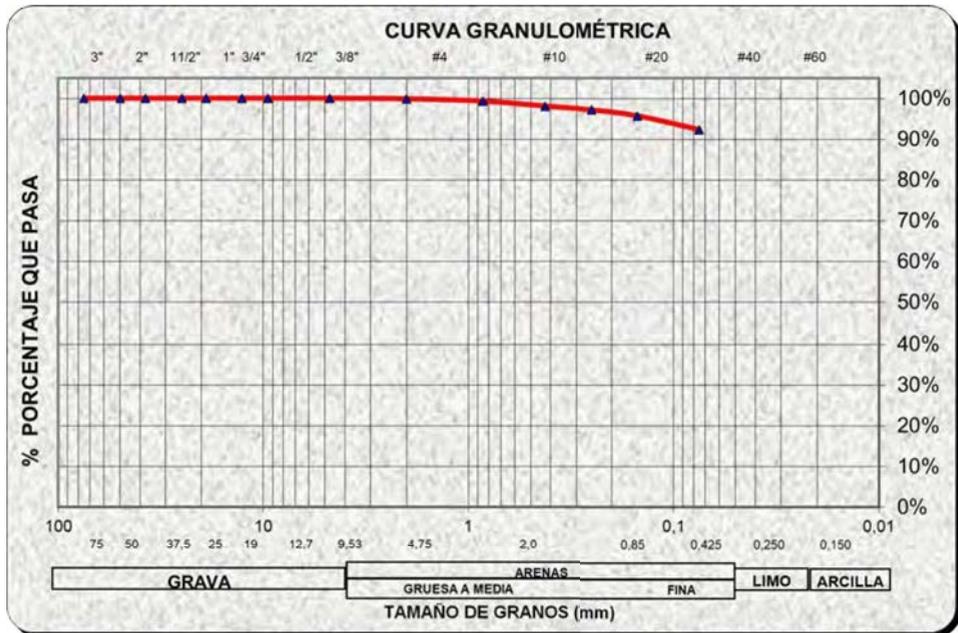


CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 5

		MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS					
INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION							
FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-041		Versión: 01		Página 1 de 1			
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGETICOS FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO CON LAVADO SOBRE TAMIZ N° 200 (I.N.V. E - 123 - 07 - ASTM D 422-63 AASHTO T 88 01)							
MUESTRA	GQ 5	REVISÓ	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA				
TAMIZ	DIAM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA		
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
1 - 1/2 "	37,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
1"	25	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
3/4 "	19	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
1/2 "	12,7	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
3/8 "	9,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
4	4,75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%		
10	2	0,590	0,123%	0,123%	99,877%		
20	0,85	2,760	0,575%	0,698%	99,302%		
40	0,425	5,790	1,206%	1,903%	98,097%		
60	0,25	4,530	0,943%	2,847%	97,153%		
100	0,15	7,020	1,462%	4,309%	95,691%		
200	0,075	16,220	3,378%	7,687%	92,313%		
Fondo		443,280	92,313%	100,0%	0,000%		
TOTAL		480,190	100,000%				
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS</td> <td style="padding: 5px;">CL</td> </tr> </table>			SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS	CL			
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS	CL						

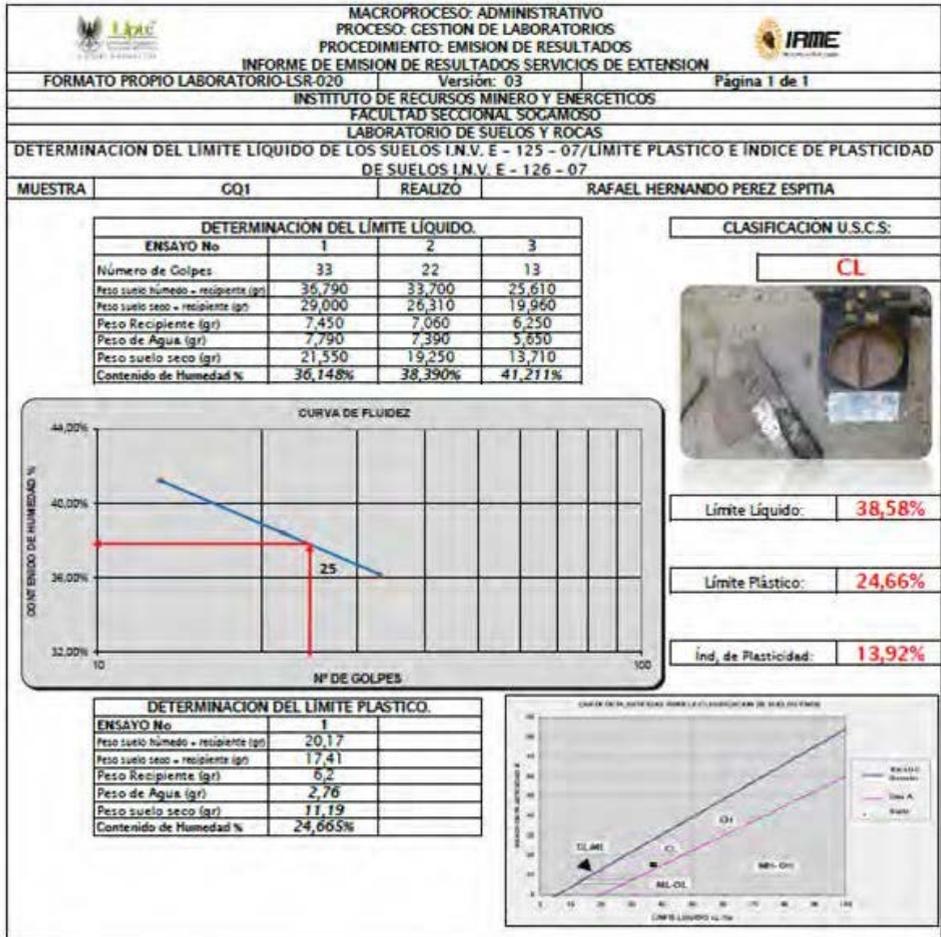
APÉNDICES



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Apéndice C. Límites de Atterberg

Muestra GQ 1



APÉNDICES

Muestra GQ 2

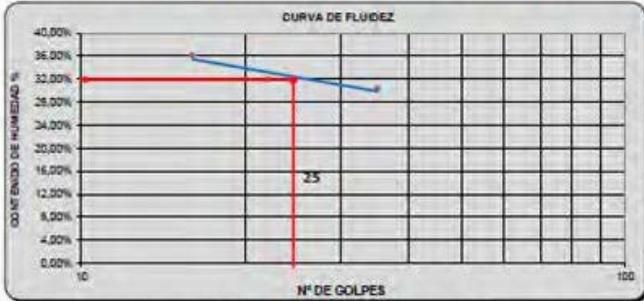


PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS
PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS
INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN



FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-020		Version: 03	Página 1 de 1
INSTITUTO DE RECURSOS MINERO Y ENERGÉTICOS FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS			
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS I.N.V. E - 125 - 07/LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS I.N.V. E - 126 - 07			
MUESTRA	CQ2	REALIZO	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO.			
ENSAYO No	1	2	3
Número de Golpes	35	22	16
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	33,090	30,240	33,950
Peso suelo seco + recipiente (gr)	27,210	24,280	26,880
Peso Recipiente (gr)	7,860	5,680	7,340
Peso de Agua (gr)	5,880	5,960	7,070
Peso suelo seco (gr)	19,350	18,600	19,540
Contenido de Humedad %	30,388%	32,043%	36,182%



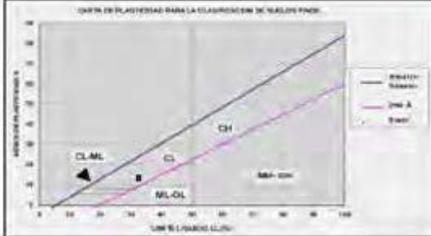
CURVA DE FLUIDEZ

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO.	
ENSAYO No	1
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	22,18
Peso suelo seco + recipiente (gr)	19,37
Peso Recipiente (gr)	6,4
Peso de Agua (gr)	2,81
Peso suelo seco (gr)	12,96
Contenido de Humedad %	21,682%

CL



Limite Líquido:	32,87%
Limite Plástico:	21,68%
Índ. de Plasticidad:	11,19%



GRUPO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS FINOS.

