



INFORME DE AVANCE DE INVESTIGACIÓN

PROYECTO: Caracterización Físico-Química, Mecánica y Mineralógica De Areniscas Utilizadas Para Construcción De La Zona Franca De Tocancipá, En La Cantera Rodeb y Acopios - Sector Hato Grande - Sopó

Investigador Principal: Javier Eduardo Becerra Becerra. Geólogo D.Sc

Coinvestigadores: Ferney Oswaldo Peña Rey. Ingeniero Civil M.Sc

Rubby Stella Pardo Pinzón. Ingeniera Topográfica M.Sc

Formato para la elaboración del informe de avance de investigación

Con el fin de conocer el proceso de desarrollo de los proyectos aprobados en la Décima Convocatoria Interna –FODEIN 2016 y atendiendo a los compromisos adquiridos con la firma del acta de inicio, se presentan a continuación, los siguientes elementos a consignar en el informe de avance correspondiente:

1. Informe de avance del proceso investigativo.
2. Informe administrativo

Nota: El Informe de avance en formato debe presentarse de acuerdo a las normas de publicación **APA** en formato **Word y PDF**, debe radicarse en medio magnético en la Unidad de Investigación en las fechas establecidas, junto con una carta de visto bueno firmada por los *supervisores de los respectivos proyectos*.

Contenido del informe de avance del proceso investigativo

Información general de proyecto

Código Interno	512	Supervisor	Ing. Mónica Rueda
Título del proyecto de investigación	Caracterización Físico-Química, Mecánica y Mineralógica De Areniscas Utilizadas Para Construcción De La Zona Franca De Tocancipá, En La Cantera Rodeb y Acopios - Sector Hato Grande - Sopó	Fecha de presentación del informe de avance.	Julio 24/2017



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Nombre del Investigador principal	Javier Eduardo Becerra Becerra	Centro de costos asignado	17300501
Nombre de los co-investigadores	Ferney Oswaldo Peña Rey Rubby Stella Pardo Pinzón	Unidad académica	Facultad de Ingeniería Civil
Nombre de los auxiliares –asistentes de investigación /estudiantes de semillero vinculados	Jonathan Vera Castro Andrés Mateo Suárez Piñeros Daniela Camila Rocha Vargas Diego Orlando Bayona Espinosa Faundry Julieth Rojas Farfán Angie Cristina Culma Pirabán	Porcentaje estimado de avance	60%
Grupo de Investigación/Semillero		Línea activa de investigación	Caracterización y comportamiento mecánico de materiales de construcción

Contenido

Título: Caracterización Físico-Química, Mecánica y Mineralógica De Areniscas Utilizadas Para Construcción De La Zona Franca De Tocancipá, En La Cantera Rodeb y Acopios - Sector Hato Grande - Sopó

Resumen: Las rocas areniscas son uno de los materiales de construcción más importantes en la Sabana de Bogotá. Su uso como agregado pétreo, como fuente de sílice para la fabricación de vidrio y como roca natural utilizada para el revestimiento de fachadas interiores y exteriores en construcciones de la ciudad de Bogotá ha sido constante desde comienzos del Siglo XX. La utilización de las areniscas del Grupo Guadalupe en extracción en diversas canteras de la Sabana de Bogotá como fuente de materiales de construcción, cobra actualmente una gran importancia considerando el avance de proyectos de construcción de áreas empresariales, vías y nuevos proyectos de vivienda en ciudades como Zipaquirá, Chía, Cajicá y Tocancipá. En este último municipio del departamento de Cundinamarca se adelanta actualmente la construcción de la Zona Franca de Tocancipá, un importante complejo empresarial, logístico y residencial que demanda materiales de construcción en la forma de agregados, materiales para recebo y rocas de revestimiento. Este aumento del consumo ha llevado al aumento sin control de los procesos extractivos y a la utilización de areniscas como materiales de construcción sin ningún criterio de selección ni conocimiento de las propiedades intrínsecas que muestren su aptitud



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

de uso en función de las obras civiles en construcción. Los ensayos de caracterización previa se limitan al establecimiento de sus propiedades físico-mecánicas sin considerar las diferencias con relación a génesis, mineralogía y propiedades químicas que presentan las rocas areníticas del Grupo Guadalupe y que podrán originar a futuro el desarrollo de problemas patológicos que a su vez causarán grandes daños en las obras civiles donde están siendo utilizados.

El proyecto de investigación considera la realización de una Tesis de Maestría en Obras Viales o una cartilla guía para productores y un trabajo de grado, así como la publicación de un artículo científico en una revista indexada por Colciencias. El enfoque de los trabajos de pregrado y maestría será la investigación de las propiedades mineralógicas, químicas, texturales, mecánicas y de dinámica de circulación de fluidos en las diversas capas de roca explotadas en los procesos mineros, para identificar las propiedades reales de estos materiales y su aptitud como agregados pétreos para concretos, agregados para base y sub-base en obras viales y como losas aprovechables para el recubrimiento de pisos y fachadas en construcciones. Las propiedades de los materiales rocosos se determinarán con trabajo de campo y en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil, estableciendo cuáles son los materiales que poseen propiedades físicas, químicas y mineralógicas óptimas para su uso en obras civiles y arquitectónicas, de acuerdo con la aplicación de métodos de análisis y ensayos aceptados por normas nacionales e internacionales.

El trabajo de investigación implica la realización de levantamientos estratigráficos detallados, muestreo y caracterización, utilizando entre otras, técnicas petrográficas y de análisis químico y mineralógico por medio de DRX, FRX y observaciones de SEM-EDX, así como la realización de ensayos de caracterización mecánica y de envejecimiento acelerado, que permitirán saber cuál es el comportamiento de las rocas frente a los diversos agentes de deterioro. Con los resultados de la investigación se pretende contribuir al desarrollo tecnológico de la actividad minera de estos materiales de construcción, disminuyéndose considerablemente el riesgo de problemas patológicos que puedan afectar la durabilidad y vida útil de las obras civiles donde son utilizados. Los resultados ayudarán a direccionar su uso de forma correcta, con un impacto positivo para las comunidades dedicadas a la actividad constructora y para la economía local en general.

Palabras clave: caracterización, patología, areniscas, material, técnicas analíticas.

Problema de investigación con ajustes pertinentes.

La utilización de rocas areníticas como fuente de materiales de construcción (agregados pétreos para concretos, materiales de base y sub-base en la construcción de obras de infraestructura y como losas para recubrimiento de pisos y fachadas) en la Zona Franca de Tocancipá, exige hacer una caracterización detallada de los mismos, determinando, además de las propiedades físico-mecánicas, las propiedades mineralógicas, químicas, texturales, mecánicas y de dinámica de circulación de fluidos. El problema de investigación de este proyecto se centra en determinar cuáles son las propiedades de las areniscas explotadas como fuentes de materiales de construcción en la cantera Rodeb y Acopios, que condicionan las posibilidades reales de uso como agregados pétreos y como rocas de revestimiento. Se pretende, a través de la investigación en campo y laboratorio, determinar un conjunto de propiedades, a través de la aplicación de métodos de ensayo ajustados a normas



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

internacionales de caracterización de materiales pétreos, que avalan o no, su uso como material de construcción para diversos fines, como en la actualidad se realiza.

