

**INFORME FINAL DEL PROYECTO:
INVESTIGACIÓN DE UN MATERIAL CEMENTICIO ECOEFICIENTE PARA
ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE BAJO COSTO
(Número de contrato FP44842-399- 2015)**

**Ing. SILVIO DELVASTO ARJONA, MSc., PhD
Director del Proyecto**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
JULIO 2017**

IDENTIFICACION DEL PROYECTO

Información General		
Programa ☐ Proyecto ☒	Tipo de informe: Parcial ☐ Final ☒ Informe No. 1 de 1	
Título	Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo	
Código		
Número de la convocatoria	Premio Vida y Obra otorgado en el evento Suma-Colciencias-Semana 2014, con la Resolución de COLCIENCIAS No. 509 de 2014.	
Número de contrato	FP44842-399- 2015	
Programa Nacional o área de Colciencias al cual se encuentra adscrito el proyecto	PATRIMONIO AUTONOMO FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS-COLCIENCIAS	
Nombre del Investigador principal	Silvio Delvasto Arjona. Grupo de investigación "Materiales Compuestos" de la Universidad del Valle silvio.delvasto@correounivalle.edu.co Tels. 57 2 3302436 - 321 643 3479.	
Entidades ejecutoras y beneficiarias	Silvio Delvasto Arjona	
Fecha de inicio del proyecto	28 de julio de 2015	
Fecha de entrega de informe	23 de octubre de 2017	
Ciudad/País	Cali/Valle del Cauca	

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	SINOPSIS TÉCNICA.....	8
3.	CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	9
3.1.	Cumplimiento del objetivo general.....	9
3.2.	Cumplimiento de los objetivos específicos	10
3.3.	Resultados Adicionales	14
4.	CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA	32
5.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN A LA FECHA, DIFICULTADES Y PLAN DE CONTINGENCIA	32
6.	PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS FRENTE A LOS IMPACTOS REGISTRADOS EN EL PROYECTO.....	34
7.	PUBLICACIONES Y PONENCIAS REALIZADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO	43
7.1.	CAPÍTULO DEL LIBRO “ Sustainable and Nonconventional Construction Materials using Inorganic Bonded Fiber Composites”	43
7.2.	ARTICULO INTERNACIONAL: Revista “Construction and Building Materials”	45
7.3.	ARTICULO NACIONAL: Revista “Informador Técnico”	46
7.4.	PONENCIAS EN CONGRESOS INTERNACIONALES	47
7.4.1.	Ponencia 1	47
7.4.2.	Ponencia 2	48
7.4.3.	Ponencia 3	49
7.4.4.	Ponencia 4	50
7.4.5.	Ponencia 5	51
8.	PARTICIPACIÓN EN EVENTOS INTERNACIONALES	52
9.	TESIS DE POSTGRADO (MAESTRÍA Y DOCTORADO) REALIZADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO.....	53
	En el Anexo 30 se encuentra la certificación institucional de la Universidad del Valle. .	53
9.1.	INVESTIGACIÓN DE UN MATERIAL GEOPOLIMÉRICO OBTENIDO A PARTIR DE ESCOMBROS DE PISOS Y REVESTIMIENTOS PARA FABRICAR BLOQUES ESTRUCTURALES	53

9.2. ESTUDIO SOBRE LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE SUELOS PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE REFORZADOS CON FIBRAS VEGETALES.....	55
9.3. DESARROLLO DE UN MATERIAL EXTRUIDO CEMENTICIO REFORZADO CON FIBRAS DE CASCARILLA DE ARROZ E INTERFACIALMENTE DENSIFICADO PARA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	57
9.4. INVESTIGACIÓN DE UN ADITIVO PLASTIFICANTE DE MASAS ARCILLOSAS PARA LADRILLOS CERÁMICOS A PARTIR DEL JUGO DE FIQUE (FURCRAEA SPP)	59
10. TESIS DE PREGRADO REALIZADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO.....	61
10.1. OBTENCIÓN DE CAL HIDRÁULICA PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO.....	61
10.2. EVALUACION CINÉTICA DE VARIEDAD DE CALCÁREOS EN EL MUNICIPIO DE VIJES – COLOMBIA.....	63
10.3. LA CALIDAD DE LA CAL PRODUCIDA EN VIJES Y EL PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL.....	65
10.4. EVALUACION DE MORTEROS A BASE DE CAL- CEMENTO A PARTIR DE CAL PRODUCIDA EN VIJES	66
10.5. EVALUACIÓN DE ADITIVOS NATURALES EN PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND	67
10.6. ESTUDIO DE UN MICROCONCRETO NO CONVENCIONAL PARA APLICACIÓN EN UN FERROCEMENTO CON REFUERZO NO CONVENCIONAL	68
10.7. CONCRETO BASTARDO A PARTIR DE RESIDUOS DE DEMOLICION PARA BLOQUES.....	70
10.8. CONCRETO DE BAJA HUELLA DE CARBONO A PARTIR DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (RHA) Y RESIDUO DE CONCRETO Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA ELABORACIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL	71
10.9. FABRICACIÓN DE PLACAS ONDULADAS DE CEMENTO REFORZADAS CON CASCARILLA DE ARROZ Y PULPA DE PAPEL PERIÓDICO.....	73
10.10. ESTUDIO DE UN RECUBRIMIENTO ELABORADO A PARTIR DE MICROSÍLICE PARA PLACAS DE FIBROCEMENTO	74
10.11. OBTENCIÓN DE AGREGADOS LIGEROS A BASE DE ARCILLAS EXPANDIDAS Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETOS	75
10.12. METODOLOGÍA DE OBTENCIÓN DE PUZOLANAS A PARTIR DE MATERIALES ARCILLOSOS DIVERSOS PARA SU APLICACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	76

10.13. ELABORACIÓN DE LADRILLOS AISLANTES TÉRMICOS DE BAJA DENSIDAD A PARTIR DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ MEDIANTE EL PROCESO SOL-GEL.....	77
10.14. ELABORACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE YESO Y REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE OBTENIDO POR EXTRUSIÓN	78
10.15. PROPIEDADES DE LADRILLOS CERÁMICOS DE ARCILLA Y CAL	80
RESUMEN	80
11. JÓVENES INVESTIGADORES (CONVOCATORIA COLCIENCIAS) QUE CONTARON CON FINANCIACIÓN DEL PROYECTO PARA GASTOS DE EXPERIMENTACIÓN	81
11.1. OBTENCIÓN DE NANOSÍLICE A PARTIR DE LA CASCARILLA DE ARROZ POR MÉTODO SOL- GEL PARA APLICACIÓN EN MORTEROS DE CEMENTO	81
11.2. CONCRETO LIGERO CON CASCARILLA DE ARROZ MODIFICADA PARA LA ELABORACIÓN DE PLACAS DIVISORIAS	82
12. DIFUSIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	83
12.1. 6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE	83
12.2. SEMINARIO- TALLER FERROCEMENTO EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	99

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el informe final del proyecto “Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo”, que fue financiado por COLCIENCIAS con una asignación de cien millones de pesos como estímulo económico del premio Vida y Obra otorgado en el evento Suma- Colciencias-Semana 2014, con la Resolución de COLCIENCIAS No. 509 de 2014. Número de contrato FP44842-399-2015. El informe extenso fue enviado con sus Anexos a Colciencias, por Google Drive, debido a su extensión.

En esta investigación fueron desarrollados materiales cementicios alternativos y ecoeficientes, los cuales fueron caracterizados y con los que se plantearon aplicaciones en elementos constructivos de bajo costo, principalmente para vivienda de interés social prioritario. Varios de estos materiales cuentan con propiedades similares a las del cemento portland (OPC), las cuales se lograron por vía de incorporación de adiciones minerales, aditivos, principalmente de origen natural, tal como el jugo de las pencas u hojas de fique, de banano, de papa parda y papa cidra que sirvieron como plastificantes (retardantes de fraguado, aceleradores de fraguado y aireantes). También se activaron alcalinamente residuos de mampostería. Con estos se obtuvieron m atrices para obtener elementos simples (sin refuerzo) y reforzados con fibras discontinuas o fibras continuas ortogonales (mallas). Las aplicaciones desarrolladas fueron elementos de construcción de mampostería (bloques y ladrillos), placas y elementos para cubiertas (tejas).

Los cementos Portland en Colombia son adicionados desde fabrica, por ello en el proyecto se estudió el efecto de la inclusión de cal hidratada, para que la reserva de cal esté disponible para las reacciones puzolánicas. Además, con la adición de cal se buscó recuperar la tecnología de los morteros o concretos bastardos, donde el cementante está compuesto de cemento portland y cal aérea.

El uso de adiciones mejoró las propiedades reológicas y reduce la tendencia al agrietamiento del material, generado por los calores de hidratación del cemento. Como adición se usaron entre otros, ceniza de cascarilla de arroz, residuos de ladrillo cocido o de mampostería. La sustitución del cemento por estos desechos o subproductos con características activas son opciones altamente atractivas, ya que permiten no solo reducir el impacto ambiental generado durante la producción del cemento Portland, sino reducir sensiblemente el problema ambiental que se crea con la combustión o con la inadecuada y costosa disposición de los residuos de actividades industriales, agroindustriales o mineras

Se utilizaron agregados finos y gruesos, tanto de aquellos disponibles en los ríos, como gravas y arenas, así como de residuos de demolición.

Para conferir resistencia al agrietamiento en algunos de los elementos constructivos

fabricados con los materiales desarrollados, estos fueron reforzados con una fibra natural. Se utilizaron, entre otros, la cascarilla de arroz, los residuos del desfibrado de la fibra de fique, que son residuos disponibles en abundancia.

Dada la composición de los materiales y su aplicabilidad en elementos constructivos que se puedan fabricar por contacto (manualmente) o con equipos de baja inversión, como la máquina CINVA- RAM, se puede afirmar que estos materiales cumplen la exigencia de ecoeficiencia, y por lo tanto se obtendrán beneficios sociales, económicos y ambientales al menor costo. Por ello, no se puede referir la investigación a un solo material ecoeficiente, pues en el fondo importan las bases científicas y tecnológicas en contextos de disponibilidad de materias primas y precursores, que en este caso fueron básicamente residuos de diferente naturaleza, de construcción y demolición (RCD), agroindustriales, y en general aquellos disponibles con menor afectación ambiental.

Los elementos constructivos que se fabricaron y caracterizaron fueron elementos para muros basados en el uso de ferrocemento, refuerzo de malla de acero tipo gallinero; de mampuestos como bloques, y tejas, tipo canaleta o árabe. Estos elementos podrán ser fabricados por las propias comunidades para sus viviendas de interés social prioritario, que son aquellas promovidas para las familias más pobres del país, y que se encuentran contempladas en la ley 1537 de 2012. La ley contempla herramientas para que tanto el sector público como el privado participen en la construcción de este tipo de viviendas. En el sector privado se puede entender, que sean principalmente las propias comunidades organizadas comunal o cooperativamente para fabricar sus materiales, elementos y sus propias viviendas.

Para demostrar la aplicación de las tecnologías que se investigaron en el proyecto, se celebró con el apoyo del proyecto, de la Universidad del Valle y de la Sociedad de Mejoras Públicas de Cali, un seminario de transferencia dirigido a un sector muy pobre de la población, como son los extractores de arena de ríos, en este caso del río Cauca, sector de Juanchito. Además, se compartieron y discutieron las experiencias con investigadores nacionales e internacionales en el Congreso 6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE- SUSTAINABLE MATERIALS FOR A LIVING WORLD, que se realizó entre el 27 y 29 de abril de 2016 en la ciudad de Cali.

Expreso mi agradecimiento al “Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas- COLCIENCIAS; a la Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Materiales, Grupo de Investigación Materiales Compuestos, a mis estudiantes del pregrado de ingeniería de materiales, a mis estudiantes del postgrado (Maestría y Doctorado) del Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales, a colegas del grupo y colaboradores (profesionales y técnicos de la Escuela) y, en fin, a todos quienes de una u otra manera hicieron posible obtener los resultados que se presentan en este informe.

2. SINOPSIS TÉCNICA

En este proyecto se estudió el problema desde una perspectiva integral, considerando los avances en la ingeniería de materiales para desarrollar un material alternativo para la fabricación de elementos constructivos utilizando un gran volumen de materias primas originadas en residuos y procesos de fabricación convencionales o de tecnología apropiada. Ese material alternativo ecoeficiente, es un material compuesto particulado basado en matrices de ligantes como el cemento portland y la cal hidratada.