APÉNDICES

Muestra GQ 4

MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTION DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION		IFIME	
FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-020	Version: 03	Página 1 de 1	
INSTITUTO DE RECURSOS MINERO Y ENERGETICOS FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS			
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS I.N.V. E - 125 - 07/LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS I.N.V. E - 126 - 07			
MUESTRA	GQ4	REALIZO	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO.			
ENSAYO No	1	2	3
Número de Golpes	38	21	16
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	33,530	34,390	29,870
Peso suelo seco + recipiente (gr)	27,100	26,920	23,400
Peso Recipiente (gr)	8,760	9,170	8,690
Peso de Agua (gr)	6,430	7,470	6,470
Peso suelo seco (gr)	18,340	17,750	14,710
Contenido de Humedad %	35,060%	42,085%	43,984%

CLASIFICACION U.S.C.S.:	
	ML-OL
Limite Líquido:	40,38%
Limite Plástico:	23,62%
Índ. de Plasticidad:	16,75%

CURVA DE FLUIDEZ

Nº DE GOLPES

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO.	
ENSAYO No	1
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	21,76
Peso suelo seco + recipiente (gr)	19,27
Peso Recipiente (gr)	8,27
Peso de Agua (gr)	2,49
Peso suelo seco (gr)	10,54
Contenido de Humedad %	23,624%

CARTA DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS FINOS

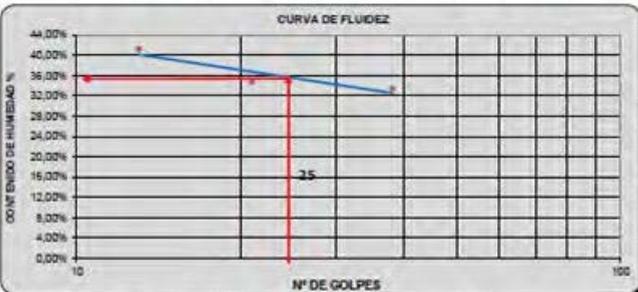
LÍMITE LIQUIDO LL (%)

CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 5

		MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTION DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION			
FORMATO PROPIO LABORATORIO-LSR-020		Version: 03		Página 1 de 1	
INSTITUTO DE RECURSOS MINERO Y ENERGETICOS FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS					
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS I.N.V. E - 125 - 07/LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS I.N.V. E - 126 - 07					
MUESTRA	GQ5	REALIZO	RAFAEL HERNANDO PEREZ ESPITIA		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO.			
ENSAYO No	1	2	3
Número de Golpes	38	21	13
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	33,760	35,720	35,050
Peso suelo seco + recipiente (gr)	27,450	28,700	27,910
Peso Recipiente (gr)	8,590	8,490	10,600
Peso de Agua (gr)	6,310	7,020	7,140
Peso suelo seco (gr)	18,860	20,210	17,310
Contenido de Humedad %	33,457%	34,735%	41,248%



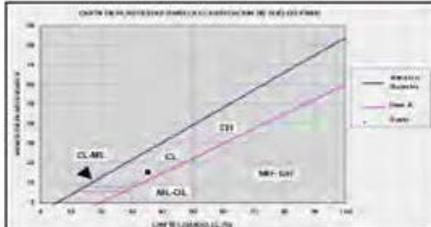
CURVA DE FLUJEZ

CLASIFICACION U.S.C.S:

CL

Limite Líquido:	36,48%
Limite Plástico:	23,46%
Índ. de Plasticidad:	13,02%

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO.	
ENSAYO No	1
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	20,89
Peso suelo seco + recipiente (gr)	18,04
Peso Recipiente (gr)	5,9
Peso de Agua (gr)	2,85
Peso suelo seco (gr)	12,15
Contenido de Humedad %	23,457%



GRAFO DE PLASTICIDAD (RELACION ENTRE LL E I.P.)

APÉNDICES

Apéndice D. Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Muestra GQ 1

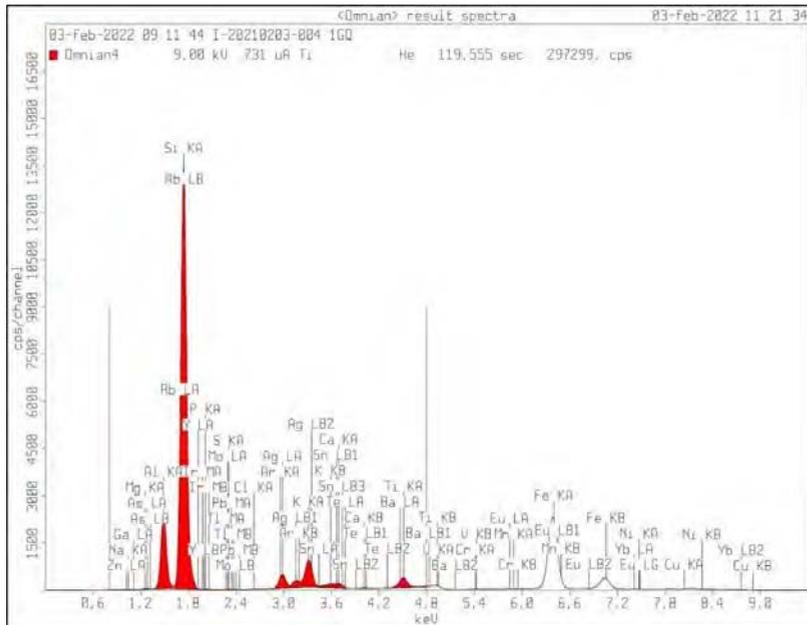
03-feb-2022 11:18:55 **Sample results** Page 1

Sample ident											
I-20210203-004:1GQ											
Application <Ormsian>						Normalisation factor 0,796					
Sequence 1 of 1						Minimum He Flow (l/min) 2,26					
Position 1											
Measurement time 03-feb-2022 09:11:44											

Compound	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	Ti	V	Cr	Mn
Conc	739,6	0,274	21,300	72,487	692,3	365,7	0,0	0,932	0,180	0,407	133,2	62,6	86,1
Unit	ppm	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%	%	%	ppm	ppm	ppm

Compound	Fe2O3	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Y	Mo	Sn	Te	Ba	Tl
Conc	4,143	25,4	31,7	113,8	14,2	2,9	41,5	19,2	3,7	46,5	49,4	210,6	0,4
Unit	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm

Compound	Pb	Eu	Yb	Ir
Conc	9,0	116,5	10,1	0,0
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 2

03-feb-2022 11:25:12 **Sample results** Page 1

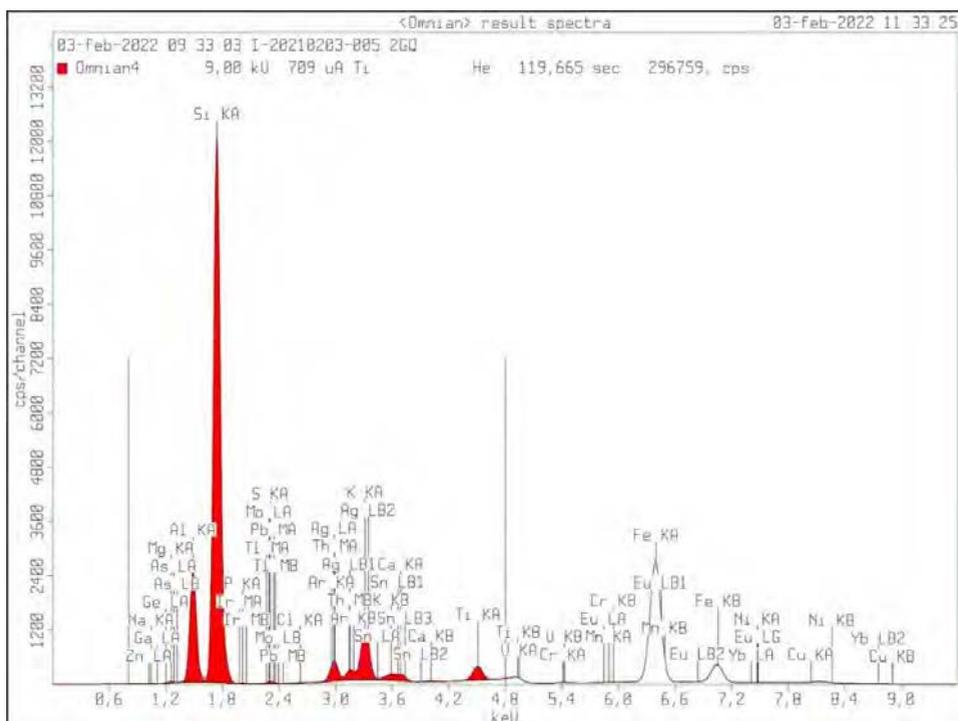
Sample ident	
I-20210203-005:2GQ	

Application	<Omnian>	Normalisation factor	0,765
Sequence	1 of 1	Minimum He Flow (l/min)	2,23
Position	2		
Measurement time	03-feb-2022 09:33:03		

Compound	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	Ti	V	Cr	Mn
Conc Unit	0,174 %	0,345 %	22,849 %	69,059 %	480,1 ppm	0,106 %	0,0 ppm	1,275 %	0,213 %	0,451 %	272,8 ppm	101,7 ppm	0,0 ppm

Compound	Fe2O3	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Mo	Sn	Tl	Pb	Th	Eu
Conc Unit	5,396 %	25,7 ppm	25,1 ppm	112,9 ppm	18,1 ppm	2,1 ppm	5,4 ppm	13,8 ppm	51,0 ppm	0,8 ppm	12,2 ppm	12,5 ppm	170,6 ppm