Las preguntas que se pretenden resolver son las siguientes:

- ¿Los materiales areníticos del Grupo Guadalupe explotados en la cantera Rodeb & Acopios son realmente aptos para su uso indiscriminado como agregado pétreo para la fabricación de concretos, base y sub-base de carreteras y como roca de revestimiento?
- ¿Cuáles son sus características y en función de las mismas cuál es el mejor uso que se le puede dar a esas rocas areníticas para un aprovechamiento integral en obras de arquitectura e ingeniería?
- Con relación al marco normativo de ensayos de materiales de construcción existente en Colombia, ¿son suficientes las normas INVIAS y NTC avaladas para la utilización de rocas naturales como agregados pétreos y como rocas de revestimiento?
- Con relación a la formación del Ingeniero Civil tomasino y sobre el trabajo experimental desarrollado en la Facultad de Ingeniería Civil, ¿Cuáles son los ensayos que se requieren para la caracterización de los materiales de construcción y cuáles temas de estudio deben alimentar la malla curricular de la Facultad?

Para responder a las preguntas anteriores y considerando la consecución de objetivos y metas planteadas se hace necesaria la realización de trabajos de campo y de laboratorio, incluyendo nuevos ensayos de caracterización de materiales pétreos ajustados a normas de ensayo aceptadas por instituciones normativas internacionales, que permitirán conocer, no solamente las propiedades físico-mecánicas de las rocas estudiadas, de importancia fundamental para las obras de ingeniería y arquitectura, sino además aquellas que permiten determinar su comportamiento frente a los diversos agentes de deterioro. Estas propiedades se determinarán por medio de los ensayos de comportamiento hídrico (absorción capilar, desorción) y los ensayos de envejecimiento acelerado (cristalización de sales, exposición a vapores de H_2SO_3) entre otros.

El trabajo de campo y de laboratorio con la participación de estudiantes de pregrado de Ingeniería Civil y arquitectura y de la maestría en obras viales, permitirá enriquecer la formación investigativa de los profesionales de la Universidad Santo Tomás, al implementarse en los laboratorios ensayos de caracterización de materiales, que además de entender las propiedades físico-mecánicas, permiten comprender los materiales desde una óptica más amplia, que conjuga propiedades físico-mecánicas, mineralógicas, texturales y estructurales, con comportamiento en obra y durabilidad. De esta forma se fortalece la línea de caracterización de materiales, la de mayor importancia institucional en la Facultad de Ingeniería Civil y con mayor proyección a nivel de investigación.

Objetivos de investigación con ajustes pertinentes.

Objetivo General

El objetivo general de este proyecto es el de determinar, con trabajos de campo y laboratorio, las propiedades de las areniscas utilizadas como material de recebo, agregado pétreo para concretos y rocas de revestimiento en la construcción de la Zona Franca de Tocancipá – Cundinamarca, aplicando y mejorando métodos científicos de determinación de características físicas, mecánicas, mineralógicas, químicas y texturales de rocas naturales, que inciden en su comportamiento físico mecánico y su durabilidad en sus diversas formas y ambientes de utilización, ya sea como pavimentos en caminos y vías peatonales y vehiculares, como



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

materiales de fachadas y pisos y otros usos. Concomitantemente aportar al desarrollo curricular de la Facultad de Ingeniería Civil y fortalecer la línea de investigación de Caracterización del Comportamiento Físico y Mecánico de Materiales.

Objetivos Específicos

Identificar las características estratigráficas y petrográficas de las rocas areníticas de las canteras escogidas para el trabajo: Cantera de la empresa RODEB y ACOPIOS en el sector de Briceño – Cundinamarca, a través de muestreo sistemático en campo y el estudio en laboratorio de las características mineralógicas, texturales y de comportamiento tecnológico.

Evaluar las propiedades físicas (densidad aparente, densidad real, grado de saturación, índice de humedad, porosidad abierta, coeficiente de absorción de agua, absorción capilar, desorción etc.), mecánicas (resistencia a esfuerzos compresivos, tensionales y de impacto de cuerpo duro) y de comportamiento a diversos agentes (contaminación medioambiental, cristalización de sales, migración de fluidos etc.), por medio de la aplicación de métodos de ensayo específicos para rocas naturales usadas en revestimientos internos y externos, siguiendo procedimientos ajustados a normas internacionales y que han utilizados con éxito para establecer el uso apropiado de estos materiales.

Determinar el comportamiento de las rocas areníticas en su uso como agregados gruesos y finos en concretos, identificando la susceptibilidad al desarrollo de procesos de reacciones álcali-agregado, carbonatación, aluminosis o cualquier otro proceso patológico propio de este tipo de utilización.

Fortalecer los laboratorios de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, por medio de la implementación de nuevos ensayos ajustados a normas internacionales y el mejoramiento de la infraestructura actual para el desarrollo de nuevos proyectos de caracterización de materiales.

Una vez finalizada la etapa analítica, generar una Tesis de Maestría en Obras Viales o una cartilla guía para productores, así como publicaciones en revistas indexadas, donde se consignen los procedimientos metodológicos, los resultados gráficos y analíticos, la interpretación de esos resultados y demás datos relevantes, que sirvan de modelo y estímulo para otros proyectos de investigación relacionados con el tema.

Implementar en la malla curricular de la Facultad de Ingeniería Civil nuevas asignaturas sobre caracterización de materiales, que permita una formación más sólida de los estudiantes en temas relacionados con caracterización físico-mecánica y mineralógica de rocas y agregados para su uso en ingeniería y arquitectura.

- ✓ Marco teórico y ajustes pertinentes (teorías y conceptos abordados).

Los mecanismos de deterioro de los materiales utilizados en construcciones, como rocas, concretos, cementos etc., se clasifican en mecanismos físicos y químicos, incluyéndose los procesos bioquímicos y biofísicos (Steiger, 2003). El deterioro o meteorización química se refiere a la disolución o alteración de los constituyentes minerales de los materiales, ocasionados por reacciones químicas. El deterioro o meteorización física, comprende todos los procesos que generan cambios en sus propiedades mecánicas, ya sea a escala microscópica o



macroscópica. Hay una serie de procesos químicos y físicos que causan grandes daños a las rocas, como disgregación, exfoliación, descamación, rupturas y daños estructurales severos y que condicionan fuertemente su uso por la disminución de la durabilidad cuando son usadas indebidamente.