En el material desarrollado fueron incorporadas adiciones minerales (fillers, que actúan a su vez como puzolanas) y aditivos naturales, lo cual permite un ahorro energético y una menor afectación al ambiente importante, pues se reduce en el mismo orden de la adición el consumo de combustibles fósiles y la emisión de gases altamente nocivos para la capa de ozono, tales como los de tipo NO_x, CO₂, entre otros, que han hecho proscribir la instalación de nuevas plantas de cemento en países con regímenes ambientales o con organizaciones de alta incidencia en las decisiones gubernamentales sobre lo ambiental.

Entre las adiciones o extensores de minerales disponibles en Colombia se tiene la ceniza de cascarilla de arroz (RHA), que está disponible en cantidades importantes en Departamentos como Tolima, Meta, y Valle del Cauca (40,000 toneladas por año) (Sedran et al., 1999; Saak et al., 2001). Esta adición además de coadyuvar a lograr el balance de fuerzas que hace mantener en suspensión a los agregados, permitiría un ahorro energético y una menor afectación al ambiente al reemplazar el cemento usado para producir el material en el mismo orden de la cantidad de adición. Por otro lado, otros desechos disponibles son los derivados de la demolición de edificaciones y de obras de infraestructura.

Una paradoja es que mientras por un lado se tienen volúmenes muy elevados de desechos generados por la construcción y demolición, por ejemplo en Bogotá donde se estima un total aproximado de 12 millones de metros cúbicos por año, que contribuyen directa e indirectamente a ocupar espacios, congestionar las vías, consumos elevados de combustibles con su impacto en el efecto invernadero, costos, etc., y problemas muy severos en vías actuales y carencia de ellas, tanto en sectores urbanos como rurales. Una contribución a este problema debe venir por un uso masivo de esos residuos, quizá la mejor manera sea "almacenarlos en las paredes" componiendo un gran porcentaje del volumen de un material como el planteado en este proyecto con agregado de concreto reciclado. Con una cantidad como la descartada en Bogotá e internacionalmente, en Hong Kong, se podrían construir aproximadamente 100 millones de metros cuadrados de muros de 12 cm de espesor, es decir, a grosso modo, alrededor de un millón de soluciones de vivienda de interés social.

3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

3.1. Cumplimiento del objetivo general

OBJETIVO GENERAL	Desarrollar y evaluar un material cementicio bastardo (cemento y cal hidratada) particulado y reforzado con fibras naturales que incorporen en su composición agregados de concreto reciclado y como extensores reológicos adiciones minerales para aplicaciones en elementos constructivos (muros, cubiertas y pisos) para edificaciones destinadas a vivienda social prioritaria usando tecnologías convencionales y apropiadas de fabricación.		% de cumplimiento: 100
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Evaluación de un material cementicio bastardo con y sin refuerzo de fibra natural, empleando aditivos naturales y agregados de concreto reciclado.	Placas, paneles, bloques, tejas	Aspectos científicos y tecnológicos del presente informe y Anexos 1, 2 y 3.	Este material debido a su composición (residuos de construcción y demolición, aditivos naturales, fibras naturales) y posiblemente menor costo comparado con los materiales convencionales, ya que se sustituye el OPC hasta en un 40% y el agregado en un 100%, permite elaborar edificaciones destinadas a vivienda social prioritaria con

			buenas prestaciones mecánicas y físicas.
--	--	--	--

3.2. Cumplimiento de los objetivos específicos

1. OBJETIVO ESPECÍFICO	Obtener, adecuar y caracterizar las primas componentes del material compuesto cementicio: Cemento Portland, cal hidratada, agregados finos y gruesos, adiciones sólidas, aditivos naturales, fibras de refuerzo.		% de cumplimiento: 100
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Características físicas, químicas, y termogravimétricas de las materias primas empleadas.	No aplica	Aspectos científicos y tecnológicos del presente informe y Anexos 1-11	Las materias primas fueron caracterizadas con el fin de determinar sus propiedades y establecer su función dentro de las mezclas elaborada. Lo anterior se logró por medio de ensayos mecánicos, técnicas analíticas e instrumentales que incluyen FTIR, Difracción de Rayos X, Florescencia de Rayos X, Termogravimetría, Granulometría Laser, Densidad, entre otras.

2. OBJETIVO ESPECÍFICO	Encontrar los rangos entre los que se moverán las variables de las formulaciones. Dosificar, preparar y caracterizar mezclas con base en el diseño de las mezclas. Estudiar su comportamiento reológico en estado fresco.		% de cumplimiento: 100
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Niveles de los factores entre los que se encuentran las mejores propiedades reológicas de mezclas basadas en cemento Portland y los aditivos naturales de estudio. Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, densidad, porosidad y absorción, succión capilar de muestras de pastas, morteros y concretos. Pastas, morteros y concretos con las más altas propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y flexión).	Pastas, morteros y concretos.	Aspectos científicos y tecnológicos del presente informe y Anexos 1, 2, 3, 4 y 5	En la presente investigación se evaluó el efecto de los aditivos naturales de estudio (jugo de la planta de fique, jugo de vástago de banano, jugo de papa cidra y jugo de papa parda) en el comportamiento reológico de mezclas basadas en cemento Portland. Lo anterior permitió determinar el aditivo y el porcentaje del mismo con el mejor comportamiento (menor viscosidad) y establecer nuevos rangos para la elaboración de pastas, morteros y concretos con las mejores propiedades. Además, se establecieron los factores y los niveles de las materias primas empleadas (residuos de mampostería, cal hidratada, cemento Portland, agregado reciclado, ceniza de cascarilla de arroz, cascarilla de arroz) para realizar mezclas de pastas, morteros y concretos y su posterior caracterización.

3. OBJETIVO ESPECÍFICO	Dosificar, preparar y caracterizar mezclas con base en el diseño de las mezclas.		% de cumplimiento: 100
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Resistencia a la compresión, densidad, porosidad, absorción y succión capilar de muestras de pastas, morteros y concretos con base en el diseño experimental y de experimentos.	Pastas, morteros y concretos.	Aspectos científicos y tecnológicos del presente informe y Anexos 1, 2, 3 y 5	Se realizaron ensayos físicos y mecánicos para las muestras con el fin de conocer la mezcla con las mejores propiedades y en base a esto elaborar los elementos de construcción.

4. OBJETIVO ESPECÍFICO	Caracterizar las mezclas, con y sin refuerzo de fibras, en estado endurecido.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Propiedades en estado fresco y endurecido de los morteros producidos al variar la proporción cemento-cal. Material cementicio bastardo con características para la elaboración de muros, cubiertas y pisos; basado en cemento, cal hidratada, arena, fibra de fique y	Muestras de pastas, morteros, y concretos.	Aspectos científicos y tecnológicos del presente informe y Anexos 1, 2, 3 y 5	Para el desarrollo del material basado en cemento y cal hidratada, se empleó el aditivo natural que presento las mejores propiedades (reducción de agua, trabajabilidad y buena resistencia a la compresión). Se realizaron ensayos adicionales al aditivo empleado para los elementos de construcción, como, formación de espuma, además los morteros bastardos

aditivo de la planta de fique. Efecto de los porcentajes de aditivo de jugo de fique, cal hidratada y de ladrillos reciclados en morteros y concretos, empleando agregado natural y agregado reciclado. Morteros elaborados empleando como refuerzo cascarilla de arroz. Concretos basados en OPC con incorporación de residuos de construcción y demolición y ceniza de cascarilla de arroz. Resistencia a la compresión, densidad porosidad y absorción de los materiales desarrollados con y sin refuerzo. Desempeño del mortero bastardo obtenido en aplicaciones de pega de ladrillo.			elaborados fueron expuestos a una atmósfera de carbonatación para luego ser evaluados por medio de ensayos mecánicos (resistencia a la compresión) y ensayos físicos (densidad, porosidad y absorción y succión capilar).
--	--	--	--

5. OBJETIVO ESPECÍFICO	Preparar, caracterizar y probar aplicaciones del material cementicio alternativo diseñado y obtenido.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES

Placas y bloques basados en la dosificación dada por los diseños de experimentos y experimental.	Placas divisorias reforzadas con cascarilla de arroz.	Aspectos científicos y tecnológicos del presente informe y Anexos 1, 2, 3 y 5	Se realizaron placas de "ferrocemento", empleando como materiales alternativos guadua y fibra de fique (como material de refuerzo) en una matriz basada en OPC, cal, residuos de mampostería, aditivo natural de la planta de fique, usando como agregado una arena natural y una arena reciclada.
Resistencia a la compresión, resistencia a flexión, densidad, porosidad y absorción de los elementos de construcción con y sin refuerzo.	Placas de fibrocemento (guadua y fibra de fique), morteros.		Fueron elaborados morteros y vigas reforzadas con fibra de cascarilla de arroz y un concreto bastardo usando residuos de construcción y demolición, además de un aditivo natural (jugo de la planta de fique) para uso en ladrillos y bloques de construcción.
Valor agregado a los residuos empleados.	Ladrillos y bloques de concreto.		

3.3. Resultados Adicionales

6. OBJETIVO ESPECÍFICO	Estudiar el comportamiento frente a carbonatación acelerada para las muestras elaboradas		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Propiedades físicas y mecánicas (porosidad y absorción, resistencia a la compresión, profundidad y velocidad de carbonatación) de muestras con y sin aditivo de la planta de fique,	Morteros bastardos con y sin aditivo de la planta de fique. Morteros control o	Aspectos científicos y tecnológicos del presente informe y Anexo 1	Debido a que la concentración de CO ₂ en el ambiente atmosférico afecta significativamente la velocidad de carbonatación en los concretos, además de la temperatura y la humedad relativa. Para determinar la

después de la exposición a un ambiente de 100% CO ₂ .	patrón sin adición de cal hidratada.		susceptibilidad a la carbonatación de un concreto se hace necesario recurrir a ensayos acelerados, específicamente incrementando los niveles de concentración de CO₂. El CO₂ está en el medio ambiente natural a una concentración de aproximadamente un 0,035% en volumen y esta concentración reducida hace que un proceso de carbonatación pueda observarse sólo después de varios años. Por ello, el ensayo en la presente investigación se llevó a cabo en una atmosfera con 100% CO₂.
7. OBJETIVO ESPECÍFICO	Obtener una cal hidráulica a partir de calizas del municipio de Vije y aplicarla a la producción de un concreto.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Características físicas, mecánicas y químicas de la cal hidráulica de dosificación óptima. Propiedades físico-mecánicas del concreto de cal hidráulica obtenido.	Concreto de cal hidráulica para aplicaciones no estructurales	Anexo 6	Las calizas se presentan unas veces en grandes bancos de composición bastante homogénea, y otras, que es el modo más general, en numerosas capas de espesor y composición variables; pero en ambos casos los yacimientos de caliza no

		tienen composición absolutamente regular; es más, pueden tener aspecto idéntico y diferir notablemente en su composición química, conviene pues, antes de la explotación de una cantera, llevar a cabo gran número de ensayos químicos en distintos puntos de la misma, para determinar qué parte debe ser escogida y cuál desechada, por tanto se pretende darle un uso a esta materia prima descartada evaluando la composición y las propiedades de esta roca calcárea para la obtención de una cal hidráulica apropiada para la fabricación de concretos. La dosificación de la caliza mediante el aporte de sílice como la ceniza de cascarilla de arroz mediante la dosificación adecuada de estos componentes permite obtener diversos tipos de cales hidráulicas con diferentes valores de resistencia a la compresión.
--	--	---

8. OBJETIVO ESPECÍFICO	Estudiar la velocidad de reacción de las piedras calcáreas del municipio de Vijes (Valle del Cauca), realizando estudios cinéticos para proponer un modelo cinético que genere optima reactividad de la cal (velocidad de hidratación).	% de cumplimiento: 100%
-------------------------------	--	--------------------------------

RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Variación en el grado de calcinación de cada una de las variedades de piedra caliza, en función de la temperatura máxima, el tiempo de sostenimiento y la rampa de calentamiento. Modelo estadístico que permite relacionar el gradiente de penetración con las variables tiempo, temperatura y rampa de calentamiento.	Cal de alta reactividad	Anexo 12	Durante la producción de la cal uno de los problemas generados es la presencia de inquemados, debido al mal funcionamiento de las variables de interés en la cual no ocurre por completo el proceso de calcinación en las piedras calcáreas. Debido a este problema se realizó el estudio cinético con el fin de controlar las variables del proceso de calcinación al determinar un modelo cinético que genere la óptima reactividad de la cal.