Compound	Yb	Ir
Conc Unit	9,6 ppm	0,0 ppm



APÉNDICES

Muestra GQ 3

03-feb-2022 11:33:39 Page 1

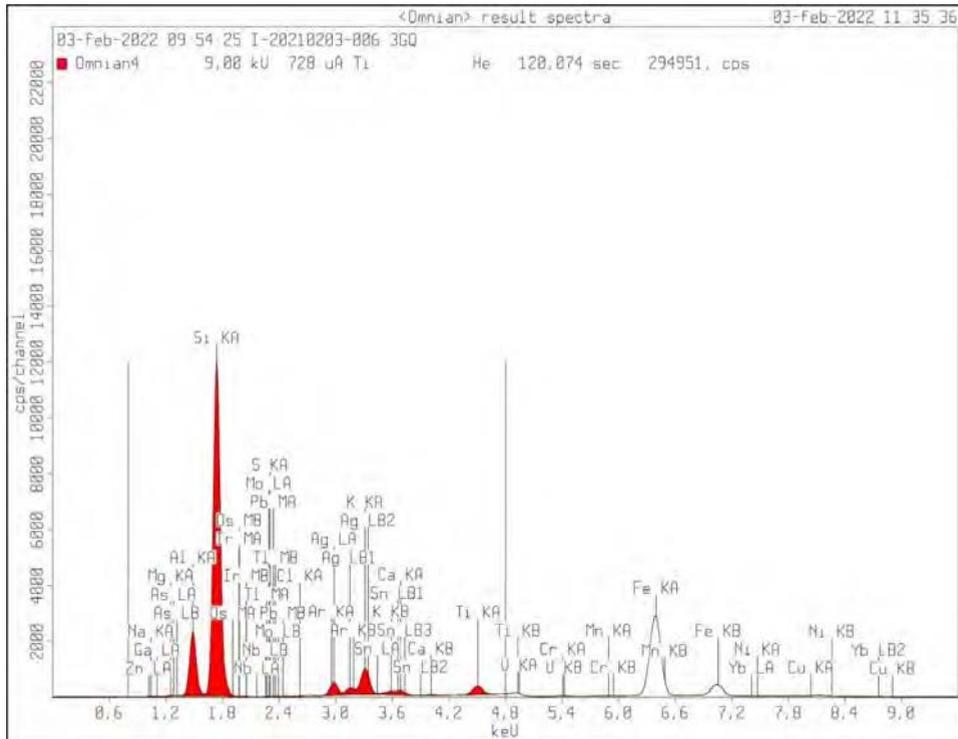
Sample results

Sample ident	
I-20210203-006:3GQ	

Application <Omnian>	Normalisation factor 0,829
Sequence 1 of 1	Minimum He Flow (l/min) 2,22
Position 3	
Measurement time 03-feb-2022 09:54:25	

Compound	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	Ti	V	Cr	Mn	Fe2O3
Conc	0,141	0,451	21,806	69,951	242,7	0,0	1,057	0,218	0,454	224,7	133,8	45,1	5,816
Unit	%	%	%	%	ppm	ppm	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%

Compound	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Nb	Mo	Sn	Tl	Pb	Yb	Os	Ir
Conc	62,7	73,0	167,0	15,3	8,4	13,2	12,5	41,8	1,1	10,4	7,1	0,0	0,0
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 4

03-feb-2022 11:35:53 Page 1

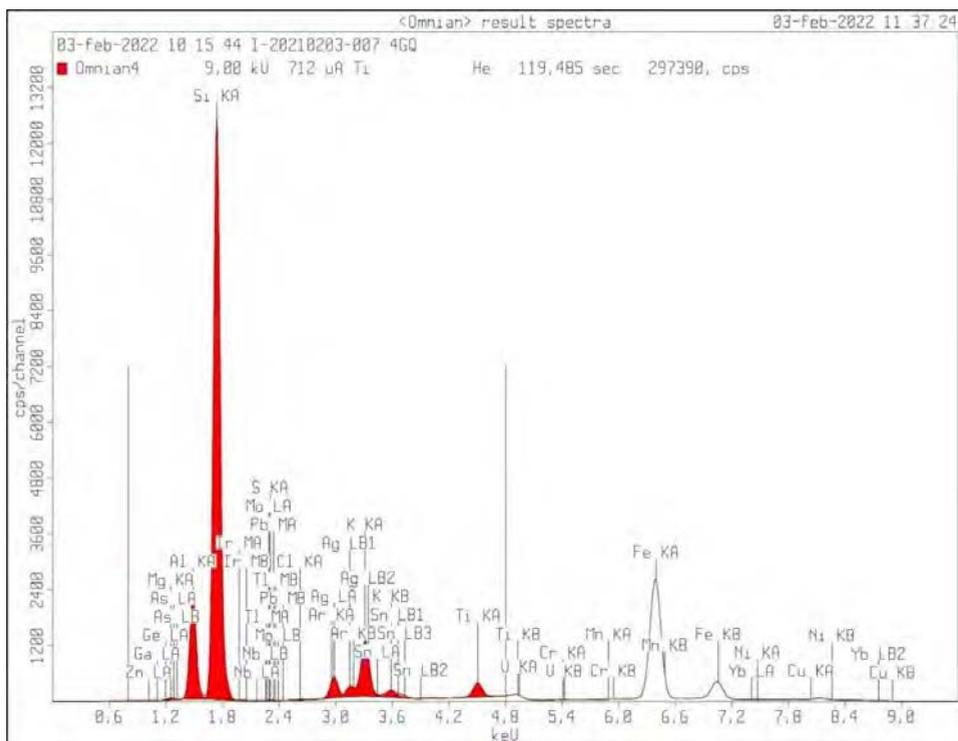
Sample results

Sample ident	
I-20210203-007:4GQ	

Application <Omnian>	Normalisation factor 0,796
Sequence 1 of 1	Minimum He Flow (l/min) 2,21
Position 4	
Measurement time 03-feb-2022 10:15:44	

Compound	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	Ti	V	Cr	Mn	Fe2O3	Ni	Cu
Conc	0,669	21,212	71,332	199,0	0,0	1,380	0,428	155,6	76,1	28,6	4,904	67,9	28,1
Unit	%	%	%	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm

Compound	Zn	Ga	Ge	As	Nb	Mo	Sn	Tl	Pb	Yb	Ir
Conc	103,7	16,5	1,4	1,5	15,7	3,9	40,7	0,9	10,7	6,3	0,0
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm



APÉNDICES

Muestra GQ 5

03-feb-2022 11:37:33 Page 1

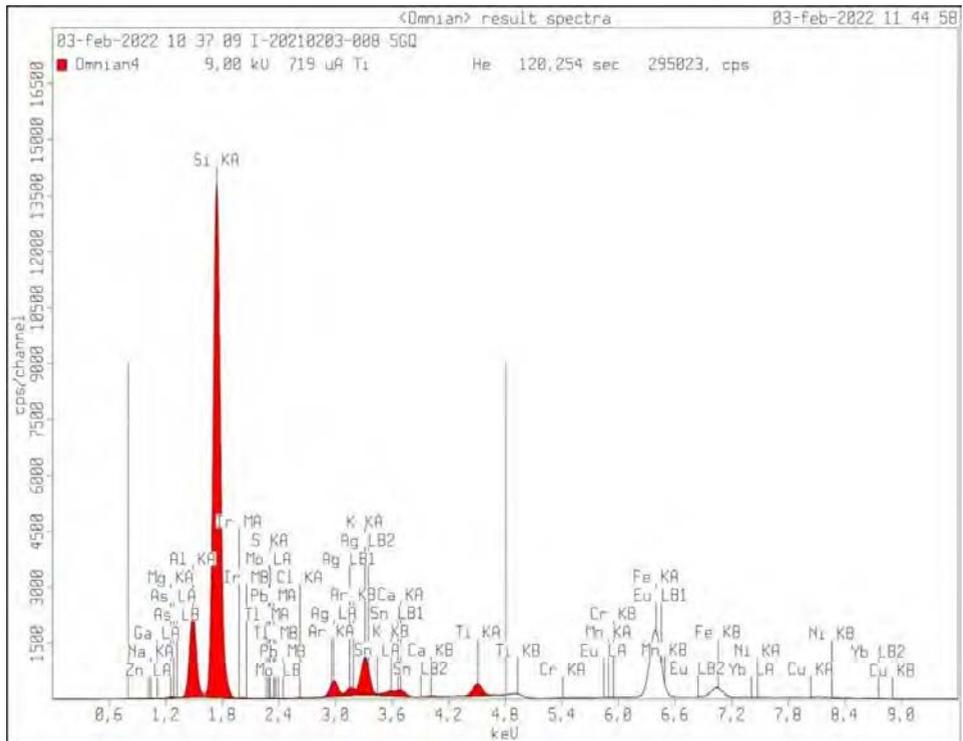
Sample results

Sample ident	
I-20210203-008:5GQ	

Application <Omnian>	Normalisation factor 0,768
Sequence 1 of 1	Minimum He Flow (l/min) 2,20
Position 5	
Measurement time 03-feb-2022 10:37:09	