En el estudio de los procesos de alteración de rocas naturales, se considera un conjunto de factores que determinan su desarrollo, clasificados en factores intrínsecos, los cuales dependen de la naturaleza de la roca (resistencia mecánica, porosidad, fracturamiento, composición química y mineralógica etc.) y factores extrínsecos, los cuales no se relacionan con sus características. Estos factores extrínsecos pueden ser factores naturales, relacionados con parámetros ambientales (lluvia, dirección del viento, contrastes de temperatura, contaminantes atmosféricos, etc.), o factores relacionados con la actividad humana (procedimientos erróneos de instalación o restauración, intervenciones inapropiadas y otros (Dubelaar *et.al.*, 2006).

3.2.1.1 Factores Intrínsecos

Composición mineral

El conocimiento de la composición mineral de la roca, es decisivo para comprender los patrones de deterioro y durabilidad, que aparentemente no se relacionan con las condiciones ambientales. Primero, los minerales no tienen la misma durabilidad frente a los diversos agentes que ocasionan su deterioro. La calcita, por ejemplo, mineral fundamental en rocas calcáreas como calizas y dolomitas, y presente en cantidades importantes en rocas ígneas y metamórficas, es fácilmente disuelta en el agua, a diferencia del mineral cuarzo, que es mucho más inerte. Sin embargo, esa misma calcita, presenta diferencias de origen, mineralogía, composición etc., que inciden en el grado de deterioro, siendo importante su determinación para así evaluar su durabilidad.

Los minerales de alteración en la roca juegan también papel importante en el deterioro observado en obras civiles, donde es utilizada, por ejemplo como agregados pétreos, o en los edificios donde se usa como enchapes y pisos. Un contenido importante en la roca, de nódulos de pirita u otros minerales alterables o solubles, tales como carbonatos de hierro, pueden generar procesos de alteración, que no necesariamente se relacionan con los factores climáticos o la acción de agentes externos (Becerra, 2009).

Porosidad

La porosidad (Aires-Barros, 2001) de una roca, es la relación entre el volumen de espacios vacíos (V_p) y el volumen aparente de una muestra representativa de la roca, o sea, su volumen total (V_t). Esta porosidad es debida a la presencia en la roca de cavidades, que según su forma y origen, se clasifican en poros y fisuras. La porosidad está estrechamente relacionada con el tamaño y distribución del tamaño de grano (homogénea o heterogénea), forma de los granos y el tipo de contacto entre ellos.

En los conceptos sobre porosidad se diferencian dos términos: la porosidad abierta, que se refiere a los vacíos intercomunicados y la porosidad cerrada, que está constituida por los espacios vacíos cerrados, aislados, no comunicados entre sí. En el estudio de la durabilidad o alterabilidad de las rocas, la porosidad abierta tiene gran importancia, pues se refiere a los espacios vacíos que facilitan la circulación de los fluidos (aire y agua). Son utilizados varios métodos generales para evaluación de la porosidad abierta:



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

- a) Petrografía: por este método, utilizando técnicas de impregnación de la roca por resinas coloreadas, se hace el análisis modal micropetrográfico haciendo un conteo de todas las microdiscontinuidades.
- b) Porosimetría: se emplea el porosímetro de mercurio, haciéndose la evaluación del volumen de mercurio ocupando los poros de la muestra, que es equivalente al aire extraído de la misma. Se obtiene la porosidad haciendo el cociente entre el volumen del aire extraído de la muestra y su volumen aparente.
- c) Determinación por métodos indirectos: la porosidad abierta en rocas utilizadas para la construcción puede ser determinada por la determinación de los índices físicos, esto es la densidad aparente, absorción de agua aparente y porosidad aparente (Norma EN1936, 1999 y NBR15846, 2010).

En la investigación de la porosidad, independientemente de sus valores absolutos, es muy importante establecer las dimensiones de los poros. No existen límites dimensionales estrictamente reconocidos y definidos, pero investigaciones realizadas (Grossi *et.al.*, 2011; Angeli, 2007; Benavente *et.al.*, 2007) muestran la eficacia en los procesos de alteración de los materiales pétreos, de los poros con dimensiones mayores de 0,001 micra (μm) y la estrecha relación parámetro porosidad en los procesos de migración y cristalización de sales con sus consecuencias en la afectación y destrucción del material pétreo.

Dinámica de circulación de fluidos

Las propiedades hídricas de las rocas, son parámetros decisivos para determinar la durabilidad de la misma. El agua es la mayor fuente de alteración porque transporta las sustancias contaminantes hacia el interior de la estructura porosa y su cinética de secado determina la localización de la cristalización (Del Monte, 2006; Gauri & Bandyopadhyay, 1999; Angeli, 2007). Generalmente, rocas con bajo coeficiente de absorción capilar son menos sensibles al deterioro, porque el agua apenas puede entrar en la red porosa; rocas con alta absorción capilar son más sensibles, ya sea al deterioro por cristalización de sales (por presentar alta cinética de evaporación con baja saturación residual) o al deterioro causado por procesos de congelamiento-deshielo (baja cinética de evaporación con alta saturación residual).

Algunas rocas son muy sensibles al flujo de agua a través de la red de poros. Rocas sedimentarias, como las areniscas objeto de esta investigación, pueden contener pequeños niveles de arcillas higroscópicas (ej. esmectitas) que las hacen más susceptibles a procesos de dilatación térmica, que ocasionan daños estructurales a la roca (Gauri & Bandyopadhyay, 1999). Cuando las arcillas se expanden en cualquier dirección debido a la asimilación de agua, pueden desarrollar tensiones interiores que causan exfoliación a lo largo de los planos de estratificación. La repetición de ciclos de saturación y secado puede causar el debilitamiento de la interface agua-aire, posibilitando la descamación de las rocas susceptibles a este proceso.

Características del medio rocoso

Un macizo rocoso es un "DIANE" (acrónimo de Discontinuous, inhomogeneous, anisotropic & Non-elastic = discontinuo, heterogéneo, anisótropo e inelástico). El macizo rocoso consiste de una serie de bloques o elementos de roca intacta y una estructura formada por múltiples discontinuidades (comúnmente agrupadas en familias) y otros caracteres estructurales. Su naturaleza y comportamiento dependerá por tanto, de ambos (roca + discontinuidades)



influyendo más unas u otras en función de las características del macizo y las propiedades, situación y volumen de las obras que se realicen en ellos (Ramírez & Alejano, 2004).

En la investigación de la caracterización rocas o agregados pétreos utilizados como materiales de construcción deben considerarse aspectos como la gran variedad en la composición química de los agregados heterogéneos de cristales y partículas amorfas que pueden caracterizar la roca; la fábrica o petrofábrica de las rocas, que, como consecuencia de su génesis e historia geológica, puede generar diferentes direcciones de anisotropía por orientación de cristales y granos, o por foliación o esquistosidad; la alteración y meteorización por procesos físicos y químicos, que modifica la composición de la roca, dando lugar a nuevos minerales con propiedades diferentes y la fracturación y el origen de la misma, que influye fuertemente en las características de los materiales al ser utilizados como materiales de construcción.