9. OBJETIVO ESPECÍFICO	Estudiar la tecnología de dos hornos diversos de cal de Vijes y proponer alternativas de mejoramiento de sus procesos de producción para lograr mayor eficiencia y cales de mejor calidad.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Evaluación de la calidad de la cal producida en dos tipos de hornos artesanales de Vijes (Valle del Cauca) seleccionados. Evaluación del efecto de las variables de producción	No aplica	Anexo 7	Durante la producción de cal a nivel mundial se puede evidenciar el impacto ambiental generado por las emisiones de gases, daño forestal, y explotación minera, sobre todo cuando se utilizan

de los hornos en la eficiencia energética. Alternativas para mejorar la eficiencia energética y la calidad de la cal en los hornos seleccionados.			procesos de producción artesanales. Para mitigar estos daños ambientales se pretende encontrar nuevas alternativas de eficiencia, aprovechamiento de recursos y energía en el proceso de producción de cal, a través del estudio de combustibles alternativos, optimización del diseño del horno y variables.
--	--	--	---

10. OBJETIVO ESPECÍFICO	Fabricar ladrillos aislantes térmicos a partir de ceniza de cascarilla de arroz.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Es posible emplear el método sol-gel utilizando como agente de gelificación almidón de yuca para la elaboración de ladrillos refractarios a base de ceniza de cascarilla de arroz. La ceniza de cascarilla de arroz es apropiada para emplearla como materia prima para la fabricación de aislantes térmicos. Densidad, volumen de poros, conductividad térmica y resistencia mecánica de los aislantes térmicos elaborados a base de ceniza de cascarilla de arroz.	Ladrillos aislantes térmicos	Anexo 13	Este estudio va enfocado al aprovechamiento de un residuo agroindustrial abundante, cuyo principal propósito es la elaboración de ladrillos aislantes térmicos a partir de ceniza de cascarilla de arroz, ya que para el sector agroindustrial en el departamento de valle del cauca, Colombia, la cascarilla de arroz es uno de los desechos de mayor importancia, debido que la cantidad generada, con el agravante que el desecho posee un bajo índice de degradabilidad natural. A pesar de que gran parte de este residuo se usa como un sustituto válido del carbón

			utilizado en hornos de secado, la ceniza generada por el proceso de combustión es de igual manera una preocupación medioambiental. Con el avance de este proyecto se espera una considerable mejora en la eficiencia de la industria y un significativo aporte al medioambiente, logros que aportaran al continuo desarrollo económico y social en el departamento.
--	--	--	---

11. OBJETIVO ESPECÍFICO	Desarrollar un tipo de nano sílice por la técnica de sol-gel con base al desecho industrial cascarilla de arroz para producir morteros de cemento con propiedades mecánicas y de permeabilidad óptimas.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Nano sílice a partir de la cascarilla de arroz por medio del método sol-gel. Propiedades físicas y químicas de la nanosílice obtenida. Propiedades físicas y químicas de los morteros desarrollados con incorporación de nanosílice.	Morteros de base cementicia con adición de nanosílice.	Anexo 10	El tratamiento químico con H_2SO_4 es adecuado para eliminar las impurezas presentes en la cascarilla de arroz (Na, K, Ca, y Al, principalmente), y además afecta levemente la parte orgánica. Añadir nanosílice en morteros de base cementicia beneficiara el material en términos de estabilidad,

			debido a su microestructura densa y homogénea, pero desde el punto de vista de resistencia no se obtienen resistencias tan elevadas a edades largas edades.
--	--	--	---

12. OBJETIVO ESPECÍFICO	Desarrollar una superficie óptima en la cascarilla de arroz para que sirva como fibra de refuerzo en concretos aligerados para muros divisorios.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
La cascarilla de arroz optima, es decir tratada mecánica y químicamente Propiedades en estado fresco y endurecido de mezclas de concreto aligerado con incorporación parcial de la cascarilla de arroz.	Concreto ligero reforzado con fibra de cascarilla de arroz	Anexo 11	Las fibras naturales sufren degradación con el tiempo al estar expuestas a un medio alcalino, por lo que en este trabajo, se evalúan alternativas de protección a las fibras de cascarillas de arroz, con el fin de aumentar su resistencia y su efecto reforzante en concretos de matriz cementicia. Lo anterior se logra por medio de la modificación de la superficie de la fibra (pirolisis y pulpeo químico).
13. OBJETIVO ESPECÍFICO	Evaluar el efecto de la incorporación de fibras de cascarilla de arroz y pulpa de papel periódico en mezclas cementicias para la fabricación de placas onduladas.		% de cumplimiento: 100%

RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
La dosificación óptima para la elaboración de las placas onduladas reforzadas con fibra de cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla de arroz y pulpa de papel de periódico. Las propiedades del material cementicio reforzado con fibra de cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla de arroz y pulpa de papel periódico. Propiedades de las placas onduladas obtenidas (no convencionales) y placas convencionales. Evaluación los tratamientos químico y mecánico sobre la superficie de la cascarilla de arroz y su efecto en el material compuesto desarrollado.	Tejas onduladas	Anexo 8	En esta investigación se desarrollaron placas onduladas de matriz cementicia empleando como materias primas cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla de arroz y pulpa de papel periódico, esto con el fin de disminuir el impacto negativo generado por la producción de tejas a base de asbesto-cemento, las cuales presentan efecto carcinogénico.

14. OBJETIVO ESPECÍFICO	Investigar los comportamientos como material de refuerzo de la cascarilla de arroz tratada en una matriz basada en cemento portland para ser usada en elementos constructivos laminares extruidos.	% de cumplimiento: 100%
--------------------------------	--	--------------------------------

RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Efecto de los tratamientos químicos y mecánicos de las fibras de cascarilla de arroz, en su resistencia a la tensión y módulo de elasticidad. Efecto de los tratamientos llevados a cabo sobre la fibra, en la interfase entre la fibra y la matriz. Resistencia a flexión del material compuesto reforzado con diferentes porcentajes de fibra virgen a distintas edades de curado y con el porcentaje óptimo de adición de fibras tratadas Resistencia a la flexión de pastas de cemento elaboradas con diversas relaciones longitud/diámetro de boquillas y velocidades de extrusión.	Pastas y morteros	Anexo 9	Para la producción de elementos constructivos como tejas para cubiertas, placas divisorias y para ciellorrasos se continúan utilizando fibras de asbestos, este tipo de fibras han sido consideradas cancerígenas y por tal razón han sido reemplazadas en diferentes países por otras de tipo sintético. La producción de las fibras sintéticas es intensiva en los requerimientos de químicos que afectan al medio ambiente. Una alternativa para minimizar el impacto relacionado con el empleo de fibras de asbestos y fibras sintéticas es el empleo de fibras naturales y donde se utilicen estas como elemento de refuerzo. La cascarilla de arroz, debido a su contenido fibroso, es un material que podría presentar alguna aptitud para ser utilizado como material de refuerzo para la fabricación de los elementos constructivos mencionados.

15. OBJETIVO ESPECÍFICO	Desarrollar un material de recubrimiento basado en microsílice obtenida de la cascarilla de arroz, con una posible aplicación como aislante térmico sobre materiales cementicios.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Caracterización de la cascarilla de arroz Silicato de sodio obtenido a partir del proceso de digestión de la cascarilla de arroz. Microsílice obtenida de la precipitación y separación del silicato de sodio. Recubrimiento protector para placas de fibrocemento. Propiedades del recubrimiento en placas de fibrocemento.		Anexo 14	El tetraetoxisilano y el tetrametoxisilano han sido empleados como principal fuente de sílice. Sin embargo, estas fuentes son costosas y presentan una elevada toxicidad. La cascarilla de arroz es una biomasa agroindustrial la cual puede considerarse como una abundante fuente de sílice, pero al ser tratada con altas temperaturas genera contaminación ambiental al producir una gran cantidad de gases de efecto invernadero y la emisión de la ceniza de cascarilla de arroz en el ecosistema. Por lo tanto, la extracción de sílice de la cascarilla de arroz, obviando el proceso de calcinación, es decir empleando el método sol gel, permitirá dar no solo dar un valor agregado a un residuo agroindustrial, sino disminuir el impacto ambiental generado.

16. OBJETIVO ESPECÍFICO	Desarrollar un material activado alcalinamente obtenido a partir de escombros cerámicos de pisos y revestimientos generados durante el proceso de construcción y demolición para ser usado en la fabricación de ladrillos estructurales.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Caracterización física, mecánica y microestructural de las materias primas empleadas. Relaciones molares que permiten obtener materiales geopoliméricos con adecuadas propiedades molares. Efecto sobre las propiedades mecánicas de mezclas geopoliméricas basadas en escombros cerámicos de pisos y revestimientos con adición de cemento portland. Caracterización física, mecánica y microestructural de los sistemas geopoliméricos óptimos desarrollados. Bloque geopolimérico y sus propiedades	Bloque estructural	Anexo 15	Se empleó uno de los residuos cerámicos de construcción y demolición como es el caso de los revestimientos cerámicos de pisos y paredes con el fin de disminuir el impacto ambiental generado durante la producción del cemento, al sustituirlo de manera parcial o total, alcanzando resistencias mecánicas similares a las obtenidas por el cemento Portland.

mecánicas, físicas y microestructurales.			
--	--	--	--

17. OBJETIVO ESPECÍFICO	Obtener un agregado de arcilla expandida y usarlo en un concreto ligero.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Método apropiado para la expansión de la arcilla empleada. Caracterización física, química y termogravimétrico de la arcilla empleada. Caracterización física, química y microestructural de la arcilla después del proceso de expansión. Un concreto empleando como agregado una arcilla expandida y un agregado convencional.	Concreto	Anexo 16	Los concretos de bajo peso son una opción viable en el área de la construcción, ya que permiten disminuir las cargas muertas en las estructuras, proporcionando una mayor rapidez de construcción, así como menores costos de transportes y acarrees; teniendo en cuenta estos beneficios, surge la necesidad de una búsqueda de concretos de bajo peso, que además sean amigables con el medio ambiente, por lo que en esta investigación se estudia el efecto del aceite lubricante (usado) como agente para la expansión de arcillas, que posteriormente son empleadas como agregados para la producción de concretos ligeros.

18. OBJETIVO ESPECÍFICO	Diseñar y probar una metodología que permita obtener un material puzolánico a partir de diversas materias primas arcillosas para su	% de cumplimiento: 100
--------------------------------	---	-------------------------------

	aplicación en la producción de morteros de cemento.		
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Caracterización de dos diferentes arcillas utilizadas en ladrilleras ubicadas en distintas zonas. Variables que conducen al tratamiento térmico más adecuado para obtener la mayor reactividad puzolánica de las arcillas en estudio. Morteros de cemento con adiciones puzolánicas y su caracterización.	Morteros	Anexo 17	En este trabajo se buscó obtener una metodología a través de un tratamiento térmico que llevara a la obtención de un material arcilloso altamente reactivo a partir del uso de arcillas provenientes de dos diferentes ladrilleras, para ser empleado como puzolana en morteros de matriz cementicia.