Compound	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	Ti	Cr	Mn	Fe2O3	Ni
Conc	910,6	0,464	20,261	73,914	316,8	0,0	1,115	0,241	0,449	84,4	21,9	3,397	7,9
Unit	ppm	%	%	%	ppm	ppm	%	%	%	ppm	ppm	%	ppm

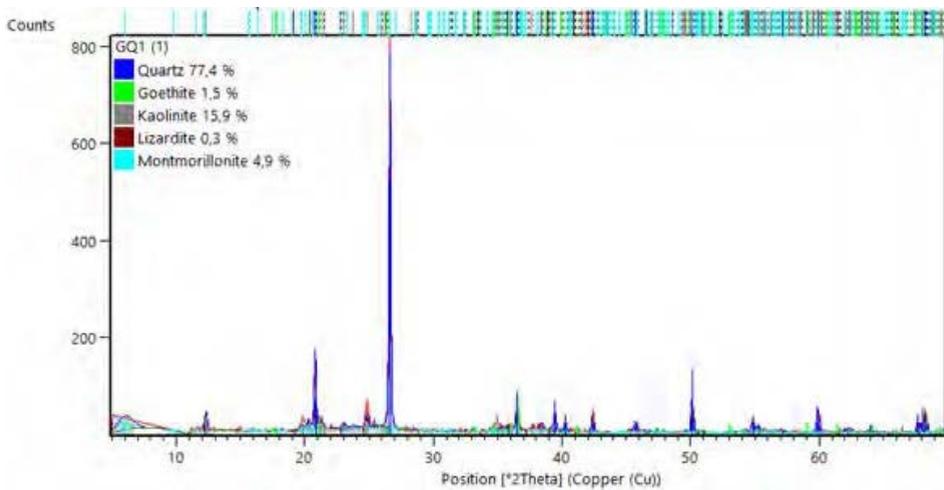
Compound	Cu	Zn	Ga	As	Mo	Sn	Tl	Pb	Eu	Yb	Ir
Conc	22,7	34,3	15,0	1,8	5,1	36,1	0,6	12,2	97,6	10,3	0,0
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

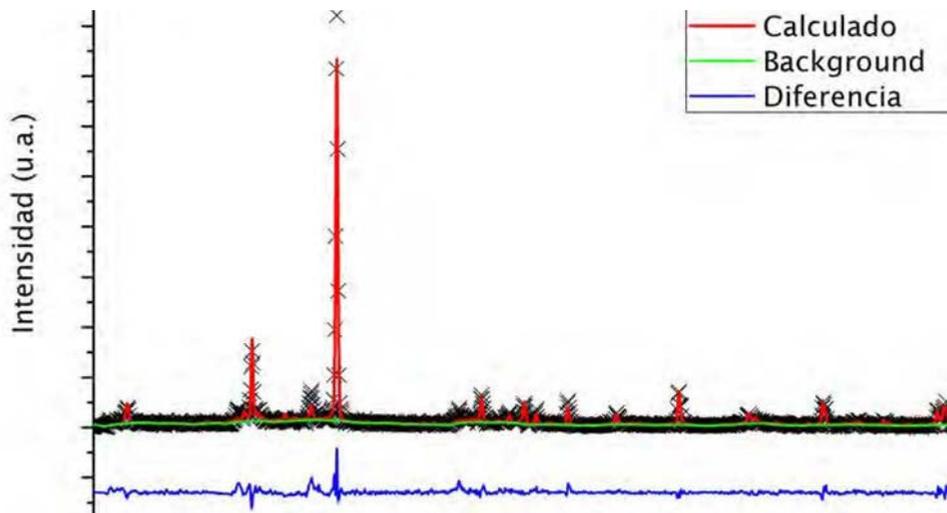
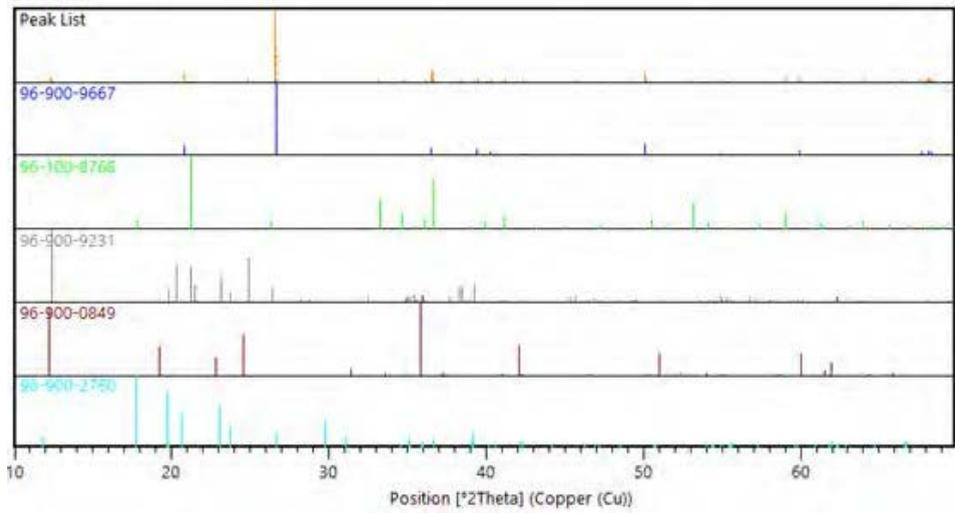
Apéndice E. Difracción de Rayos X (FRX)

Muestra GQ 1



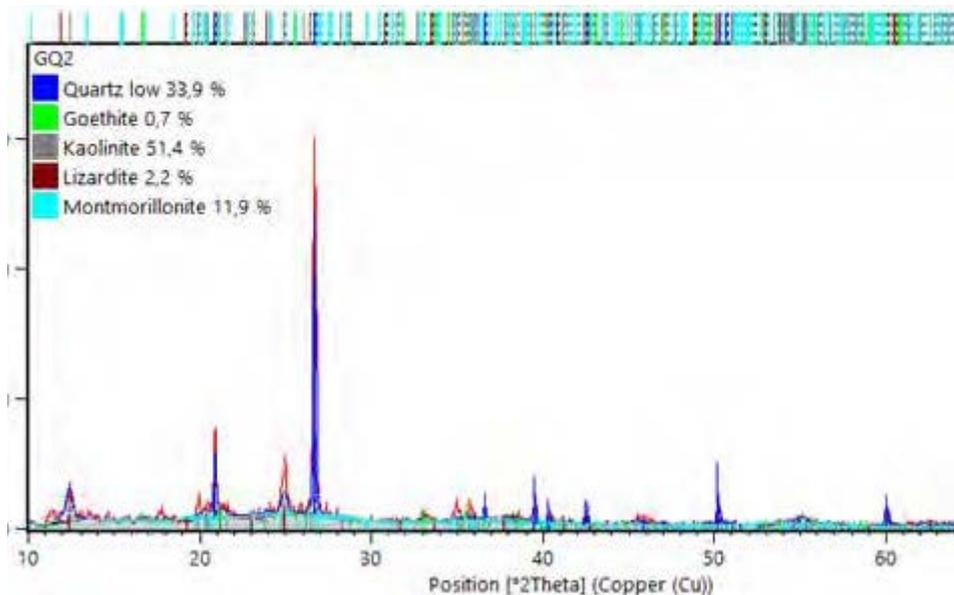
Visible	Ref.Codigo	Nombre compuesto	Formula Química	Puntuación	Color de pantalla
*	96-900-9667	Cuarzo	Si3.00 O6.00	21	Azul
*	96-100-8768	Coethita	Fe4.00 O8.00 H2.00	12	verde
*	96-900-9231	Kaolinita	Al2.00 Si2.00 O9.00	14	Cris
*	96-900-0849	Lizardita	Si2.00 Mg3.00 O9.00 H4.00	9	Marrón
*	96-900-2780	Montmorillonita	Al4.00 Si8.00 O24.00 Ca1.00	12	Agua