3.2.1.2 Factores Extrínsecos

Condiciones ambientales

Los procesos de alteración involucran la acción química del aire y de la lluvia ácida y la acción mecánica del agua, donde las rocas se encuentren expuestas a la atmosfera, ocurriendo alteración con la formación de nuevos productos o la desintegración de la roca en fragmentos (Frasca, 2003).

La contaminación atmosférica en áreas urbanas, ha aumentado debido a la creciente actividad industrial y el aumento del número de vehículos en circulación. La calidad del aire urbano también ha causado serios problemas de deterioro en rocas utilizadas en infraestructura, que han sido gravemente afectadas por las sustancias nocivas presentes en el aire (Frasca, 2003). La contaminación del aire resulta de una transferencia de cantidades nocivas de materiales sintéticos y naturales a la atmosfera, como consecuencia directa o indirecta de la actividad humana (Kumpchella & Hylland, 1992 *apud* Frasca, 2003).

Elevadas concentraciones de contaminantes derivados de procesos industriales y de la descarga de la combustión de vehículos automotores, partículas sólidas en suspensión, gotas de aceite expelidas por los motores, altas concentraciones de CO, CO₂ e SO₂ y compuestos de FeCl, son algunas de las causas de la baja calidad del aire. Estos contaminantes provienen de varias fuentes, algunas emitidas directamente de vehículos automotores y de la actividad industrial, y otras formadas indirectamente por medio de reacciones fotoquímicas en el aire.

Los contaminantes pueden encontrarse en la forma de gases (aproximadamente 90% en peso de los contaminantes), líquidos (aerosoles) o como material particulado. Pueden ser lanzados directamente al aire (contaminantes primarios) o pueden ser generados en el aire (contaminantes secundarios), a partir de otros contaminantes, bajo la influencia de la radiación electromagnética del sol. El aire normal contiene aproximadamente 78% de N₂ e 21% de O₂; el resto es constituido de argón, dióxido de carbono e trazas de otros gases.

Factores relacionados con las técnicas de aplicación. Incompatibilidad entre piezas de rocas con propiedades texturales y mineralógicas diferentes

En el caso de instalación de rocas con características diferentes en obras civiles se puede originar un proceso diferenciado de alteración. Cuando los materiales son escogidos erróneamente, puede ocurrir alteración más acelerada en uno de los dos tipos de rocas en contacto (Beck, 2006).



Este proceso de deterioro ocurre generalmente por la incompatibilidad en las propiedades hídricas de las dos rocas. Cuando el avance capilar es más rápido en una roca que en otra, este hecho interrumpe la continuidad capilar en la construcción, ocasionando la acumulación de agua en la roca con mayor capilaridad, la cual generalmente presenta una aceleración en el proceso de deterioro (Beck, 2006). El deterioro puede ser también originado por la elección inapropiada de material de revoque de las piezas de roca. Si el material presenta propiedades capilares muy diferentes, ocurre el mismo problema que se presenta con el uso de rocas incompatibles o de propiedades capilares diferentes. De ahí la importancia de la selección de rocas que presenten propiedades semejantes para prevenir reacciones que conlleven a la destrucción diferenciada de la estructura (pavimento, calle, pared) donde se esté utilizando y así garantizar su durabilidad en las construcciones.

Utilización de las rocas en obras de ingeniería y arquitectura

En el caso de las rocas areniscas, éstas se han utilizado desde finales del siglo XIX como materiales de revestimiento en numerosas construcciones coloniales y como materiales de recebo, materiales para base y sub-base en obras viales y en la fabricación de concretos para la construcción de infraestructura de Bogotá D.C y ciudades aledañas. En términos generales, la utilización de estas rocas en obras de ingeniería y arquitectura se hace atendiendo a las propiedades físico-mecánicas de las mismas, sin considerar las propiedades químicas, mineralógicas y texturales que pueden incidir fuertemente en el desempeño de las mismas en sus diferentes aplicaciones. Así, se utilizan diversos materiales para un mismo fin, muchas veces con características que las hacen inadecuadas para el uso previsto. En el caso de su uso como agregados, no se conoce a ciencia cierta las propiedades mineralógicas que puedan favorecer o limitar el desarrollo de procesos como la reacción álcali-sílice, carbonatación, aluminosis u otra variedad de procesos patológicos que se presentan en concretos dependiendo del tipo de agregado utilizado. En las construcciones, rocas con baja absorción capilar son escogidas para la construcción de bases o columnas, mientras que la construcción de detalles ornamentales puede realizarse con cualquier tipo de roca indistintamente. La durabilidad de un mismo tipo de roca puede ser diferente, en función de su localización en la construcción (ambiente externo o interno, altura en la construcción etc.) y su exposición a las condiciones climáticas (viento, lluvia, sol). Las eflorescencias, por ejemplo, se presentan solamente en las partes bajas de las construcciones que son alcanzadas por los procesos de ascenso capilar, mientras que las subeflorescencias, que causan en el mismo edificio procesos de deterioro como desintegración granular, se presentan justamente por encima del límite de ascenso capilar. Las rocas también pueden experimentar los efectos de cargas mecánicas, relacionadas con el peso que la misma debe soportar en diversos usos, como ocurre con los materiales pétreos utilizados en obras viales. Esto causa fracturas paralelas a la dirección de carga.

En el caso de las rocas areníticas utilizadas en la construcción de la ciudadela de Tocancipá, se evidencia el uso de los mismos materiales para diferentes usos sin que se haya realizado una caracterización previa, que considere además de las propiedades físico-mecánicas, todas aquellas propiedades que inciden en su durabilidad a través de la ejecución de métodos de ensayo específicos para los diferentes usos de los materiales. No se aplican ensayos específicos para rocas ornamentales que permitan ver la idoneidad de las areniscas como material de revestimiento, ni se conocen las características petrográficas que predigan la susceptibilidad de reacciones nocivas al ser utilizadas como agregados gruesos en la fabricación de concretos.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

La extracción en las canteras se realiza de forma indiscriminada, por falta de conocimiento técnico que permita a los productores saber cuáles son los niveles que presentan mejores propiedades como material de construcción, conllevando esto a la utilización indiferenciada de los materiales, y generando un desequilibrio entre costos de materiales y durabilidad que puede llevar a grandes pérdidas económicas en el desarrollo de las nuevas obras de arquitectura e ingeniería.

- ✓ Metodología (instrumentos diseñados o empleados, población o muestra).

REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente será realizada la compilación bibliográfica de documentos sobre el uso de rocas en la arquitectura y construcción de obras civiles en Colombia, publicaciones sobre diagnóstico de patologías realizadas en monumentos históricos y edificios recientes, bases de datos sobre caracterización tecnológica y también documentos relacionados con procesos industriales para el mejoramiento de la calidad de los materiales rocosos. Para la realización de los ensayos de caracterización tecnológica serán consultadas normas internacionales sobre métodos de ensayos válidos para materiales de construcción y obras civiles.