19. OBJETIVO ESPECÍFICO	Desarrollar un material compuesto de matriz de yeso adicionado y reforzado con fibras de fique corta y orientada al azar para su aplicación en elementos constructivos obtenidos por el proceso de extrusión.		% de cumplimiento: 100
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES

Caracterización física y mecánica de la fibra de fique. Efecto de la variación en la cantidad de fibra utilizada sobre las propiedades mecánicas del material compuesto. Caracterización físico-mecánica del material compuesto desarrollado.	Elemento extruido	Anexo 18	La fibra empleada fue caracterizada para el desarrollo de materiales compuestos con una matriz de yeso. Se emplearon diferentes porcentajes en peso de fibras cortas orientadas al azar y una arcilla de alta plasticidad.
--	-------------------	----------	--

20. OBJETIVO ESPECÍFICO	Estudiar el efecto que tiene la adición de cal sobre el proceso de extrusión y las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de arcilla cocida.		% de cumplimiento: 100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
La materia prima se caracterizó mediante técnicas de difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, hidrometría, y granulometría laser. Se estudió el efecto de la cal sobre la plasticidad y los parámetros de extrusión con adiciones hasta un 15 %. Se realizaron pruebas de dilatometría y TGA-DSC para observar el comportamiento térmico	Ladrillos cerámicos	Anexo 26	Se logró crear una metodología para producir ladrillos cerámicos de arcilla y cal por extrusión, y se llevó a cabo estudiando el efecto de la adición de cal en la plasticidad de la arcilla, la temperatura de cocción y las propiedades de los ladrillos en estado seco y cocido. La adición de cal en la masa arcillosa aumenta el agua de amasado necesaria para mantener una consistencia equivalente, además, reduce

en cocción de la arcilla con adición hasta el 15 %. Se sistematizó el proceso de extrusión de ladrillos en una extrusora a escala de laboratorio. Se conformaron ladrillos por extrusión con adición de cal hasta el 4 %. Fueron estudiadas propiedades físicas como absorción, porosidad, tasa inicial de absorción, densidad y contracción lineal, y propiedades mecánicas como resistencia a la flexión y resistencia a la compresión de los ladrillos en estado verde y cocido. Se sometieron ladrillos cocidos a una atmósfera saturada en CO₂ para verificar la reacción de carbonatación por medio de SEM-EDS y se evaluó el efecto sobre la resistencia a la compresión.		el índice de plasticidad de la masa arcillosa. La resistencia mecánica en verde disminuye con la adición de cal, ya que esta aumenta el agua de amasado, lo que conduce a unos ladrillos de menor densidad y por tanto con más porosidad. Se encontró que el proceso de secado se ve favorecido con la adición de cal hasta el 4 % en la masa arcillosa puesto que disminuye la contracción por secado y al tener cambios dimensionales menores se puede aumentar la velocidad de secado. Además, la mayor cantidad de agua de amasado significa un aumento en la porosidad, que facilita la salida del agua desde el centro de la pieza al exterior. • Los resultados de TGA-DTG y dilatometría revelaron que la adición de cal disminuye la temperatura de sinterización de los ladrillos cerámicos, sin embargo, afecta negativamente la resistencia mecánica. Por otro lado, la resistencia mecánica está directamente relacionada con la temperatura de cocción. En este sentido, se puede ajustar la temperatura de cocción en función del contenido de cal para lograr una resistencia mecánica deseada.
--	--	--

		Por efecto de la adición de cal y la mayor demanda de agua que esta conlleva, los ladrillos cocidos son menos densos y de mayor porosidad. La tasa inicial de absorción, y la gravedad específica del material no se vieron notoriamente afectadas por la adición de cal. • Los ladrillos cocidos con adición de cal presentaron velos de secado y se logró identificar que efectivamente fue consecuencia de la migración de la cal hacia la superficie de los ladrillos. Esto lo revelan los resultados de SEM-EDS, que mostraron una mayor concentración de calcio en la superficie que en el centro de los ladrillos. La carbonatación de los ladrillos cocidos se realizó en una atmósfera saturada en CO₂ y se confirmó por medio de SEM-EDS el aumento de carbonatos en los ladrillos cocidos. El efecto de la carbonatación sobre la resistencia no fue concluyente.
--	--	---

21. OBJETIVO ESPECÍFICO	Difundir los resultados de la investigación a la comunidad científica y apropiar socialmente el conocimiento adquirido a usuarios potenciales.	% de cumplimiento: 100%
--------------------------------	--	--------------------------------

RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Cinco Ponencias internacionales en el congreso: 6th Amazon & Pacific Green Materials Congress and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference, 2016 (Cali, Colombia) Dos ponencias internacionales: International concrete sustainability conference SCC, 2016 (Washington, DC) Un capítulo del libro: Savastano-Junior- 1- Elsevier- "A study of a hybrid binder based on alkali-activated ceramic tile wastes and portland cement". Dos artículos (nacional e internacional. Seminario taller de apropiación social del conocimiento de Ferrocementos. Financiación para la realización de ensayos físicos, químicos y mecánicos de diecisiete	Capítulo de libro. Libro 6th Amazon & Pacific Green Materials Congress and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference, donde se encuentran los cinco artículos de ponencias. Un trabajo de grado de Doctorado, Un trabajo de grado de Maestría y quince trabajos de grado de pregrado disponibles para consulta en la biblioteca de la Universidad del Valle, y dos informes de	Anexo 1-22	

tesis de pregrado, dos tesis de maestría, dos tesis de doctorado y dos jóvenes investigadores. Financiación completa para la formación de una estudiante de maestría (Luz Mariela Murillo). Apoyo para financiación parcial del desarrollo experimental de una tesis de maestría (Jeset David Perea) Financiación parcial para dos estudiantes de doctorado (John Alexander Torres, en preparación de propuesta de investigación, y Cesar Cocuy, tesis en curso final de evaluación para sustentación pública). Apoyo para financiación parcial del desarrollo experimental de las tesis de doctorado, en curso, de los estudiantes Lida Patricia Paz, Yimmy Silva.	investigación de jóvenes investigadores		
--	--	--	--

4. CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo para la ejecución del proyecto presentó un grado de exactitud del 100%, lo cual permitió el alcance de los objetivos planteados. Esta fue satisfecha por medio de doce etapas que incluyen: el acopio y estudio de antecedentes, diseño experimental, acopio y acondicionamiento de las materias primas (ceniza de cascarilla de arroz, residuos de demolición y escombros de construcción), caracterización física y química de los componentes, diseño, dosificación y preparación de mezclas, evaluación del efecto de la incorporación de fibra, determinación de las propiedades químicas, físicas y mecánicas de las mezclas endurecidas, preparación, caracterización y prueba de las aplicaciones del material cementicio alternativo diseñado y obtenido al nivel prototipo de elementos de construcción, procesamiento de los resultados y finalmente los informes finales: Técnico y financiero del proyecto. La metodología fue ampliada con el fin de investigar nuevos factores que podrían afectar el comportamiento de las muestras elaboradas y su aplicación.

5. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN A LA FECHA, DIFICULTADES Y PLAN DE CONTINGENCIA

ACTIVIDADES	OBJETIVO RELACIONADO	FECHA DE EJECUCIÓN	CAMBIOS SOLICITADOS Y APROBADOS POR COLCIENCIAS (si aplica)	PLAN DE CONTINGENCIA (si aplica)
1. Revisión bibliográfica	1-20 y Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto	Agosto (2015) -junio (2017)	No aplica	No aplica
2.Diseño experimental	1-19 y Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto	Agosto (2015)	No aplica	No aplica

3.Acopio materiales componentes	1-19 y Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto	Septiembre -Octubre (2015)	No aplica	No aplica
4.Caracterización física, química y mineralógica	1-19 y Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto	Septiembre - Noviembre (2015)	No aplica	No aplica
5.Evaluación de la puzolanicidad	1, 2, 3, 4, 5 y 18	Noviembre - Diciembre (2016)	No aplica	No aplica
6.Pruebas preliminares.Diseño de mezclas	1-19 y Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto	Julio (2015) - Enero (2016)	No aplica	No aplica
7. Dosificación de mezclas, preparación, ajuste y moldeo.	1-19 y Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto	Enero – Mayo (2016)	No aplica	No aplica
9. Determinación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las mezclas endurecidas.	1-19 y Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto	febrero – Octubre (2016)	No aplica	No aplica
8. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de muestras expuestas a carbonatación.	Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto y objetivo 6.	Febrero-Diciembre (2016) - Enero-Junio (2017)	No aplica	No aplica

9. Preparación y evaluación material compuesto fibrorreforzado	1-5, 12-15 y 19	Agosto-Diciembre (2016) - Enero-Marzo (2017)	No aplica	No aplica
10. Diseño y fabricación de elementos de construcción de prototipos.	Aspectos científicos y técnicos del presente proyecto y objetivos 1-7 y 10-19	Febrero-Diciembre (2016) Febrero-Mayo (2017)	No aplica	No aplica
11. Seminario-Taller. Preparación y realización	20	5 de Mayo de 2016	No aplica	No aplica
12. Elaboración de <i>paper</i> e Informe final	1-20	Junio (2016) – Julio (2017)	No aplica	No aplica

6. PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS FRENTE A LOS IMPACTOS REGISTRADOS EN EL PROYECTO

Impacto esperado	% de cumplimiento	Indicador Verificable	Observaciones
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA A CORTO PLAZO	100	Investigaciones doctorales y de maestría, dos terminadas y otras próximas a concluir.	Aporte parcial para dos investigaciones doctorales y completo para un estudiante de maestría.
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA A CORTO PLAZO	100	Investigaciones de tesis de pregrado	15 trabajos de grado de 29 estudiantes de pregrado.
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA A CORTO PLAZO	100	Documentos de trabajos de grado en la biblioteca de la Universidad del Valle en medio magnético.	Veintinueve estudiantes de pregrado realizaron sus investigaciones en el marco del

			proyecto y se graduaron después de haber presentado los resultados públicamente.
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO	100	Motivación por aprovechamiento térmico de la ceniza de cascarilla de arroz.	Se ha hecho, al existir un combustor de Cascarilla de arroz, construido a través de un proyecto anterior (Puzosil), sin embargo por ahora no es viable por el costo de transporte desde el cultivo a la Arrocería La Esmeralda de Jamundí (Valle), debido a su densidad aparente muy baja.
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Motivación para usar residuos agroindustriales y de construcción y demolición en la industria sustituyendo materias primas que generan alta contaminación durante su proceso productivo.	A mediano plazo. Debido a la disminución de las áreas de explotación y de los yacimientos en Colombia.
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Proyección en la generación de nuevos empleos en la región.	A largo plazo
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD		Proyección del incremento del ingreso de los cultivadores de las plantas por la valorización de los	A largo plazo

BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		residuos producidos durante la extracción de la fibra de fique, jugo de papa cidra, vástago de banano y papa.	
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades en regiones arroceras, (como en Jamundí, Valle del Cauca, Tolima, Huila, entre otras.)	A largo plazo
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Utilización de la cascarilla de arroz y de la ceniza de cascarilla de arroz en diversos usos que conducirán a un incremento en el valor agregado de la cadena productiva del sector arrocero	A mediano plazo
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Utilización de los residuos de construcción y demolición en diversos usos que conducirán a una disminución en la contaminación generada debido a la mala disposición de los mismos.	A largo plazo
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO	100	Se dispondrá de elementos constructivos de bajo costo, debido al uso de residuos agroindustriales y de residuos de construcción y	Fueron llevados a cabo.

		demolición para su fabricación.	
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Se tendrá mayor rapidez de ejecución en la construcción de edificaciones para vivienda, debido a la utilización de algunos de los elementos de construcción elaborados (concreto ligero y placas divisorias).	A largo plazo
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Mayor disponibilidad de áreas en terrenos que actualmente se usan para disponer de la cascarilla de arroz y de los residuos de construcción y demolición.	A largo plazo
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Reducción del volumen de materiales provenientes de las canteras, debido al uso de derivados de la ceniza de cascarilla de arroz y residuos de construcción y demolición que permite la reducción del uso de cemento y sustitución de rellenos.	A largo plazo
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Sustitución parcial del consumo de cemento en la fabricación de concretos en órdenes hasta del 40 %.	Lo que disminuirá la contaminación generada durante la producción del OPC

IMPACTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ENTIDAD BENEFICIARIA O EL SECTOR RELACIONADO		Mitigar la elevada contribución que hacen las grandes ciudades a las emisiones de gases de efecto invernadero en la fabricación del cemento, esto al reducir el consumo del mismo.	A largo plazo
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA	100	Mantener el nivel de excelencia del grupo de investigación.	Se está cumpliendo.
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA SOCIEDAD		Reducción de la huella de carbono generada por la explotación y producción de las materias primas para la fabricación de morteros y bloques de concreto convencionales.	Largo plazo.
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA SOCIEDAD		Motivación por la sustitución parcial del uso de residuos de construcción y demolición en la industria de la construcción y del uso de aditivos como el jugo de fique.	A largo plazo. A la fecha, se emplean cenizas volantes, escorias de alto horno entre, entre otros materiales para la sustitución del OPC. Pero es un tema de gran interés por la industria cementera.
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA A LARGO PLAZO		La producción de morteros y concretos bastardos con RCD, ceniza de cascarilla de arroz, aditivos naturales con y sin refuerzo de fibra natural será vista como un gran aporte para el desarrollo del Valle del Cauca, ya que se	A largo plazo.

		tendrá un mejor manejo de los RCD, valorización de residuos agroindustriales y de la construcción. El efecto se trasladará a regiones arroceras como el Tolima (La Chamba) y regiones productoras de fique como Nariño.	
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA A CORTO PLAZO	100	Un candidato a doctor en ingeniería de materiales tiene su tesis en evaluación para sustentación pública posterior. La investigación doctoral fue sobre la fibra de la cascarilla de arroz como refuerzo en la industria cementicia y sus cenizas como adición en elementos extruidos. Egresaron dos magísteres en ingeniería de materiales, Luz Mariela Murillo quien presenta una tesis sobre residuos de construcción y demolición activados alcalinamente, y Jeset David Perea sobre adobes activados y reforzados con fibras naturales.	Estudiante de doctorado Cesar Cocuy y estudiantes de maestría Luz Mariela Murillo y Jeset Perea con trabajos de grado que fueron evaluados y se sustentaron.