APÉNDICES



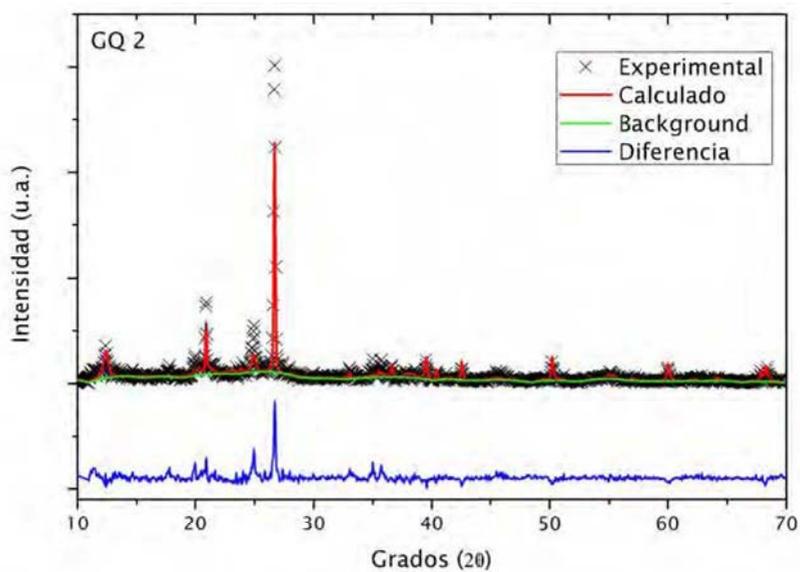
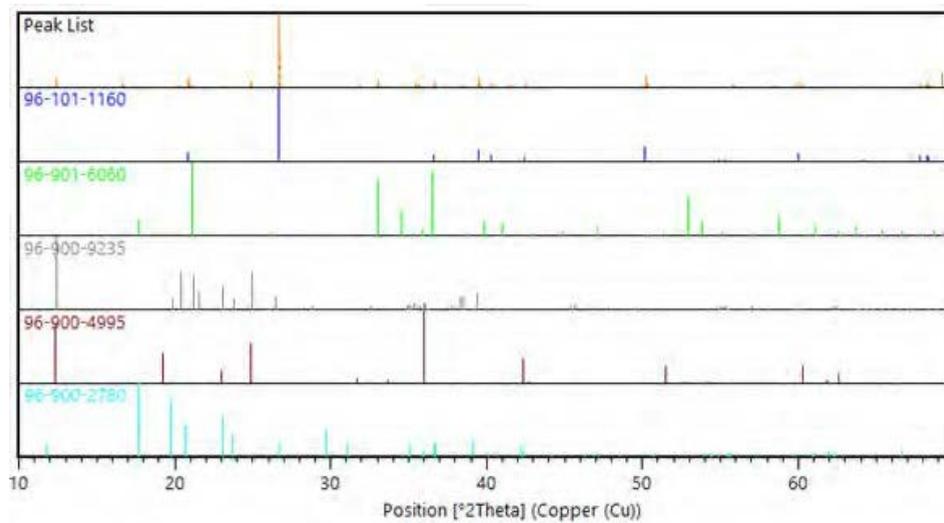
CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 2



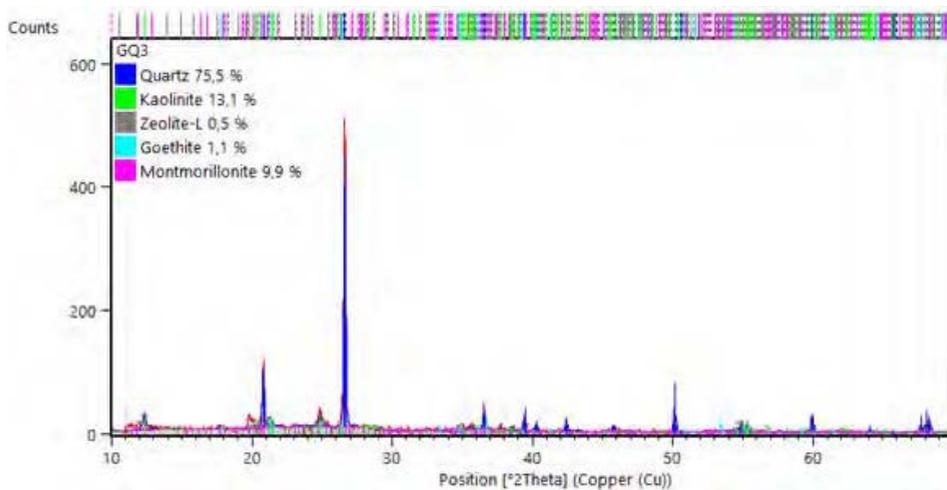
Visible	Ref.Codigo	Nombre compuesto	Formula Química	Puntuación	Color de pantalla
*	96-101-1160	Cuarzo Bajo	Si6.00 O6.00	9	Azul
*	96-901-6060	Goethita	O8.00 Fe4.00	8	verde
*	96-900-9235	Kao linita	Al2.00 Si2.00 O9.00 H4.00	10	Cris
*	96-900-4995	Lizardita	Mg2.79 Fe0.15 Al0.22 Si1.84 O9.00 H4.00	5	Marrón
*	96-900-2780	Montmorillonita	Al4.00 Si8.00 O24.00 Ca1.00	11	Ag ua

APÉNDICES



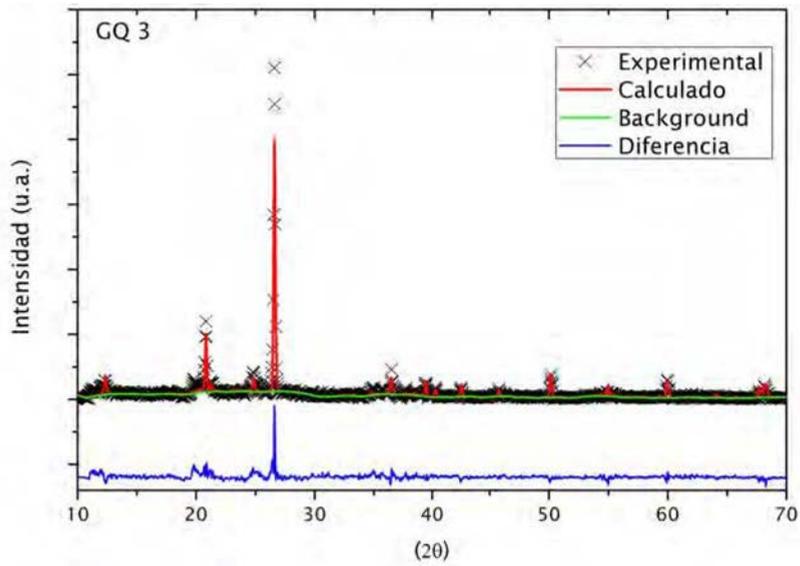
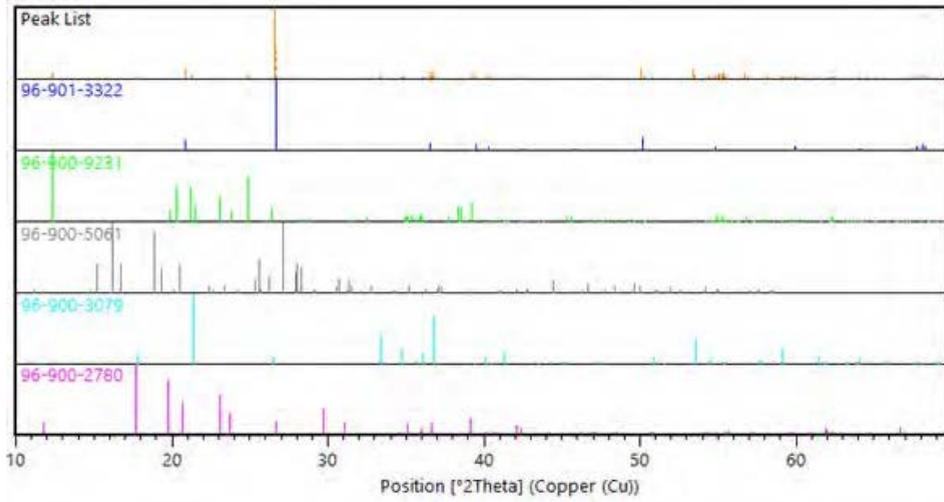
CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 3



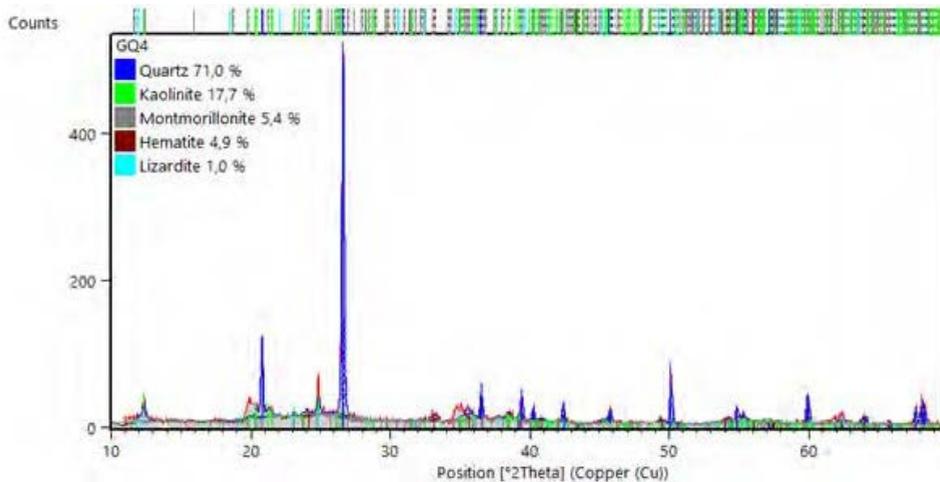
Visible	Ref.Codigo	Nombre compuesto	Formula Química	Puntuación	Color de pantalla
*	96-901-3322	Cuarzo	Si3.00 O6.00	12	Azul
*	96-900-9231	Kaolinita	Al2.00 Si2.00 O9.00	9	verde
*	96-900-5061	Zeolita-L	K4.63 Na6.00 Al10.62 Si25.38 O72.00 At19.32	15	Cns
*	96-900-3079	Goethita	Fe 4.00 O8.00	9	Agua
*	96-900-2780	Montmorillonita	Al4.00 Si8.00 O24.00 Ca1.00	15	Fucsia