Se consultarán así mismo documentos publicados por el Servicio Geológico Colombiano S.G.C (antiguo INGEOMINAS) sobre las características geológicas de la unidad geológica de estudio (Formación Une) y los diversos trabajos realizados sobre inventario y diagnóstico de procesos de remoción en masa en la zona de estudio.

Para entender el entorno donde las rocas en estudio han sido aplicadas y analizar la interacción roca – medio ambiente, serán consultados los datos de calidad del aire en aquellas ciudades donde los procesos de deterioro de las rocas en estudio son más evidentes.

TRABAJOS DE CAMPO

Serán visitadas minas activas, previa selección de los lugares con mejores exposiciones, donde se observarán, entre otros, los siguientes aspectos:

- Morfología del afloramiento y características geológicas.
- Alteración superficial y rasgos texturales y mineralógicos.
- Fracturamiento
- Características de la roca: color, tamaño de grano, textura, homogeneidad etc.
- Características litológicas detalladas de las capas aprovechadas para la producción de areniscas usadas como triturados (agregados pétreos) y como chapas para revestimiento.
- Características del macizo rocoso, estableciendo entre otros aspectos el tipo de discontinuidades litológicas existentes (estratificación, diaclasamiento, fallas, pliegues etc), y su evolución con relación al desarrollo de la actividad minera y a la afectación directa de los materiales.

En cada uno de los niveles donde se observen diferencias sustanciales en las características superficiales de la roca, se hará el muestreo sistemático para posteriores ensayos de laboratorio. Se recogerán muestras para análisis petrográfico, análisis mineralógicos y químicos, ensayos de envejecimiento acelerado y ensayos de caracterización mecánica.

INVENTARIO DE MATERIALES EN USO Y DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Se hará el inventario de uso de los materiales investigados y el diagnóstico de patologías en obras civiles donde estos materiales se han utilizado, en ciudades cercanas a las minas donde se extraen los materiales (Sopó, Tocancipá y Chia) y en Bogotá D.C, donde se identificarán los diferentes tipos de uso y los procesos patológicos presentes. Las observaciones de campo se consignarán en formatos previamente elaborados.

TRABAJO DE LABORATORIO

Para el establecimiento de las características mineralógicas, químicas, mecánicas, de susceptibilidad a procesos de alteración (o ensayos de alterabilidad) y establecer los tratamientos industriales, que eventualmente mejorarán las características de las rocas investigadas, se realizarán los siguientes ensayos.

Análisis petrográfico

El análisis petrográfico será la primera técnica utilizada para la caracterización de las rocas objeto de estudio. Será realizado el análisis macroscópico por los participantes en el proyecto, con el fin de que se familiaricen con los minerales constituyentes de la roca y los conceptos generales, y el análisis microscópico, realizado por el geólogo director del proyecto, con acompañamiento de los participantes en el proyecto, quienes podrán observar los rasgos generales de los minerales más importantes de las rocas y las características texturales de las rocas bajo el microscopio de petrografía de luz transmitida y reflejada. La confección de las secciones delgadas será contratada con laboratorios privados. Las observaciones al microscopio petrográfico serán realizadas utilizando el equipo de petrografía recientemente adquirido por la Universidad Santo Tomás.

Determinación de la composición mineralógica y química por técnicas analíticas avanzadas (Difracción de rayos-X, Fluorescencia de rayos-X y SEM-EDAX)

Estas técnicas serán utilizadas para la identificación de minerales arcillosos, minerales metálicos, minerales de alteración y elementos químicos de cada una de las muestras correspondientes a los diferentes niveles de los cuales se extraen las muestras. El objetivo de este ensayo será la determinación de los minerales y elementos químicos que puedan permitir eventualmente el desarrollo de procesos patológicos y que sean perjudiciales para la durabilidad de los materiales cuando se usen en obras viales o arquitectónicas.

Determinación de características del sistema poroso.

Las observaciones sobre porosidad de las rocas se harán a través de la observación en el microscopio petrográfico de las secciones delgadas confeccionadas y por la determinación de sus índices físicos. Utilizando técnicas de impregnación con resinas, se harán las observaciones al microscopio de porosidad abierta, estableciendo la morfología de poros y su representatividad a través del uso de técnicas de análisis de imágenes.

Por medio de procesos de inmersión en agua destilada, se hará la determinación de propiedades de densidad aparente, densidad esquelética, porosidad aparente y coeficiente de absorción de agua. El método de ensayo aplicado será el indicado por



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

normas internacionales para rocas naturales, específicamente la norma europea EN1936 y la norma brasileña NBR15845 Anexo B. Es necesario aclarar que no existen en Colombia normas adecuadas para rocas naturales usadas como enchapes o pisos, como es el caso de la utilización de las rocas investigadas, por lo cual se tomarán normas internacionales de amplia aceptación en el contexto internacional.

Estos ensayos se realizarán en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás, considerando que se cuenta con equipos básicos de laboratorio para su realización, como bandejas plásticas, agua destilada, balanzas analíticas y soportes universales.

Para la determinación de la porosidad a nivel de mesoporosidad y microporosidad se utilizará la técnica de Porosimetría de intrusión de Mercurio, que permitirá obtener la distribución de las entradas de poros en los materiales rocosos investigados, obteniendo información relacionada con geometría, diámetro de poro y porosidad total, lo que permitirá a su vez entender los procesos de deterioro relacionados con la dinámica de circulación de fluidos en las rocas areníticas.

Ensayos de determinación de propiedades hídricas.

Los estudios sobre el comportamiento de las rocas con relación a los procesos capilares se realizarán por medio del ensayo de Absorción por Capilaridad (Norma EN1925), utilizando probetas con dimensiones y formas apropiadas para el desarrollo del proceso y su correcta interpretación. Este ensayo será realizado en cada una de las probetas correspondientes a los diferentes niveles identificados, para la determinación de los coeficientes de absorción capilar, que permita entender su incidencia en los procesos patológicos desarrollados en las rocas.

También será evaluado el proceso de evaporación por medio del Ensayo de Desorción, que se realizará siguiendo la norma italiana Normal 29/88 llamada “Misura della perdita per evaporazione dell’acqua assorbita dal materiale”, formulada para caracterizar materiales pétreos, evaluar su degradación y los efectos de los tratamientos de conservación posteriormente aplicados.