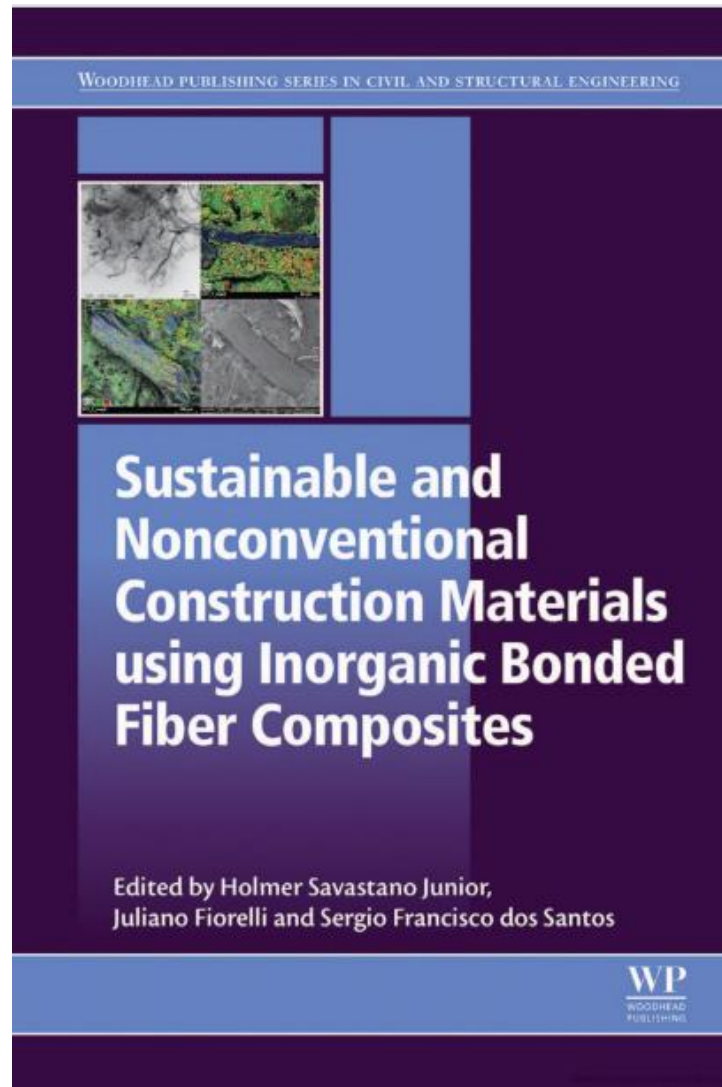
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA A MEDIANO PLAZO		Un estudiante de doctorado quien se encuentra actualmente finalizando la parte experimental de su trabajo de grado, basado en la implementación de un aditivo de la planta de fique como agente reductor de agua para la fabricación de ladrillos cerámicos. Otro estudiante de doctorado, Yimmy Silva, desarrolla su investigación doctoral sobre durabilidad de concretos autocompactantes que contienen elevados volúmenes de partículas muy finas procedentes de residuos de demolición y construcción. Un tercer estudiante de doctorado está elaborando su propuesta de investigación sobre obtención de whiskers de tridimita a partir de residuos agroindustriales (ceniza de cascarilla de arroz y cáscara de café).	Este trabajo es de gran impacto para la industria ladrillera, ya que el aditivo de la planta de fique mejora el comportamiento reológico de la masa arcillosa, disminuye la cantidad de agua empleada para la fabricación de ladrillos, reduciendo de esta manera los tiempos de secado (uno de los problemas más relevantes de esta industria).
IMPACTOS CIENCIA Y		Aumento de proyectos universidad-empresa.	El indicador aquí será el número de

TECNOLOGIA LARGO PLAZO	A			proyectos del grupo de investigación.
IMPACTOS CIENCIA TECNOLOGIA	Y		Vinculación de otros grupos de las redes nacionales e internacionales que se relacionen a la valoración de residuos.	Mediano plazo
IMPACTOS CIENCIA TECNOLOGIA	Y	100	Socialización del conocimiento en cursos, seminarios, eventos, tesis y a través de artículos o capítulos de libros.	Quince trabajos de grado, cinco ponencias en congresos internacionales, un capítulo de libro, un seminario taller, dos artículos (nacional e internacional), dos informes finales de investigación de jóvenes investigadores, y resultados experimentales contenidos en este informe final que serán incluidos en próximas publicaciones.
IMPACTOS CIENCIA TECNOLOGIA LARGO PLAZO	Y A		Con la implementación del proyecto, la cascarilla de arroz y la planta de fique pasan a ser un insumo de un proceso nuevo relacionado a un sector industrial diferente.	A largo plazo.
IMPACTOS CIENCIA TECNOLOGIA LARGO PLAZO	Y A		Impacto positivo al incrementar el ingreso por el mayor valor agregado de los subproductos del sector arrocerero, lo cual	A largo plazo.

		podría revertir en estabilidad de costos del arroz al consumidor.	
IMPACTOS CIENCIA Y TECNOLOGIA A LARGO PLAZO		Impacto positivo por mejoramiento de la calidad de los productos, nuevos productos y reducción del consumo energético en la industria productora de materiales cerámicos (ladrillos)	A largo plazo.
IMPACTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS DE COMUNIDADES	100	Mejoramiento de las condiciones sociales y económicas al valorizarse el jugo de la penca de fique, que es un desecho contaminante, y lograr ingresos adicionales por el papel del producto obtenido como aditivo en la industria cerámica. Esto beneficia a los sectores cultivadores de fique, especialmente las comunidades indígenas que consiguen su modo de vida con este cultivo.	

7. PUBLICACIONES Y PONENCIAS REALIZADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO

7.1. CAPÍTULO DEL LIBRO “ Sustainable and Nonconventional Construction Materials using Inorganic Bonded Fiber Composites”





11 – A study of a hybrid binder based on alkali-activated ceramic tile wastes and portland cement

Luz M. Murillo¹, Silvio Delvasto¹, Marisol Gordillo²

¹ Universidad del Valle, Cali, Colombia

² Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia

Available online 23 June 2017

[Show less](#)

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102001-2.00013-9>

[Get rights and content](#)

Abstract

The aim of this research was to study pastes and mortars produced from hybrid binder systems based on ceramic tile wastes from walls and floors mixed with Portland cement. The influence of the content percentage of ordinary Portland cement (OPC) and the molar ratios $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (S/A) and $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (N/S) on the optimization of the compressive strength were studied in this work by using the Response Surface Methodology (RSM). The work shows that to obtain the maximum compressive strength, mixtures with a $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ molar ratio equal to 7.0, a $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ molar ratio equal to 0.08, and ceramic tile wastes (CTW)/(CTW+OPC) ratio of 0.85 are the optimal to produce pastes and mortars samples with compressive strengths up to 58.15 MPa and 24.82 MPa respectively, after curing for 28 days. It was proved to be an enhancement of the densification in the hybrid binder due to the use of OPC as a calcium source, and to the formation of C-A-S-H gel. It can be stated that for high S/A and N/S ratios, the compressive strength decreases due to the fact that if the S/A ratio increases, the reaction speed will be slower. It was shown that the alkaline activation of CTW generates a denser structure when the curing age increases. Also, it was conclusive in this research that the application of a statistical tool as the RSM is suitable to predict a property to be determined later by experimental tests.

Keywords

Geopolymers; alternative cements; blended cements; Response Surface Methodology

7.2. ARTICULO INTERNACIONAL: Revista "Construction and Building Materials"

Construction and Building Materials 124 (2016) 639–644



Contents lists available at ScienceDirect

Construction and Building Materials

journal homepage: www.elsevier.com/locate/conbuildmat



Properties of self-compacting concrete on fresh and hardened with residue of masonry and recycled concrete



Yimmy Fernando Silva*, Rafael Andres Robayo, Pedro Enrique Matthey, Silvio Delvasto

Universidad del Valle, Cali, Street 13 # 100-00 Building 347, Colombia

HIGHLIGHTS

- The residue of masonry is used in self-compacting concrete mixtures as an addition.
- The fresh properties of self-compacting concrete with recycled aggregate and residue of masonry were investigated.
- The use of recycled coarse aggregate in the production of self-compacting concrete is feasible.
- The incorporation of recycled aggregate cause a decrease in the mechanical properties (compressive strength and splitting tensile strength) of self-compacting concretes.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 February 2016

Received in revised form 22 June 2016

Accepted 15 July 2016

Keywords:

Self-compacting concrete

Recycled concrete

Coarse aggregates

Residue of masonry

Construction and demolition debris

ABSTRACT

The present paper discuss the results of an experimental study about self-compacting concretes (SCC) made with recycled coarse aggregates and a mineral admixture obtained from a residue of masonry (RM). It was evaluated the effects of the use of the recycled aggregate on the properties of SCC. Five types of SCC mixes were tried, where the virgin coarse aggregate was substituted by the recycled aggregate between 0 and 100% by volume. The blended cement (Portland cement + admixture) remained constant at 480 kg/m³ and included 20% by weight of RM. The rheological properties of the fresh SCC were determined by means of slump and flow tests, V-funnel, and L-box tests. It showed appropriate workability and resistance to segregation, passing ability, and filling capacity. The mechanical properties were reduced with the incorporation of the recycled coarse aggregate due to the poor adhesion between the old mortar and aggregate; however, the results fall within admissible characteristics to be used in several constructive elements for its acceptable mechanical properties.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

7.3. ARTICULO NACIONAL: Revista "Informador Técnico"

Informador Técnico (Colombia) 81(1) Enero - Junio 2017: 44-54 ISSN 0122-056X | e-ISSN 2256-5035  doi: <http://dx.doi.org/10.23850/22565035.719>

Influencia del residuo de mampostería (RM) como material cementicio suplementario en la elaboración de morteros¹

Influence of masonry residue (RM) as supplementary cementitious material in the production of Mortars

Recibido: 21-01 - 2017 Aceptado: 08-05-2017

Yimmy Fernando Silva Urrego²
Marisol Gordillo³
Silvio Delvasto Arjona⁴

¹ Proyecto: FP44842-399- 2015: "Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo" financiado por COLCIENCIAS.

² Colombiano, Estudiante de Doctorado en Ingeniería de Materiales. Grupo Materiales Compuestos, Universidad del Valle, Cali, Colombia. yimmy.silva@correounivalle.edu.co.

³ Colombiana, Profesora Titular, Ph.D. Grupo Materiales Compuestos, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia.

⁴ Colombiano, Profesor Titular, Ph.D. Grupo Materiales Compuestos, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Resumen

La producción del cemento portland es responsable de aproximadamente el 5% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) en todo el mundo. Una importante contribución a la sostenibilidad de esta industria es el empleo de puzolanas que disminuyan el contenido de cemento portland para la elaboración de concreto, y más si el material que se utiliza proviene de un residuo como son los de construcción y demolición; por ello se propone el empleo de residuos de mampostería como material alternativo a las puzolanas. En este artículo se presentan los resultados experimentales de la caracterización de un residuo de mampostería (RM) y su evaluación puzolánica. El RM en primera instancia se sometió a un estudio de molienda y posterior análisis mediante las técnicas de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX), análisis termo-gravimétrico (TG) y microscopía electrónica de barrido (MEB). Adicionalmente se evaluó el efecto de la incorporación de RM en la resistencia a la compresión en morteros de cemento portland mediante el reemplazo de este en un rango de 0 a 50% a diferentes edades de curado (7; 28; 65 y 90 días), así como las propiedades de densidad y porosidad a 28 días de curado. Los resultados exhiben que este residuo (RM) presenta un comportamiento puzolánico y su porcentaje óptimo de reemplazo en morteros de cemento portland es de 20%.

Palabras clave: Residuo de mampostería; cemento portland; actividad puzolánica; morteros; resistencia a la compresión.