APÉNDICES



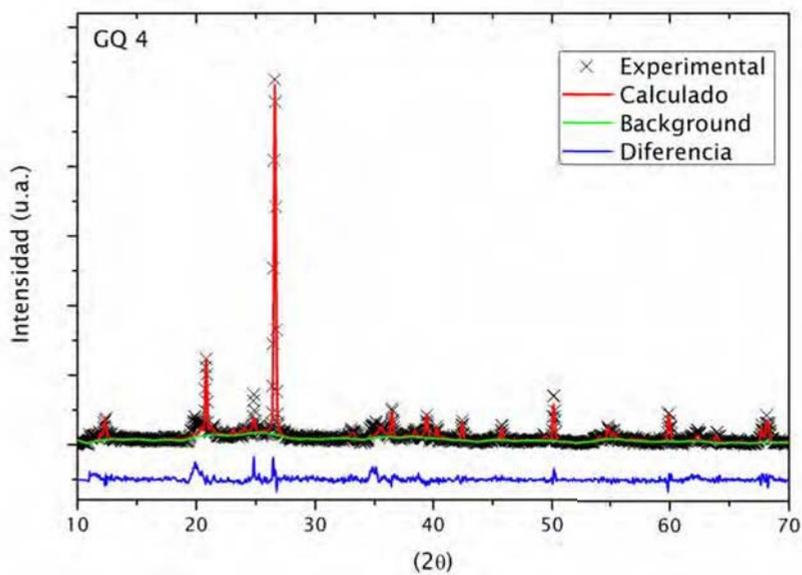
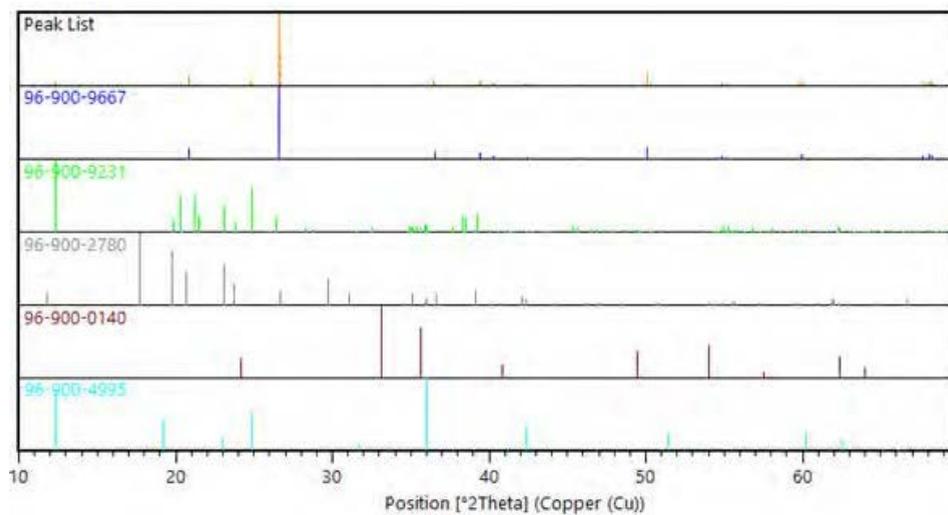
CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 4



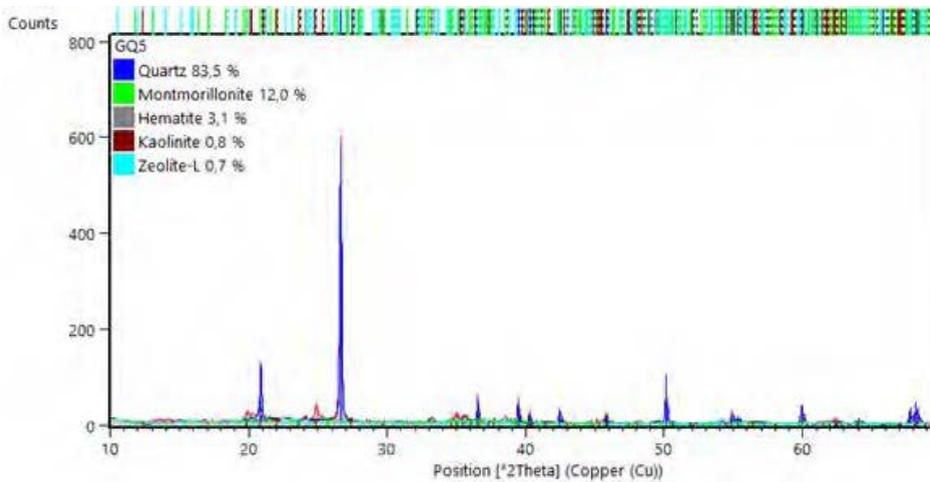
Visible	Ref.Codigo	Nombre compuesto	Formula Química	Puntuación	Color de pantalla
*	96-900-9667	Cuarzo	Si3.00 O6.00	18	Azul
*	96-900-9231	Kaolinita	Al2.00 Si 2.00 O9.00	13	verde
*	96-900-2780	Montmorillonita	Al4.00 Si8.00 O24.00 Ca1.00	14	Cris
*	96-900-0140	Hematita	Fe12.00 O18.00	11	Marrón
*	96-900-4995	Lizardita	Mg2.79 Fe0.15 Al0.22 Si1.84 O9.00 H4.00	7	Agua

APÉNDICES



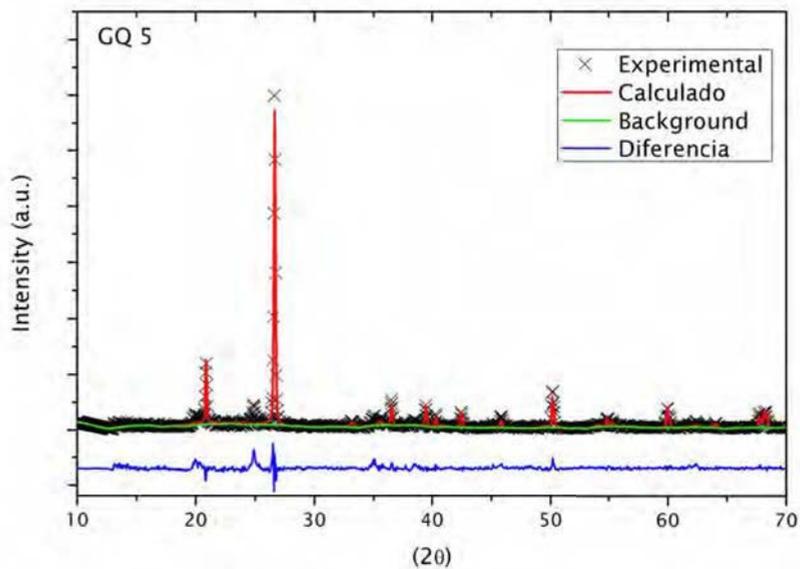
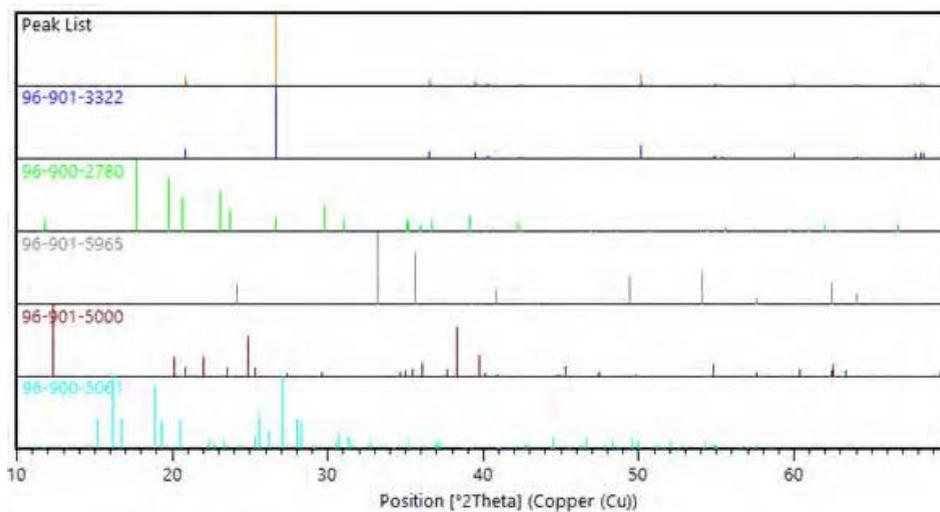
CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 5



Visible	Ref.Codigo	Nombre compuesto	Formula Química	Puntuación	Color de pantalla
*	96-901-3322	Cuarzo	Si3.00 O6.00	15	Blue
*	96-900-2780	Montmorillonita	Al4.00 Si8.00 O24.00 Ca1.00	11	Lime
*	96-901-5965	Hematita	Fe12.00 O18.00	4	Gray
*	96-901-5000	Kaolinita	Al8.00 Si8.00 O36.00	9	Maroon
*	96-900-5061	Zeolita-L	K4.63 Na6.00 Al10.62 Si25.38 O72.00 At19.32	15	Aqua