Ensayos de alteración acelerada

Estos ensayos tienen como fin determinar el comportamiento de materiales pétreos en diversas situaciones de uso que pueden dar lugar a su deterioro. Entre otros se hará el ensayo de cristalización de sales, con el fin de determinar la susceptibilidad de los materiales a las sales procedentes del suelo y que pueden cristalizar en poros y fisuras de las rocas dando lugar a su destrucción mecánica, en situaciones de uso como pavimentos. También se determinará la susceptibilidad a condiciones medioambientales a través de la exposición de las rocas a vapores de SO₂ en condiciones de alta humedad relativa, simulando así los ambientes altamente contaminados característicos de zonas urbanas, donde los materiales ensayados son altamente utilizados en ambientes externos.

Caracterización físico-mecánica.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Los ensayos de resistencia a compresión simple, resistencia al impacto de cuerpo duro, resistencia al desgaste por abrasión y resistencia a Flexión serán realizados en muestras procedentes de todos los niveles en los cuales se realiza la actividad minera, determinándose las diferencias en características mecánicas de los diferentes niveles. De acuerdo a los resultados de la caracterización física y mecánica de las rocas y considerando conjuntamente los resultados de los demás ensayos (análisis químicos, mineralógicos, petrográficos y de dinámica de circulación de fluidos) se podrá determinar el mejor nivel para desarrollar las labores de extracción, limitando de esta forma la producción de residuos sólidos, con una considerable mejoría en las condiciones ambientales de las áreas de extracción.

ELABORACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA O CARTILLA GUIA PARA PRODUCTORES, TRABAJO DE GRADO Y ARTÍCULO PARA PUBLICACIÓN

El resultado más importante que se espera obtener es la realización y publicación de una Tesis de Maestría en Obras Viales o una Cartilla Guía para productores y un Trabajo de Grado para Ingeniería Civil. Los estudiantes que las realizarán incursionarán en un campo promisorio como lo es el de caracterización de materiales pétreos, aplicando métodos de ensayo e interpretaciones analíticas muy rigurosas.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se publicarán en un artículo en una revista de amplia circulación nacional e internacional, indexada por COLCIENCIAS y de categoría A o B, en coautoría con los profesores internacionales invitados y los auxiliares de investigación, lo cual permitirá el posicionamiento del grupo GIFIC en función de la producción académica. En este artículo se expondrá el marco teórico y conceptual que sustenta el proyecto realizado, la metodología de trabajo y los resultados obtenidos. Estas publicaciones deberán ser realizadas con criterio científico y deben servir de modelo para la realización de nuevos proyectos de investigación.

- ✓ **Actividades de formación: describir actividades específicas de formación en investigación hasta la fecha para los estudiantes vinculados a los proyectos de semilleros (requerido) y grupos (con auxiliares y asistentes de investigación).**

Con el desarrollo del proyecto se ha formado el semillero de investigación en Geología Aplicada a la Ingeniería – SIGEOUSTA, creado en año 2016, en el cual se pretende desarrollar proyectos de formación en investigación aplicando conceptos y métodos experimentales propios de la geología para la solución de problemas relacionados con el diseño, mantenimiento y prevención de riesgos en obras de infraestructura.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Nombre del semillero: Semillero de investigación en geología aplicada a la ingeniería civil (SIGEOUSTA)

Año de creación: 2016

División: Ingenierías

Facultad: Ingeniería Civil

Docente tutor: Javier Eduardo Becerra, Ingeniería Civil

Integrantes actuales (2017-1)

Nombre	Identificación	Correo electrónico	Programa
Gabriel Mauricio Camargo Buitrago	1014268644	gabrielcamargo@usantotomas.edu.co	Ingeniería Civil
Duvan Andrés Bonilla Ávila	1031170222	duvanbonilla@usantotomas.edu.co	Ingeniería Civil
Carlos Alberto Betancourt Contreras	1016604710	carlosbetancourtc@usantotomas.edu.co	Ingeniería Civil
Vivian Lorena Rivera Soler	1018502263	vivian.rivera@usantotomas.edu.co	Ingeniería Civil
Luis David Jiménez Vázquez	1069873418	luisjimenezv@usantotomas.edu.co	Ingeniería Civil
Juan Sebastián Castro Hernández	1019131549	juancastroh@usantotomas.edu.co	Ingeniería Civil



(Estudiante
Coordinador
)

Marlon
Santiago
González
Guerrero

1015473093

marlongonzalez@usantotomas.edu.co

Ingeniería
Civil

Correo electrónico de contacto:

juancastroh@usantotomas.edu.co/javierbecerra@usantotomas.edu.co

Visión: En 2020 el semillero SIGEUSTA es referente institucional de excelente calidad investigativa, por la articulación eficaz y sistemática de sus funciones, además de ser dinamizadora de la formación integral de las personas, en un ambiente sustentable, en procura del bien común.

Proyectos de investigación actuales 2016-2017-1: Se tienen listos varios Poster para ser enseñados en el encuentro de semilleros, así como su publicación en redes sociales y de ser posible en las carteleras disponibles en la universidad, todos estos de análisis de macizos rocosos, también se espera que los productos del semillero puedan ser usados como ayuda para impartir la Materia de geología.



El trabajo experimental desarrollado en el Proyecto de Investigación ha permitido hacer aportes importantes para la implementación de innovaciones en procesos y procedimientos, de tipo pedagógico, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- Monitoreo de la porosidad por medio de ultrasonidos en rocas y concretos después del ensayo de cristalización de sales.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

- Implementación de ensayos de simulación de condiciones de alteración de mienrales constituyentes de materiales de construcción (rocas y agregados) con el uso de soluciones químicas en láminas delgadas para observación al microscopio petrográfico.
- Monitoreo analítico de los cambios estéticos, texturales y de resistencia mecánica debidos a oscilaciones térmicas en lajas rústicas utilizadas en el patrimonio construido.
- Desarrollo e implementación de protocolos de ensayos físico-mecánicos sobre rocas y arcillas naturales con control de condiciones de temperatura y humedad y ensayos de desgaste acelerado.

Estas innovaciones han fortalecido los métodos experimentales desarrollados para la observación de procesos patológicos en los trabajos de grado desarrollados en el marco del proyecto. Los trabajos de grado vinculados al proyecto de investigación son los siguientes:

1. Trabajo de grado de Maestría: Análisis de los resultados de caracterización físico-mecánica y correlación con las características mineralógicas de las areniscas de la cantera Rodeb y Acopios. Estudiante: Diego Orlando Bayona Espionosa – Maestría en Infraestructura Vial (Universidad Santo Tomás).
2. Trabajo de grado en Pregrado: Caracterización mineralógica y petrográfica de las areniscas de la cantera Rodeb y Acopios aplicadas al campo de la Ingeniería Civil. Estudiantes: Angie Cristina Culma Pirabán y Faindry Julieth Rojas Farfán – Facultad de Ingeniería Civil (Universidad Santo Tomás).
3. Trabajo de grado en Pregrado: Ensayos de caracterización tecnológica de la piedra muñeca, roca del Grupo Guadalupe, utilizada como material de revestimiento en la construcción colombiana. Estudiante: Daniela Camila Rocha Vargas – Facultad de Ingeniería Civil (Universidad Santo Tomás).
4. Trabajo de grado en Pregrado: Caracterización petrográfica, mineralógica y físico-mecánica de los agregados extraídos en canteras del Departamento de Cundinamarca (Acopios) para sus diferentes usos en pavimentos del casco urbano de Bogotá. Estudiantes: Andrés Mateo Suárez Piñeros y Jonathan Vera Castro – Facultad de Ingeniería Civil (Universidad Santo Tomás).