7.4. PONENCIAS EN CONGRESOS INTERNACIONALES

7.4.1. Ponencia 1



**6th Amazon & Pacific Green Materials Congress
and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference**



Caliza y ceniza de cascarilla de arroz: Cal hidráulica para concretos

Erazo, Alexis N^a., Bedoya, Ivan F^a., Perea Jesset^a., Delvasto Silvio^a., Hincapié, Ricardo^b.
Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Materiales, Grupo Materiales Compuestos, Cali, Colombia. Universidad del Valle, Facultad de Artes Integradas; Grupo Colectivo de Investigaciones Territorio Construcción y Espacio- CITCE Cali, Colombia. e-mail: alexis.erazo@correounivalle.edu.co

RESUMEN

En este trabajo de investigación se utilizó una piedra caliza y ceniza de cascarilla de arroz (CCA), la cual fue utilizada para aportar sílice a la piedra caliza para aumentar su índice de hidráulicidad. La caliza y ceniza de cascarilla de arroz fueron caracterizadas mediante fluorescencia de rayos X (XRF) y termogravimetría (TGA). La caliza, tal como venía de la mina, mostró un índice de hidráulicidad de 0,31, es decir la cal producida con ella sería levemente hidráulica. La caliza fue molturada hasta un tamaño de partícula inferior a 0,075mm, el tamaño de partícula de la ceniza de cascarilla de arroz fue de 0,075mm. Posteriormente, bajo un diseño factorial, se realizaron tres adiciones de ceniza de cascarilla de arroz de 8, 11 y 14 % en peso con respecto a la caliza, y a cada una de estas mezclas se les realizaron 4 tratamientos térmicos en el cual se varió la temperatura de calcinación (1000 y 1100°C) y el tiempo de residencia en el horno (1 y 2 horas) con el fin de obtener una cal hidráulica adecuada para la fabricación de un concreto para aplicaciones que demanden bajas demandas en cuanto a resistencia mecánica. Se elaboraron concretos de cal hidráulica y de cemento Portland ordinario bajo las mismas condiciones de diseño con el fin de comparar sus propiedades mecánicas y físicas. El volumen del cemento en la dosificación fue reemplazado por el mismo de cal hidráulica. La densidad de los concretos de cal hidráulica fue más de un 19% inferior que los de cemento Portland. Los resultados arrojaron una resistencia a la compresión media de 7.9 MPa del concreto a base de cal hidráulica y de 12.9 MPa para el concreto de cemento Portland. Los concretos de cal hidráulica presentaron mayor permeabilidad y absorción, aunque con una absorción más gradual de agua por capilaridad. Con base en los resultados obtenidos, los concretos de cal hidráulica podrían ser usados potencialmente en aplicaciones de menor especificación en resistencia a la compresión, tales como muros divisorios, bloques de mampostería, vías provisionales, entre otros.

Palabras Claves: Caliza, cal aérea, cal hidráulica, cemento Portland, concretos, índice de hidráulicidad.

El artículo completo se encuentra en el libro “**Materiales Sostenibles para un Mundo Viviente**”, pp. 559-575, ISBN 978-958-59544-0-3 (**Anexo 20**)

7.4.2. Ponencia 2



**6th Amazon & Pacific Green Materials Congress
and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference**



Prediction of high compressive strengths of alkali-activated waste ceramic tiles by using response surface methodology

Luz M. Murillo, Silvio Delvasto and Marisol Gordillo. *Universidad del Valle, Grupo Materiales Compuestos. Escuela de Ingeniería de Materiales, Cali, Colombia. e-mail: murillo.luz@correounivalle.edu.co, mgsuarez44@gmail.com and silvio.delvasto@correounivalle.edu.co*

This research aimed to investigate the compressive strength, the microstructure and reaction products of alkali-activated cement pastes (AACP) produced from waste ceramic tiles using sodium hydroxide and sodium silicate solutions as activators with a $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ molar ratio between 7.0 and 8.0, and a $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ molar ratio between 0.08 and 0.18; ceramic tile pastes were subjected to thermal curing for 48 h at 70 °C. In order to eliminate the thermal curing, mixes of AACP/OPC and AACP/Blast furnace slag were elaborated. The results of the compressive strength at 28 days of curing were analyzed through the statistical methodology of response surface (M.S.R) to determine the more favorable experimental conditions that maximize the compressive strength. The experimental results confirmed the statistical model prediction for AACP, that gave a compressive strength of 45.5 MPa when working with a $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio of 7.26 and a $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ ratio of 0.09, and for mixes of AACP/OPC and AACP/Blast furnace slag were proved the prediction of a compressive strength of 55.3 MPa and 52.2 MPa using a $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio of 7.0 and $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ of 0.08 and a cementitious material ratio (OPC or blast furnace slag)/AACP of 0.15. Analytical techniques, X-ray diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Scanning Electron Microscopy (SEM) were used for the identification of the morphology and structure of the optimum products. These results show that is possible to avoid the thermal curing in AACP by using cementitious binders. The high compressive strengths obtained at 28 curing days indicate the feasibility of utilization of the wastes of ceramic tiles to obtain building materials of high strength.

Keywords: Alkali-activated cementitious materials, waste ceramic tiles, blast furnace slag, Portland cement, statistical methodology of response surface (M.S.R).

El artículo completo se encuentra en el libro “**Materiales Sostenibles para un Mundo Viviente**”, pp. 655-666, ISBN 978-958-59544-0-3 (**Anexo 20**).

7.4.3. Ponencia 3



**6th Amazon & Pacific Green Materials Congress
and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference**



EVALUACIÓN DE MORTEROS A BASE DE CEMENTO - CAL A PARTIR DE CAL PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE VIJES - COLOMBIA

**Medrano H. Jorge^a; Mejia. Gabriel^a; Perea Jesset^a; Delvasto Silvio^a; Hincapié^b,
Ricardo^b.** *Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Materiales, Grupo Materiales
Compuestos, Cali, Colombia. Universidad del Valle, Facultad de Artes Integradas; Grupo
Colectivo de Investigaciones Territorio Construcción y Espacio- CITCE Cali, Colombia. e-
mail: jorge.medrano@correounivalle.edu.co*

Resumen

La presente comunicación muestra resultados de un estudio sobre las propiedades en estado fresco y en estado endurecido de morteros a base de cemento y cal, con cal proveniente de dos tipos de hornos en el municipio de Vijes (Colombia): Hornos tradicionales de Colmena y Hornos Continuos de Capas. Se determinaron las características mineralógicas y de composición química mediante ensayos de termogravimetría, fluorescencia de rayos x y difracción de rayos X de las dos cales empleadas procedentes de dos tipos de hornos diversos, donde se evidencia que los componentes principales en las cales empleadas, son CaO de 74,7% y 80,48%, MgO con 2,38% y 1,04%, SiO₂ con 1,38% y 3,30% para la cal del horno Colmena y para la cal del horno por Capas, respectivamente. Los morteros se dosificaron con una proporción arena/cemento 1:3. Se utilizaron proporciones de cal del 5%, 10% y 20%. Se manejó una relación agua/cemento (a/c) de 0,67.

Los resultados en estado fresco, muestran que la fluidez de los morteros con sustituciones de cal del horno Colmena y del horno por Capas muestran una tendencia a disminuir con el aumento del porcentaje de cal respecto a un mortero de referencia, sin embargo la fluidez de morteros con cal de Colmena y Capas presentaron mejores valores en mesa de flujo;; en el ensayo de retención de agua, se evidencia que con un aumento del porcentaje de cal, aumenta el porcentaje de retención de agua respecto al mortero de referencia; del ensayo de viscosidad, para los morteros con cal de capas y colmena, se puede observar que la viscosidad es mayor a menores velocidades de agitación, y conforme estas aumentan, la viscosidad disminuye y tiende a volverse constante, comportamiento que obedece a fluidos pseudoplasticos. En estado endurecido, las pruebas de resistencia a la compresión muestran que para morteros a base de cemento con sustituciones de cal, tanto del horno de Colmena como del horno por Capas, las resistencias se ven disminuidas conforme el porcentaje de cal aumenta; por el contrario, en las pruebas de adherencia, en promedio para los dos tipos de cales, la incorporación de cal en el mortero aumenta la fuerza de adhesión.

Palabras Claves: Morteros bastardos, morteros de cal, cal aérea, cal hidráulica.

El artículo completo se encuentra en el libro “**Materiales Sostenibles para un Mundo Viviente**”, pp. 446-463, ISBN 978-958-59544-0-3 (**Anexo 20**).

7.4.4. Ponencia 4



**6th Amazon & Pacific Green Materials Congress
and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference**



Optimizing the use of recycled coarse aggregate in self-compacting concrete

Yimmy Silva, Rafael Robayo, Pedro Matthey and Silvio Delvasto, *University of Valle, Escuela de Ingeniería de Materiales, Grupo Materiales Compuestos. Cali, Colombia. SP. e-mail: yimmy.silva@correounivalle.edu.co and silvio.delvasto@correounivalle.edu.co*

Marisol Gordillo, *Universidad Autonoma de Occidente, Departamento de Ciencias Básicas, Cali, Colombia, SP. e-mail: mgordillo@uao.edu.co*

Abstract: The use of construction and demolition wastes (R&D) as coarse aggregates for the production of self-compacting concretes (SCC) is a reasonable way to reduce the environmental impact caused by the extraction of aggregates by mining of quarries; Additionally, using of R&D brings out a decrease in the volume deposited in informal landfills, often uncontrollable. The aim of this research was to establish the optimal replacement ratio of coarse natural aggregate by recycled coarse aggregate (RCA), obtained from the demolition of concrete structures, for the development of self-compacting concrete (SCC). This optimization was carried out by developing a design of extreme vertices mixtures with centroid. The RCA replacement percentage ranged from 0 % to 100 %, and the response variable was the compressive strength of concrete at an age of 28 days of curing. Fresh properties were also evaluated by the Slump test using Abrams cone, L-box and V funnel for different SCC mixtures with different percentages of AGR substitution, showing adequate workability of concrete, segregation resistance, filling and passing ability. However, a higher percentage of AGR replacement in self-compacting concrete decreased the workability. The obtained results are within the admissible characteristics for use of the SCC in some construction elements. The environmental impact is more favorable due to the fact that the recycled coarse aggregates were used without treatment.

Keywords: construction and demolition wastes, recycled coarse aggregate, self-compacting concrete, recycled concrete.

El artículo completo se encuentra en el libro “**Materiales Sostenibles para un Mundo Viviente**”, pp. 375-384, ISBN 978-958-59544-0-3 (**Anexo 20**).

7.4.5. Ponencia 5



**6th Amazon & Pacific Green Materials Congress
and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference**



Evaluación cinética de variedad de calcáreos en el municipio de Vijes - Colombia

Ocampo J. Stiven^a; Collazos J. Sebastián^a; Perea Jesset^a; Delvasto Silvio^a; Hincapié^b, Ricardo^b. *Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Materiales, Grupo Materiales Compuestos, Cali, Colombia. Universidad del Valle, Facultad de Artes Integradas; Grupo Colectivo de Investigaciones Territorio Construcción y Espacio- CITCE Cali, Colombia. e-mail: jhon.ocampo@correounivalle.edu.co*

Resumen

La presente comunicación muestra resultados de un estudio cinético hecho a calizas de yacimientos ubicados en el municipio de Vijes (Colombia). Se determinó la pérdida de peso, el gradiente de penetración, la variación en el grado de calcinación y la reactividad de la cal viva obtenida a partir de tres variedades de piedras calizas, designadas M.B; O.P y A.L. Los parámetros del proceso de calcinación fueron: la temperatura máxima de calcinación, entre 870°C-1080°C; el tiempo de sostenimiento, de 1 a 6 horas y la rata de calentamiento (5°C, 10°C y 15°C/min). Se propone un modelo matemático que relaciona la pérdida de peso y el gradiente de penetración con las variables tiempo, temperatura y rata de calentamiento. La temperatura máxima y tiempo de sostenimiento mostraron un efecto significativo sobre la piedra caliza de tipo calcítico, que tuvo en promedio una pérdida de peso después del proceso de calcinación del 38 al 40%. La rata de calentamiento no presentó un efecto significativo sobre la variable pérdida de peso ni sobre el gradiente de penetración. Las cales obtenidas de las piedras calizas denominadas M.B y O.P son clasificadas como cales aéreas tipo I y la que procede de la piedra A.L se clasifica como cal aérea tipo II o como cal hidráulica III. Las temperaturas de disociación del CaCO_3 , obtenidas mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) se encuentran en el rango entre 750°C y 770°C. En el análisis termogravimétrico (TGA), se aprecia que la descomposición de las rocas calcáreas en CO_2 inicia a 450 °C y finaliza a 790 °C. La cal viva mostró una reactividad alta, R5. La reactividad tiende a mantenerse constante en el rango de temperatura de calcinación de 1020°C a 1080°C. Se concluye sobre la importancia de disponer de un modelo cinético para mejor control de las variables de procesamiento del material calcáreo de los yacimientos de Vijes, lo que redundará en mejor calidad de la cal obtenida.

Palabras Claves: Calizas, cal aérea, cal hidráulica, calcinación, cinética.

El artículo completo se encuentra en el libro **"Materiales Sostenibles para un Mundo Viviente"**, pp. 576-598, ISBN 978-958-59544-0-3 (**Anexo 20**).