APÉNDICES



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Apéndice F. Espectroscopía Infrarroja

Muestra GQ 1

Vie Jun 17 18:31:03 2022 (GMT-05:00)

BUSCAR PICOS:

Espectros: GQ1

Región: 4000,00 400,00

Umbral absoluto: 95,681

Sensibilidad: 70

Lista de picos:

Posición: 568,25 Intensidad: 50,896

Posición: 582,66 Intensidad: 56,932

Posición: 595,67 Intensidad: 62,627

Posición: 614,77 Intensidad: 67,632

Posición: 691,23 Intensidad: 51,305

Posición: 777,35 Intensidad: 44,659

Posición: 795,94 Intensidad: 44,472

Posición: 910,21 Intensidad: 24,228

Posición: 935,23 Intensidad: 30,113

Posición: 996,11 Intensidad: 13,822

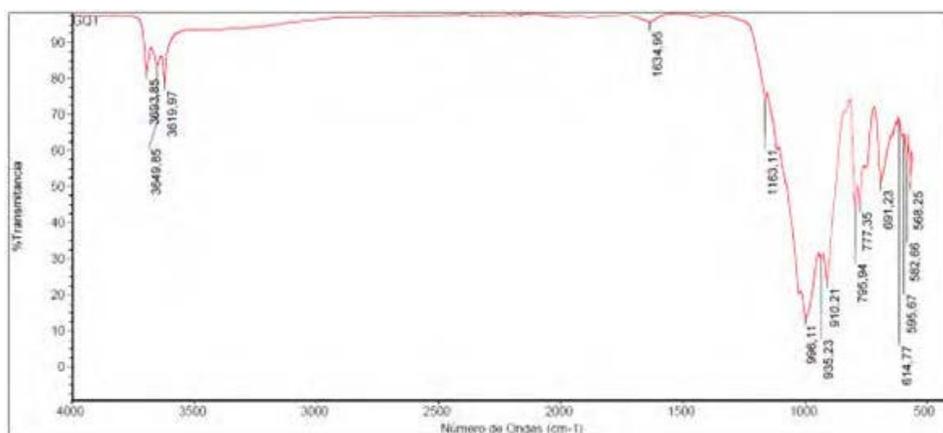
Posición: 1163,11 Intensidad: 74,153

Posición: 1634,95 Intensidad: 95,670

Posición: 3619,97 Intensidad: 79,075

Posición: 3649,85 Intensidad: 83,734

Posición: 3693,85 Intensidad: 81,871



APÉNDICES

Muestra GQ 2

Sab Jun 18 13:03:24 2022 (GMT-05:00)

BUSCAR PICOS:

Espectros: GQ_2

Región: 4000,00 400,00

Umbral absoluto: 97,013

Sensibilidad: 70

Lista de picos:

Posición: 564,43 Intensidad: 55,436

Posición: 575,95 Intensidad: 59,463

Posición: 583,16 Intensidad: 59,956

Posición: 590,88 Intensidad: 64,725

Posición: 598,52 Intensidad: 64,788

Posición: 604,73 Intensidad: 65,503

Posición: 610,39 Intensidad: 67,623

Posición: 646,65 Intensidad: 66,816

Posición: 690,30 Intensidad: 57,816

Posición: 777,39 Intensidad: 54,119

Posición: 796,10 Intensidad: 54,180

Posición: 911,02 Intensidad: 33,270

Posición: 1000,07 Intensidad: 19,616

Posición: 1026,88 Intensidad: 24,753

Posición: 1113,52 Intensidad: 61,952

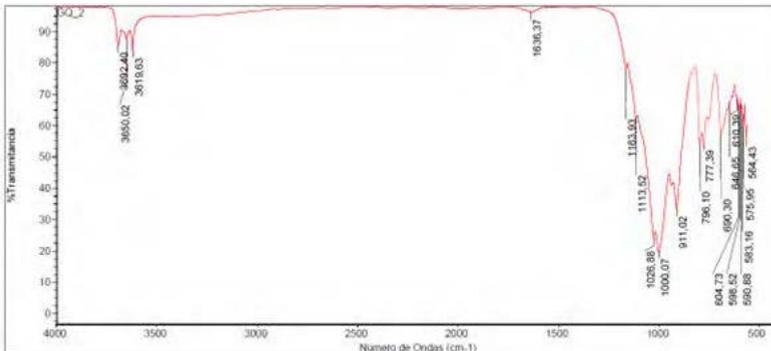
Posición: 1163,93 Intensidad: 78,481

Posición: 1636,37 Intensidad: 96,295

Posición: 3619,63 Intensidad: 84,004

Posición: 3650,02 Intensidad: 87,729

Posición: 3692,40 Intensidad: 85,857



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 3

Sab Jun 18 13:09:31 2022 (GMT-05:00)

BUSCAR PICOS:

Espectros: GQ_3

Región: 4000,00 400,00

Umbral absoluto: 96,991

Sensibilidad:70

Lista de picos:

Posición: 568,54 Intensidad: 58,095

Posición: 572,26 Intensidad: 55,847

Posición: 576,05 Intensidad: 55,633

Posición: 584,05 Intensidad: 61,207

Posición: 591,57 Intensidad: 59,955

Posición: 599,37 Intensidad: 62,769

Posición: 691,18 Intensidad: 51,843

Posición: 776,77 Intensidad: 47,638

Posición: 795,57 Intensidad: 47,759

Posición: 910,36 Intensidad: 25,834

Posición: 996,16 Intensidad: 14,935

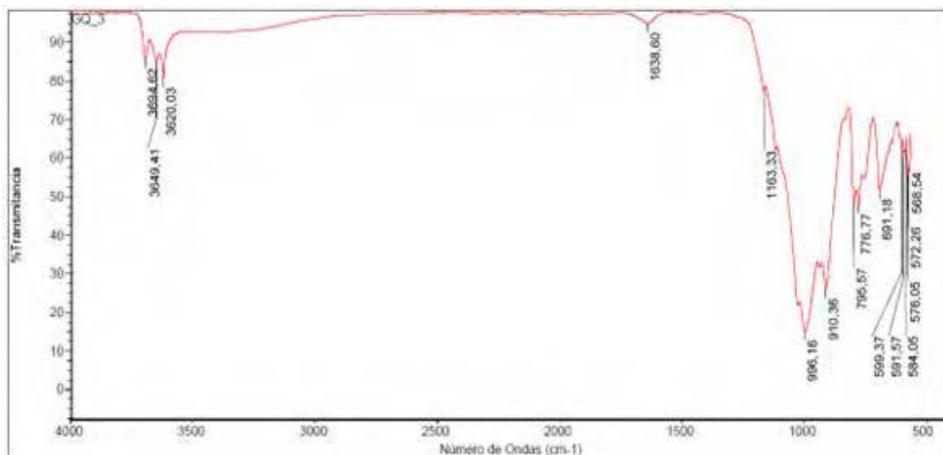
Posición: 1163,33 Intensidad: 77,122

Posición: 1638,60 Intensidad: 94,957

Posición: 3620,03 Intensidad: 80,746

Posición: 3649,41 Intensidad: 85,384

Posición: 3694,62 Intensidad: 85,708



APÉNDICES

Muestra GQ 4

Sab Jun 18 13:11:45 2022 (GMT-05:00)

BUSCAR PICOS:

Espectros: GQ4

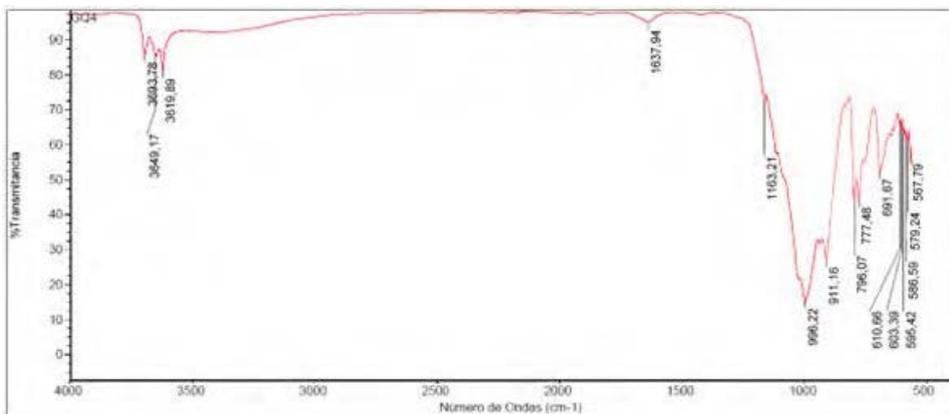
Región: 4000,00 400,00

Umbral absoluto: 96,694

Sensibilidad: 70

Lista de picos:

Posición: 567,79 Intensidad: 57,105
Posición: 579,24 Intensidad: 60,297
Posición: 586,59 Intensidad: 62,117
Posición: 595,42 Intensidad: 63,491
Posición: 603,39 Intensidad: 63,709
Posición: 610,66 Intensidad: 65,688
Posición: 691,67 Intensidad: 52,528
Posición: 777,48 Intensidad: 43,725
Posición: 796,07 Intensidad: 44,267
Posición: 911,16 Intensidad: 27,344
Posición: 996,22 Intensidad: 15,359
Posición: 1163,21 Intensidad: 72,589
Posición: 1637,94 Intensidad: 95,225
Posición: 3619,89 Intensidad: 81,448
Posición: 3649,17 Intensidad: 85,336
Posición: 3693,78 Intensidad: 85,739



CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS DE SOGAMOSO

Muestra GQ 5

Sab Jun 18 13:14:24 2022 (GMT-05:00)

BUSCAR PICOS:

Espectros: GQ5

Región: 4000,00 400,00

Umbral absoluto: 96,843

Sensibilidad: 70

Lista de picos:

Posición: 563,82 Intensidad: 59,740

Posición: 571,82 Intensidad: 60,106

Posición: 580,13 Intensidad: 61,878

Posición: 587,86 Intensidad: 62,337

Posición: 599,50 Intensidad: 63,891

Posición: 606,68 Intensidad: 64,549

Posición: 691,46 Intensidad: 51,408

Posición: 777,13 Intensidad: 42,389

Posición: 795,82 Intensidad: 43,834

Posición: 910,86 Intensidad: 27,871

Posición: 935,40 Intensidad: 32,857

Posición: 996,56 Intensidad: 14,687

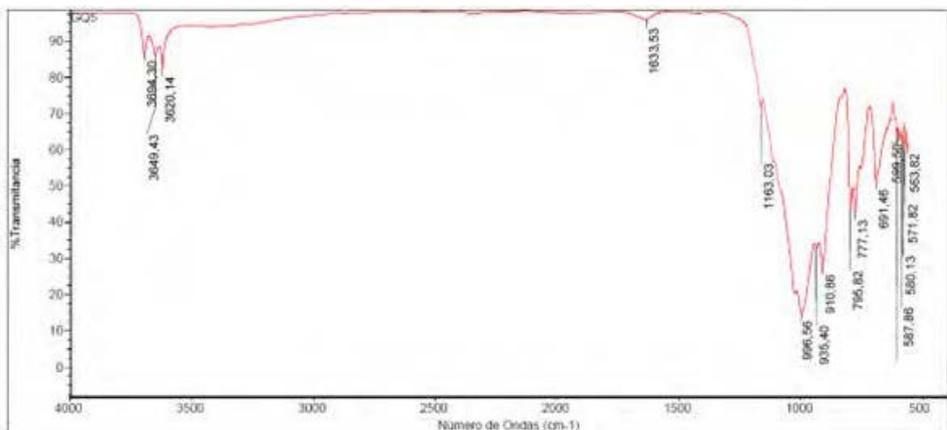
Posición: 1163,03 Intensidad: 71,727

Posición: 1633,53 Intensidad: 96,082

Posición: 3620,14 Intensidad: 82,656

Posición: 3649,43 Intensidad: 86,290

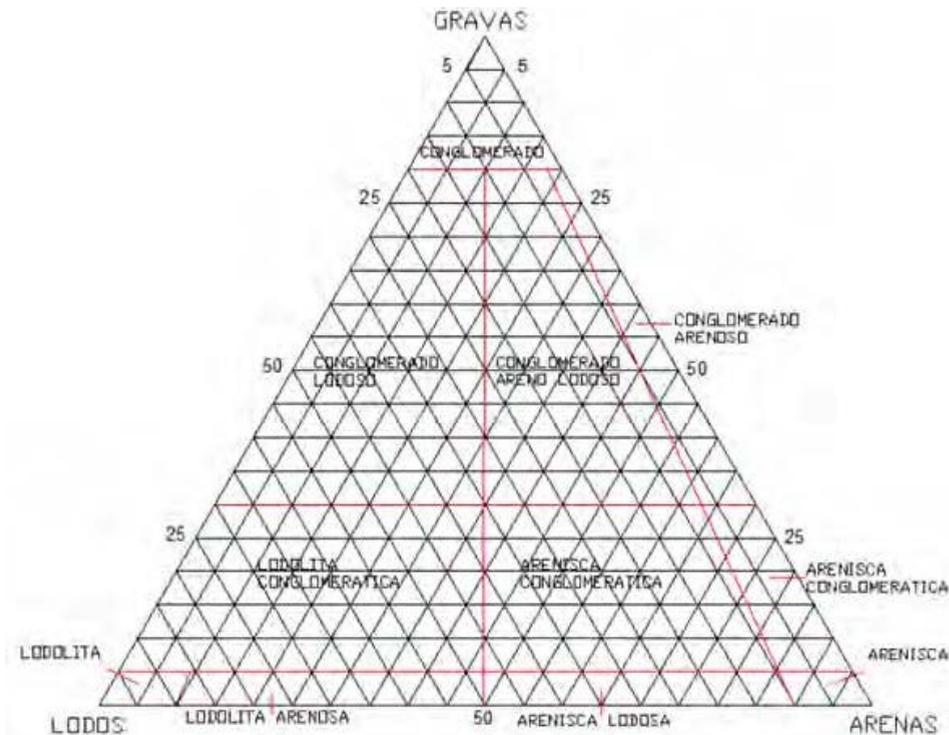
Posición: 3694,30 Intensidad: 86,637



APÉNDICES

Apéndice G. Sección delgada

Conteo de puntos		
Mineral	Cantidad Puntos	Porcentaje %
Cuarzo	142	18
Mineral Arcilloso	557	70
Oxidos de Hierro	72	9
Moscovita	19	2
Materia orgánica	10	1.3
Total	800	100



Clasificación textural Folk 1970



Email:
ines.vergara@uptc.edu.co
Orcid:
<https://orcid.org/0000-0002-4998-2725>

Inés Vergara Gómez

Ingeniera Geóloga e Hidrogeóloga. Magíster en Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos de la UAH-URJC de España. Docente investigadora del Programa de Ingeniería Geológica de la UPTC. Integrante del grupo de investigación Ciencias de la Tierra y Tecnologías para la Sostenibilidad Ambiental CITESA. Sus líneas de investigación están relacionadas con recursos hídricos, diagnóstico y control de la contaminación ambiental y geología social. Coautora de artículos de investigación y libros en temas de biorremediación y contaminación.



Email:
jhonathan.diaz@uptc.edu.co
Orcid:
<https://orcid.org/0000-0002-3847-0572>

Jhonathan Andrés Díaz Alarcón

Ingeniero geólogo con trayectoria como joven investigador en los grupos CITESA e INGEOLOG de la UPTC. Ha liderado y participado en diferentes proyectos relacionados con la divulgación de las ciencias de la tierra como estrategia de construcción de territorios sostenibles. Coordinador del semillero de investigación CITESA en las líneas de dinámica de contaminantes y geoquímica ambiental, así como educación, transformación social e innovación. Asesor del Instituto de Recursos Minero-Energéticos IRME para los servicios de caracterización en muestras geológicas desde los laboratorios de química ambiental, materiales y gas asociado al carbón.

COLECCIÓN INVESTIGACIÓN UPTC N.º 4

En esta obra de divulgación converge la investigación sobre propiedades físicas, químicas, mineralógicas y petrográficas de recursos minerales arcillosos para contribuir en las problemáticas de producción de alfarería artesanal de la Asociación de mujeres Mineras y emprendedoras (ASOAMME) de la vereda Pantanitos en Sogamoso, Colombia. A partir de muestras provenientes de los tres títulos mineros que explota la asociación se determina la composición de las arcillas, sus propiedades térmicas, plásticas y mineralógicas. Los análisis de fluorescencia de rayos X (FRX) determinan la composición química preliminar y guían la definición de los grupos minerales identificados mediante la difracción de rayos X (DRX) y la espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). La interpretación de las fases minerales se complementa con microscopía óptica para identificar materiales como los cuarzos criptocristalinos y algunos minerales con granulometrías superiores a 5 μm . Asimismo, se implementa microscopía electrónica de barrido (SEM) para reconocer las estructuras laminares de la caolinita y validar los resultados de las técnicas analíticas. El comportamiento térmico se realizó mediante un análisis termogravimétrico (TGA) que se ajustó a las propiedades mineralógicas de las arcillas y a la infraestructura en el taller alfarero de la Asociación. Los resultados indican que las arcillas utilizadas por la asociación presentan contenidos químicos diferenciales de caolinita y montmorillonita, lo que modifica sus propiedades durante la cocción. Los investigadores concluyeron que no es recomendable mezclar diferentes niveles de arcilla para elaborar piezas de cerámica. Los autores realizan un diagnóstico y proporcionan recomendaciones sobre el proceso de producción artesanal actual sin comprometer los métodos tradicionales. Abordamos aspectos como el manejo de la humedad, el control de la temperatura de cocción y la conveniencia de utilizar apliques o curvaturas.



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



978-958-660-806-0