✓ **Relación con el currículo: Describir posibles aportes del proyecto al currículo los programas y unidades académicas.**

El aporte del proyecto al currículo se evidencia en la adopción de métodos experimentales desarrollados en el espacio académico Geología, materia del IV semestre de Ingeniería Civil. A partir de los resultados de ensayos realizados se planea en el proceso de renovación curricular ofrecer el espacio académico Materiales de Construcción, en el cual se implementaran estos y otros métodos para la caracterización de materiales pétreos desde un enfoque preventivo.

Todos los avances en caracterización petrográfica, uso de técnicas analíticas para caracterización mineralógica y química de materiales de construcción, aunado a los métodos tradicionales de caracterización física y mecánica de materiales en Ingeniería Civil permitirán una formación más avanzada del ingeniero tomasino en la línea de caracterización de materiales de construcción, lo cual redundará positivamente en la estructuración de módulos-espacios académicos en la Maestría en Infraestructura Vial o en otros programas que puedan crearse aprovechando la fortaleza del ingeniero civil tomasino en esta temática.

✓ **Avance alcanzado con respecto al cronograma inicial y ajustes pertinentes.**



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

El cronograma se ha cumplido adecuadamente, salvo demoras administrativas en la entrega de los recursos financieros para el desarrollo de los trabajos de campo y experimentales.

✓ **Logros generales de la investigación hasta la fecha.**

- Desarrollo de cinco (5) trabajos de grado, cuatro (4) de pregrado y uno (1) de maestría directamente vinculados al proyecto.
- Consecución de recursos financieros internacionales otorgados por la Vicerrectoría de Relaciones Internacionales de la Universidad de Alicante – España para el desarrollo de ensayos de alto costo en los laboratorios del Departamento de Petrología Aplicada de esta universidad y para la movilidad de docentes entre las dos universidades.
- Movilidad internacional de los docentes Juan Carlos Cañaveras y David Benavente de la Universidad de Alicante – España hacia la Universidad Santo Tomás para apoyar las labores de campo del proyecto. Costos subvencionados por la Universidad de Alicante.
- Realización del curso: Técnicas de Caracterización Mineralógica, Petrográfica y Petrofísica de Materiales de Construcción, dictado por los profesores David Benavente y Juan Carlos Cañaveras, de la Universidad de Alicante, en los laboratorios de Petrografía de la Universidad Nacional de Colombia y en el laboratorio de suelos de la Universidad Santo Tomás. Este curso se ofreció a los docentes del área de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil, a los estudiantes participantes en el proyecto y a los del semillero de geología aplicada a la ingeniería SIGEOSTA.
- Movilidad internacional de los docentes Javier Eduardo Becerra Becerra y Rubby Stella Pardo Pinzón a los laboratorios de la Universidad de Alicante, con el fin de aprender e incorporar en el proceso investigativo de técnicas de caracterización de materiales de construcción. Costos subvencionados por la Universidad de Alicante.
- Presentación de avances del proyecto en el evento internacional: VI Congreso Internacional de Ingeniería Civil. USTA – Tunja 2016.
- Ponencia de presentación de avances del proyecto en el evento internacional: 4th Internacional Meeting for researchers in materials and Plasma Technology – IMRMPT 2017.
- Avance en la redacción de dos (2) artículos de investigación en idioma inglés para publicación en revistas internacionales indexadas en base SCOPUS-ISI.
- Cursos de extensión extracurricular dictados en la Especialización en Patología de la Construcción de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia VUAD, en los cuales se ha implementado el trabajo experimental desarrollado en el proyecto.
- Curso de extensión extracurricular internacional en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad de Xochimilco – México, en la Maestría de Reutilización del Patrimonio Edificado de la Facultad de Arquitectura.
- Cuatro (4) innovaciones de procedimientos y procesos de tipo pedagógico implementadas en los laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás, fortaleciendo los procesos experimentales desarrollados en la Facultad tanto en programas de pregrado como de posgrado.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

- Dos (2) movilidades internacionales a la Universidad Federal de Minas Gerais – UFMG de Brasil, en el marco del Acuerdo de Cooperación No 120 suscrito entre las universidades UFMG y USTA, de los estudiantes Daniela Camila Rocha Vargas (Ingeniería Civil) y Diego Orlando Bayona Espinosa (Maestría en Infraestructura Vial) para prácticas experimentales a los laboratorios del Departamento de Ingeniería de Materiales de Construcción (DEMC) y del Laboratorio de Tecnología de Rocas (Labtec Rochas) de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) de Brasil.

✓ **Tipo de productos derivados del avance del proyecto a la fecha (movilidades, publicaciones, alianzas/redes establecidas, otro tipo de productos).**

Tipo de producto	Nombre de producto	Fecha de revisión, publicación o presentación	Nombre de la revista/libro o evento en que se presenta el producto.	Modo de verificación	Número de anexo
(Artículo, ponencia, evento, libro, capítulo de libro, etc.)	(Indique título del artículo, ponencia, evento, libro, capítulo de libro, etc.)	(Indique fechas de publicación, revisión o presentación en evento del producto. Si aún no se tiene el producto final, indique la fecha de entrega)	(Si el producto no se ha finalizado indicar el medio en el que se proyecta la publicación o divulgación)	(ISSN, ISBN, página web, etc. Si el producto no se ha finalizado, escribir "no se ha finalizado" en esta columna.)	(Incluya en los anexos, de manera ordenada el soporte escaneado que demuestre la existencia del producto o el envío a revisión –asigne un número a cada anexo y relaciónelo en esta columna. Si el producto no se ha finalizado, escribir "no se ha finalizado" en esta columna)
Ponencia	Technological characterization test implementation as a solution for the pathologies founded in coating and finishing works in constructions.	23-26 de mayo de 2017	Proceedings of 4th International Meeting for researchers in materials and Plasma Technology – IMRMPT 2017	ISSN: 2422-3824	Anexo 1. Proceedings.
Ponencia	Caracterización de materiales rocosos usados en construcción desde un enfoque preventivo	14- 16 septiembre de 2016	Memorias del VI Congreso Internacional de Ingeniería Civil – Tunja Colombia	ISSN: 2145-0048 v.6	Anexo 2. Print screen Memoria digital evento.
Movilidad estudiantil internacional Daniela Rocha – UFMG Brasil		Marzo de 2017			Anexo 3. Informe de movilidad estudiante Daniela Camila Rocha.
Movilidad estudiantil internacional Diego Bayona – UFMG Brasil		Agosto de 2017			No se ha finalizado.
Movilidad internacional Docente Javier		Enero de 2017			