8. PARTICIPACIÓN EN EVENTOS INTERNACIONALES



En los **Anexos 21** se encuentra la Resolución No 074 del mes de mayo de 2016 "Por la cual se aprueban comisión académica e informes de comisiones académicas". En los **anexos 22 y 23** se encuentran los certificados del correspondiente congreso internacional.

9. TESIS DE POSTGRADO (MAESTRÍA Y DOCTORADO) REALIZADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO

En el Anexo 30 se encuentra la certificación institucional de la Universidad del Valle.

9.1. INVESTIGACIÓN DE UN MATERIAL GEOPOLIMÉRICO OBTENIDO A PARTIR DE ESCOMBROS DE PISOS Y REVESTIMIENTOS PARA FABRICAR BLOQUES ESTRUCTURALES

Ing. Luz Mariela Murillo Ruiz

Director

Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D

Trabajo de grado para optar por el título de
Master en Ingeniería de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

El presente trabajo de investigación de maestría presenta los resultados del efecto de las relaciones molares sílice/alúmina ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), óxido de sodio/sílice ($\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$) y la relación (residuos de revestimientos cerámicos) / (residuos de revestimientos cerámicos + cemento Portland) ($\text{RR}/(\text{RR}+\text{OPC})$) en la resistencia a la compresión de sistemas geopoliméricos basados en escombros o residuos de revestimientos cerámicos para la fabricación de bloques estructurales. Se diseñaron mezclas mediante el empleo de la herramienta estadística metodología de superficie de respuesta (MSR), lo que permitió la determinación de las relaciones óptimas para dos sistemas geopoliméricos con las que se alcanzó la máxima resistencia a la compresión a la edad de 28 días de curado. Para obtener el primer sistema se prepararon pastas a las que se les evaluaron las relaciones molares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$, y su efecto en la resistencia a la compresión, después de haber sido sometidas a curado térmico. El segundo sistema óptimo se logró al estudiar el efecto de las relaciones molares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ y la relación $\text{RR}/(\text{RR}+\text{OPC})$ en la resistencia a la compresión de pastas híbridas o pastas con un contenido de OPC inferior al 30%. La muestra óptima de cada sistema fue analizada usando técnicas analíticas como calorimetría isotérmica, difracción de rayos X, espectrometría de infrarrojo con transformada

de Fourier, termogravimetría, microscopía electrónica de barrido y energía dispersiva de rayos X. Con base en las propiedades de los sistemas óptimos, fue seleccionado el de mejor comportamiento, con el cual se prepararon morteros activados alcalinamente, los cuales fueron expuestos a temperaturas de 300, 700 y 1100°C, para a continuación realizar un análisis físico, químico y mecánico. Finalmente, se elaboraron bloques con los morteros activados alcalinamente haciendo uso de la máquina de tracción manual CINVA-RAM, lo que pone de manifiesto la posibilidad de emplear sistemas cementantes alternativos al cemento Portland (OPC), sustituyéndolo hasta en un 85% por escombros de revestimientos cerámicos de pisos y paredes o residuos de revestimientos cerámicos (RR) para la fabricación de elementos de construcción por medio del proceso de activación alcalina.

Palabras Claves: Geopolímeros, activación alcalina, residuos de revestimientos cerámicos, cementos híbridos, Metodología de Superficie de Respuesta.

El documento completo de la presente tesis de maestría se encuentra en el **Anexo 15**. Esta tesis, que fue apoyada totalmente por el proyecto, incluyendo la estudiante de maestría Luz Mariela Murillo, fue evaluada y sustentada.

9.2. ESTUDIO SOBRE LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE SUELOS PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE REFORZADOS CON FIBRAS VEGETALES

Tesis para Optar por el Título de Magister en Ingeniería

Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales

Presentada por:

ING. JESET DAVID PEREA D.

Director:

ING. SILVIO DELVASTO ARJONA, MSc., Ph.D



UNIVERSIDAD DEL VALLE- FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES

GRUPO MATERIALES COMPUESTOS

CALI- 2017

La tierra es el material de construcción más antiguo del cual se tiene registro. La ciudad de Jericó, los Ziggurats de Mesopotamia, Atenas y la Gran Muralla China son algunos ejemplos históricos el uso de la tierra como material de construcción. Sin embargo, este hecho no lo hace obsoleto. En países con economías emergentes, algunas técnicas de construcción con tierra como el adobe (ladrillos de suelo arcilloso secados al sol) son ampliamente empleadas para construir viviendas e instalaciones sociales (Angulo Ibáñez, Q., et al 2012; Toriac Corral, J., 2008).

Aproximadamente el 50% de la población mundial vive en viviendas hechas de adobe (Guettala A., et al 2006) y en regiones rurales de Colombia, las poblaciones campesinas lo emplean para construir sus hogares. Dicho material presenta baja tenacidad e inestabilidad frente a ambientes húmedos, lo cual constituye un riesgo si se toma en consideración que: 1) En el caso de Colombia, las áreas rurales más pobladas se encuentran en las regiones suroccidental y de los andes, zonas de elevada vulnerabilidad sísmica y 2) Los fenómenos

climáticos de nuestro país generan épocas intermitentes de calor y lluvia, que no favorecen la integridad de las viviendas de adobe. Por otro lado, la tierra como material de construcción no vulnera el medio ambiente y su procesamiento consume poca energía, a este respecto se ha comprobado que emplear materiales como el adobe en la construcción de viviendas reduce el consumo de energía en un 216% y el impacto del transporte de materiales en un 453% (Morel, J.C., et al 2001).

Estos aspectos de la crisis de índole social impuesta por las limitaciones económicas de una amplia porción de la población mundial obligan al estudio riguroso y sistemático del adobe, con el fin de superar sus raíces empíricas, dominar científicamente todos los aspectos del tema y conducir su aplicación práctica por las vías más racionales, económicas y seguras.

En este sentido este proyecto pretende a través de estudios mecánicos establecer mediante un modelo estadístico empírico la relación que existe entre las variables de proceso y las propiedades geotécnicas del suelo con el desempeño y durabilidad del adobe como material de construcción.

Esta tesis de maestría contó con el apoyo parcial del proyecto de investigación del Grupo de Materiales Compuestos (GMC) de la Universidad del Valle, proyecto denominado “Investigación de un material cementicio coeficiente para elementos de construcción de bajo costo” contrato FP44842-399- 2015, financiado por el PATRIMONIO AUTÓNOMO FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS- COLCIENCIAS”, el cual es dirigido por el profesor Silvio Delvasto Arjona, MSc., Ph.D.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 27**. Esta tesis, que fue apoyada parcialmente por el proyecto, fue evaluada y sustentada.

9.3. DESARROLLO DE UN MATERIAL EXTRUIDO CEMENTICIO REFORZADO CON FIBRAS DE CASCARILLA DE ARROZ E INTERFACIALMENTE DENSIFICADO PARA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Ing. César Augusto Cocuy Campo

Director

Ing. Silvio Delvasto Arjona Ph.D.

Co – Director

Ing. Holmer Savastano Jr. Ph.D.

Documento de Tesis Doctoral presentado como requisito parcial para obtener el título de
Doctor en Ingeniería área de énfasis en Ingeniería de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

Mediante esta investigación doctoral se desarrolló un material compuesto de matriz cementicia reforzado con fibra de cascarilla de arroz. Se logró el mejoramiento del desempeño de la cascarilla de arroz en su empleo en compuestos de matriz cementicia. Como tratamiento inicial, la cascarilla de arroz fue sometida a un proceso de desfibrilación mecánica, esto con el fin de mejorar la relación de aspecto de la misma. Este tratamiento sirvió de base para los demás tratamientos (pirolisis, pulpeo e impregnación con dos tipos de agente de acople tipo silano, y recubrimiento con cal). Morteros de cemento Portland fueron reforzados con un porcentaje de fibra de cascarilla de arroz de 1% en peso de cemento. Se encontró que los tratamientos en la fibra de cascarilla de arroz influyen de manera directa la capacidad del material compuesto de soportar cargas, siendo el recubrimiento con cal el más efectivos de todos. El tratamiento mecánico aplicado a la cascarilla de arroz confirió a esta una mejor relación de aspecto, y una mejor distribución en el tamaño de las fibras; las fibras sometidas a tratamiento de pulpeo químico mostraron un decrecimiento en la sección transversal, y un incremento en las propiedades mecánicas, un comportamiento similar mostró la fibra silanizada y la fibra recubierta con cal. Las fibras pirolizadas presentaron un decrecimiento insignificante en el área transversal como consecuencia de los cambios morfológicos y mecánicos que se efectuaron en la fibra. Se estudió el comportamiento reológico del material por medio de la técnica de reometría capilar. Para la obtención de las muestras se empleó el proceso de extrusión.

Palabras Claves: Cascarilla de Arroz; Material Compuesto; Extrusión; Proceso Hatschek; Tratamientos Superficiales

El documento completo de la presente tesis doctoral se encuentra en el **Anexo 9**. Esta tesis se encuentra en proceso de evaluación para posterior sustentación.

9.4. INVESTIGACIÓN DE UN ADITIVO PLASTIFICANTE DE MASAS ARCILLOSAS PARA LADRILLOS CERÁMICOS A PARTIR DEL JUGO DE FIQUE (FURCRAEA SPP)

Ing. Lida Patricia Paz Villegas

Director

Ing. Silvio Delvasto Arjona Ph.D.

Documento de Tesis Doctoral presentado como requisito para obtener el título de Doctor en Ingeniería área de énfasis en Ingeniería de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

En Colombia específicamente en el suroccidente, los campesinos tienen como fuente de sustento el beneficio de la planta de fique (*Furcraea spp*), esta planta es reconocida por su alto componente fibroso, este fenómeno ha permitido que Colombia sea el primer productor a nivel mundial de fibra de fique con una producción total anual de alrededor de 22.000 Ton. Siendo los departamentos de Cauca y Nariño los de mayor producción con el 64% de la producción nacional (MADR et al 2009; Jaramillo L., 2009; DNP 2007). Del proceso de obtención de la fibra se sabe que solo entre el 4 al 6% corresponde a la fibra, el resto es considerado como desecho y no se logra ningún beneficio del mismo y no se da ningún manejo a este desecho por lo que este es abandonado en los sitios que son escogidos para la extracción de la fibra ocasionando problemas de contaminación hídrica afectando disponibilidad de los recursos hídricos para consumo humano y animal (Preciado Marulanda, D. L., et al 2006; Rojas Salas, M. C., 2008; Bacca Erazo, D. J., 2012). Diferentes investigaciones han sido encaminadas para aliviar esta situación, estas han sido enfocadas en hacer estudios de valorización de residuos para hallar una aplicación a este tipo de desechos. Uno de los resultados de estas investigaciones encontró que específicamente el jugo de fique presenta propiedades tensoactivas, esto lo hace apropiado para ser usado como modificador reológico específicamente en pastas de cemento Portland y masas arcillosas (Mejía de Gutierrez, Ruby. 1990; Paiva, C. A., et al 1996; Quanbing, Y., et al 2000; Ochoa B, J. C., et al 2004, 2005; Jaramillo Z, L. Y., 2009. La presente investigación de tesis doctoral busca desarrollar un aditivo plastificante a partir del jugo del fique que permita solucionar los problemas relacionados con la etapa de secado (menores contenidos de

agua amasado, reducción de fisuras por contracción durante la eliminación de agua y disminución de consumo energético requerido en el proceso) en la fabricación de ladrillos.

Palabras claves: Aditivo de jugo de fique, masa arcillosa, ladrillos cerámicos, reología

La presente tesis doctoral se encuentra en ejecución. Se espera culmine en el año 2018.

10. TESIS DE PREGRADO REALIZADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO

En el Anexo 29 se encuentra la certificación institucional de la Universidad del Valle.