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Becerra - U.
Alicante España

Movilidad internacional Enero de 2017

Docente Rubby
Pardo - U.
Alicante España

Artículo	Mineralogical, physical characterization and experimental methods in dimension stones used in civil engineering.	Diciembre 31 de 2017	No se ha finalizado	No se ha finalizado
Artículo	Petrographic characterization of aggregates from "Deposito Acopios" used in concretes and as sub-base material in flexible pavements.	Diciembre 31 de 2017	No se ha finalizado	No se ha finalizado
Alianza de Universidad de Alicante - Universidad Santo Tomás	Resolución del Departamento de Relaciones Internacionales - Universidad de Alicante de Junio de 2016 para apoyo al proyecto de investigación: Piedra Natural y Medio Ambiente - Colombia.	Junio de 2016		Anexo 4. Resolución de cooperación internacional
Innovación de procesos y procedimientos - Innovación de tipo pedagógico.	Monitoreo de la porosidad por medio de ultrasonidos en rocas y concretos después del ensayo de cristalización de sales.	2016		Anexo 5. Certificación Decanatura
Innovación de procesos y procedimientos - Innovación de tipo pedagógico.	Implementación de ensayos de simulación de condiciones de alteración de minerales constituyentes de materiales de construcción (rocas y agregados) con el uso de soluciones químicas en láminas delgadas para observación	2016		Anexo 6. Certificación Decanatura



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

	al microscopio petrográfico.			
Innovación de procesos y procedimientos – Innovación de tipo pedagógico.	Desarrollo e implementación de protocolos de ensayos físico-mecánicos sobre rocas y arcillas naturales con control de condiciones de temperatura y humedad y ensayos de desgaste acelerado.	2017		Anexo 7. Certificación Decanatura
Innovación de procesos y procedimientos – Innovación de tipo pedagógico.	Monitoreo analítico de los cambios estéticos, texturales y de resistencia mecánica debidos a oscilaciones térmicas en lajas rústicas utilizadas en el patrimonio construido.	2017		Anexo 8. Certificación Decanatura
Trabajo de grado Ingeniería Civil. David Esteban Sotelo Durán.	Sistema de información geográfica aplicado a la caracterización físico-mecánica, petrográfica y mineralógica de materiales de construcción.	Agosto 1/2017	Biblioteca Repositorio Institucional	/
Trabajo de grado Ingeniería Civil. Jonathan Vera Castro y Andrés Mateo Suárez.	Caracterización petrográfica y mineralógica y físico-mecánica de los agregados extraídos en canteras del departamento de cundinamarca (acopios) para sus diferentes usos en pavimentos del casco urbano de bogotá	Agosto 2017. Entregado a Comité de Grados para definición de jurados y fecha de sustentación		
Trabajo de grado Ingeniería Civil. Daniela Camila Rocha Vargas.	Ensayos de caracterización tecnológica de la piedra muñeca, roca del grupo guadalupe utilizada como material de	Diciembre 2017	No se ha finalizado	No se ha finalizado



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

revestimiento en la construcción colombiana.

Trabajo de grado Ingeniería Civil. Angie Cristina Culma Pirabán y Faindry Julieth Rojas Farfán	Caracterización mineralógica y petrográfica de las areniscas de la cantera rodeb y acopios aplicadas al campo de la ingeniería civil.	Diciembre 2017	No se ha finalizado	No se ha finalizado
Trabajo de grado Maestría en Infraestructura Vial. Diego Orlando Bayona Espinosa.	Análisis de los resultados de caracterización físico-mecánica y correlación con las características mineralógicas de las areniscas de la cantera rodeb y acopios	Diciembre 2017	No se ha finalizado	No se ha finalizado

✓ Dificultades enfrentadas en la realización del proyecto hasta la fecha.

La principal dificultad encontrada es la demora en la liberación de recursos económicos para la ejecución del proyecto.

✓ Proyección de productos.

Los productos que aún están en elaboración serán finalizados hasta el 31 de diciembre de 2017, excepto los artículos que estarán sometidos a los cronogramas de recepción, evaluación y publicación de las revistas donde estos sean presentados.

Nota: Los proyectos aprobados con ajustes deben incluir modificaciones sugeridas por el par o justificación de su exclusión con el visto bueno del supervisor del proyecto.

Contenido del informe administrativo (realizadas hasta la fecha)

- Relacionar solicitudes de contratos con empresas, asistentes, auxiliares o servicios técnicos.

Se hizo la solicitud de convenio de apoyo institucional a auxiliares de investigación para los estudiantes Jonathan Vera Castro y Andrés Mateo Suárez Piñeros.

- Relacionar los rubros globales que inicialmente fueron aprobados en la propuesta y los que se han ejecutado hasta la entrega del informe.

RUBROS APROBADOS	RUBROS EJECUTADOS
Personal	X
Auxiliares de investigación	Pendiente de legalización por parte de los estudiantes Jonathan Vera y Mateo Suárez
Papelería	X
Fotocopias	
Materiales	X



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Publicaciones y patentes	
Salidas de campo	X
Servicios técnicos	X
Movilidad académica	X
Imprevistos	
Pares académicos	
TOTAL	\$91.122.860

Nota: Todos los rubros aprobados han sido ejecutados parcialmente.

- Describir el valor ejecutado por rubro hasta la fecha de entrega.
- Elaborar el detallado de gastos en cada uno de los rubros aprobados, con el valor correspondiente y la fecha de solicitud.

RUBROS FINANCIABLES	Monto aprobado Facultad	Valor ejecutado	Fecha de solicitud	Fecha de recepción del recurso solicitado
Personal	\$41.130.360	\$41.130.360		
Auxiliares de investigación	\$3.000.000*	0	Dic 2016	
Papelería	\$250.000	0		
Fotocopias	\$250.000	0		
Salidas de campo	\$2.500.000	\$2.500.000	Jun 2016	Jun 2016
Materiales	\$3.000.000	\$1.000.000	Jun 2016	Jun 2016
Servicios técnicos	\$21.000.000	\$8.000.000	Nov 2016	Nov 2016
Movilidad académica estudiantes	\$15.000.000	\$5.000.000	Marzo/Julio 2017	Marzo/Julio 2017
Imprevistos	\$2.692.000	\$2.000.000**		
Pares Académicos	\$400.000	0		
TOTAL		\$18.500.000***		
		\$59.630.360****		

*Los estudiantes no han hecho el cobro respectivo del convenio de auxiliares de investigación

**En este rubro se han considerado los envíos de muestras a España y Brasil para ensayos específicos.

***Valor correspondiente a todos los rubros **sin** contrapartida de horas nómina

****Valor correspondiente a todos los rubros **con** contrapartida de horas nómina