10.1. OBTENCIÓN DE CAL HIDRÁULICA PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO

Alexis Nodier Erazo Gallego
Iván Felipe Bedoya Trujillo

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Materiales

Director
Ing. Silvio Delvasto Arjona, MSc., Ph.D



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2016

RESUMEN

En este trabajo de investigación se utilizó una piedra caliza y ceniza de cascarilla de arroz (CCA), la cual fue utilizada para aportar sílice a la piedra caliza para aumentar su índice de hidráulidad. La caliza y ceniza de cascarilla de arroz fueron caracterizadas mediante fluorescencia de rayos X (XRF) y termogravimetría (TGA). La caliza, tal como venía de la mina, mostró un índice de hidráulidad de 0,31, es decir la cal producida con ella sería levemente hidráulica. La caliza fue molturada hasta un tamaño de partícula inferior a 0,075mm, el tamaño de partícula de la ceniza de cascarilla de arroz fue de 0,075mm. Posteriormente, bajo un diseño factorial, se realizaron tres adiciones de ceniza de cascarilla de arroz de 8, 11 y 14 % en peso con respecto a la caliza, y a cada una de estas mezclas se les realizaron 4 tratamientos térmicos en el cual se varió la temperatura de calcinación (1000 y 1100°C) y el tiempo de residencia en el horno (1 y 2 horas) con el fin de obtener una cal hidráulica adecuada para la fabricación de un concreto para aplicaciones que demanden bajas demandas en cuanto a resistencia mecánica. Se elaboraron concretos de cal hidráulica y de cemento Portland ordinario bajo las mismas condiciones de diseño con el fin de comparar sus propiedades mecánicas y físicas. El volumen del cemento en la dosificación fue reemplazado por el mismo de cal hidráulica. La densidad de los concretos de cal hidráulica fue más de un 19% inferior que los de cemento Portland. Los resultados arrojaron una resistencia a la compresión media de 7.9 MPa del concreto a base de cal hidráulica y de 12.9 MPa para el concreto de cemento Portland. Los concretos de cal hidráulica presentaron mayor permeabilidad y absorción, aunque con una absorción más

gradual de agua por capilaridad. Con base en los resultados obtenidos, los concretos de cal hidráulica podrían ser usados potencialmente en aplicaciones de menor especificación en resistencia a la compresión, tales como muros divisorios, bloques de mampostería, vías provisionales, entre otros.

Palabras Claves: Caliza, cal aérea, cal hidráulica, cemento Portland, concretos, índice de hidráulicidad.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 6**.

10.2. EVALUACION CINÉTICA DE VARIEDAD DE CALCÁREOS EN EL MUNICIPIO DE VIJES – COLOMBIA

Jhon Stiven Ocampo Torcido
Jhoan Sebastián Collazos Porras

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Materiales

Director
Ing. Silvio Delvasto Arjona, PhD

Codirector:
Ing. Jeset David Perea



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2016

RESUMEN

La presente comunicación muestra resultados de un estudio cinético hecho a calizas de yacimientos ubicados en el municipio de Vijes (Colombia). Se determinó la pérdida de peso, el gradiente de penetración, la variación en el grado de calcinación y la reactividad de la cal viva obtenida a partir de tres variedades de piedras calizas, designadas M.B; O.P y A.L. Los parámetros del proceso de calcinación fueron: la temperatura máxima de calcinación, entre 870°C-1080°C; el tiempo de sostenimiento, de 1 a 6 horas y la rata de calentamiento (5°C, 10°C y 15°C/min). Se propone un modelo matemático que relaciona la pérdida de peso y el gradiente de penetración con las variables tiempo, temperatura y rata de calentamiento. La temperatura máxima y tiempo de sostenimiento mostraron un efecto significativo sobre la piedra caliza de tipo calcítico, que tuvo en promedio una pérdida de peso después del proceso de calcinación del 38 al 40%. La rata de calentamiento no presentó un efecto significativo sobre la variable pérdida de peso ni sobre el gradiente de penetración. Las cales obtenidas de las piedras calizas denominadas M.B y O.P son clasificadas como cales aéreas tipo I y la que procede de la piedra A.L se clasifica como cal aérea tipo II o como cal hidráulica III. Las temperaturas de disociación del CaCO_3 , obtenidas mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) se encuentran en el rango entre 750°C y 770°C. En el análisis termogravimétrico (TGA), se aprecia que la descomposición de las rocas calcáreas

en CO₂ inicia a 450 °C y finaliza a 790 °C. La cal viva mostró una reactividad alta, R5. La reactividad tiende a mantenerse constante en el rango de temperatura de calcinación de 1020°C a 1080°C. Se concluye sobre la importancia de disponer de un modelo cinético para mejor control de las variables de procesamiento del material calcáreo de los yacimientos de Vijes, lo que redundará en mejor calidad de la cal obtenida.

Palabras Claves: Calizas, cal aérea, cal hidráulica, calcinación, cinética.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 12**.

10.3. LA CALIDAD DE LA CAL PRODUCIDA EN VIJES Y EL PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL

Elein Ramírez Marulanda, Código 1033396

Director

Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2016

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se realizó un estudio acerca de dos tipos de hornos para producción de cal, el primero, un horno colmena o intermitente y el segundo un horno de capas o semicontinuo. Los dos hornos se encuentran ubicados en el Municipio de Vijes, en el departamento del Valle del Cauca.

Como primer objetivo se realizó una evaluación y posterior análisis de la calidad de la cal producida en los dos tipos de hornos de diferente tecnología, comparando características físicas, químicas y térmicas, dando un enfoque acerca de cómo las variables de producción tienen incidencia directa sobre la calidad del producto. El segundo objetivo de este trabajo dio un enfoque a la eficiencia energética de ambos hornos, haciendo una comparación entre los mismos con el fin de determinar cuál de ellos presenta mejor comportamiento energético enfocado a distintas variables de producción. Para esta investigación se hicieron estudios detallados sobre morfología, operación, combustibles, producción, balance de masas y energías, pérdidas, rendimientos y eficiencias. Finalmente se llevaron a cabo propuestas sobre las mejoras que se consideran después de este estudio que deben realizarse en distintas variables del proceso, con el fin de mejorar la calidad de la cal producida. Los parámetros de mejora pueden ir enfocados desde combustibles, hasta morfología de los hornos.

Palabras claves: Cales, calizas, Vijes, hornos de cal.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 7**.

10.4. EVALUACION DE MORTEROS A BASE DE CAL- CEMENTO A PARTIR DE CAL PRODUCIDA EN VIJES

Gabriel Jaime Mejia Sanchez
Jorge Medrano Herrera

Director
Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D

Codirector:
Ing. Jeset David Perea

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2016

RESUMEN

El proyecto plantea trabajar en el mejoramiento de la cal producida en el sector de Vijes logrando promover y darle una mayor confiabilidad y eficiencia en la utilización de cal en aplicaciones de construcción. Además la falta de conocimiento en este tema puede dificultar la toma de decisiones e incorporar tecnologías que no sean adecuadas para nuestro país, pero se puede asegurar un mejoramiento en el producto sin tener que dejar a un lado la tecnología “artesanal” utilizada, por lo cual resulta conveniente no solo para intereses económicos resultantes de la optimización del producto obtenido en condiciones prácticas de uso y de producción misma, sino que también como ya se ha mencionado, se busca promover la calidad del producto de cal a partir de ensayos técnicos específicos.

Por lo cual este proyecto de grado propone evaluar morteros con una proporción arena tal como se utiliza en el medio, variando los porcentajes de sustitución de cemento por cal para aplicaciones de pega de ladrillo con la cal proveniente de los hornos de Vijes, con el fin de mostrar y resaltar la buena calidad del producto en cuestión, y de esta forma promover el sector en el ámbito de producción de cal.

Palabras claves: morteros bastardos, cal hidráulica, morteros de cemento Portland

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 1**.

10.5. EVALUACIÓN DE ADITIVOS NATURALES EN PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND

Victoria Eugenia Cerón Galvis

Director

Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D

Codirectora:

Ing. Lida Patricia Paz Villegas

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

La utilización de estos productos orgánicos como la papa, la cidra, papa y la reutilización del desecho del jugo de fique aportan una disminución del impacto ambiental generado por la producción de aditivos, ya que se utilizaran estos aditivos orgánicos como reemplazo de estos en mezclas de materiales compuestos de matriz cementicias. El principal objetivo será la obtención de los jugos naturales e incorporarlos como aditivos en pastas y morteros, estudiando su comportamiento en estado fresco y endurecido y evaluando sus propiedades, físicas, mecánicas y reológicas de estos aditivos orgánicos.

Los aditivos fueron incorporados en una proporción no superior al 5 % en masa con relación al contenido del cemento, con el objetivo de modificar las propiedades y características de la mezcla en estado plástico o endurecido, en nuestro caso se emplearon aditivos naturales y se analizar su comportamiento; la implementación y estudio de estos aditivos es de gran importancia, ya que de encontrarse la formulación adecuada que sustituya un aditivo sintético, reduciría el uso de los aditivos sintéticos, y sería más amigable con el medio ambiente, rentable y económico el uso de ellos.

Palabras claves: Aditivos naturales, pastas, OPC

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 4**.

10.6. ESTUDIO DE UN MICROCONCRETO NO CONVENCIONAL PARA APLICACIÓN EN UN FERROCEMENTO CON REFUERZO NO CONVENCIONAL

Gustavo Adolfo Acevedo Zapata
Diana Marcela López Meneses

Director
Silvio Delvasto Arjona, MSc, Ph.D

Co-Directora
Ing. Luz Mariela Murillo Ruiz

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

El sector de la construcción es el mayor usuario de recursos naturales en el mundo lo que afecta suelos y genera gran cantidad de desechos producto de sus actividades. Esto se ha convertido en un problema ambiental, debido a la falta de lugares para una adecuada disposición final de estos residuos, teniendo en cuenta que este proceso es realizado a campo abierto. La reutilización de estos desechos de construcción y demolición (RCD) se ha planteado como una alternativa para disminuir el impacto ambiental que generan. No solo los escombros generan deterioro ambiental, son muchas las actividades en donde este se ve presente, entre ellas, la obtención de la fibra de fique, proceso en el cual solo un 5% de la planta es aprovechado, lo que constituye la fibra, mientras el otro 95% que se conoce como jugo de fique se desecha en los suelos causando la contaminación de aguas subterráneas debido al contenido de productos tensoactivos que ocasionan la oclusión del aire.

La presente investigación tuvo como propósito la elaboración de un microconcreto con 10%, 15% y 20% en contenido de cal, agregados reciclados de la demolición los cuales se utilizaron como reemplazo del agregado fino (AFR), ladrillo reciclado como puzolana, y como aditivo, uno natural extraído del jugo de fique, lo que ayudará al concreto a tener una

buena fluidez para aplicación en ferrocementos reforzados con malla de fique, y para reemplazar el acero de refuerzo se utilizó bambú.

Palabras claves: Microconcreto, residuos de construcción y demolición, jugo de fique, cal, bambu, fibra de fique, cemento Portland

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 2**.

10.7. CONCRETO BASTARDO A PARTIR DE RESIDUOS DE DEMOLICION PARA BLOQUES.

Jeffry Alexander Gamboa Molina
Juan Ernesto Rojas Rojas

Director
Silvio Delvasto Arjona, MSc, Ph.D

Co-director
Ing. Yimmy Silva, MSc

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

El propósito del trabajo de grado es la fabricación de un concreto tipo bastardo (incorporado con cal hidráulica), utilizando como materiales de partida residuos de construcción y demolición (RDC), residuos de mampostería, fibras de refuerzo y una incorporación de aditivos naturales. Este material compuesto y de matriz cerámica, principalmente cemento portland y cal hidratada con proporciones menores del 20% en peso, residuo de mampostería como material puzolánico y jugo de fique, como aditivo plastificante natural, buscando de esta manera la posibilidad de obtener un material óptimo que pueda tener aplicación en bloques y ladrillos de construcción. El desarrollo de este trabajo tiene un gran impacto social y ambiental, debido a la reutilización de los residuos orgánicos e inorgánicos de naturaleza inerte.

Primero se experimentará y se estudiará sobre muestras pequeñas para después pasar a ensayar con especímenes más grandes. Para estas muestras con diferentes tiempos de curado, se les evaluarán algunas propiedades como su resistencia mecánica a la compresión y tracción indirecta, además de realizar estudios de permeabilidad y ensayos de humectación y secado.

Palabras claves: Concreto bastardo, residuos de construcción, material compuesto, material puzolánico, propiedades mecánicas.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 3**.

10.8. CONCRETO DE BAJA HUELLA DE CARBONO A PARTIR DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (RHA) Y RESIDUO DE CONCRETO Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA ELABORACIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Andres Bermúdez Párra
Jonathan Alexander Tovar

Director
Ing. Silvio Delvasto Arjona, MSc, Ph.D

Co-director
Ing. Yimmy Silva, MSc

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

Es evidente la gran demanda de concreto que hay en la actualidad, donde la mayoría de las estructuras habitacionales o empresariales requieren del uso de este material compuesto. La producción de concreto a nivel mundial contribuye en un alto porcentaje a la contaminación global debido al alto gasto energético tanto en la extracción de la materia prima como en el procesamiento de la misma. Es por eso, que en el marco de este proyecto se busca involucrar el aprovechamiento de un abundante residuo agroindustrial como la ceniza de cascarilla de arroz (RHA) que se encuentra en gran cantidad en departamentos como Meta, Casanare, Tolima, Huila y en otros en menor proporción como el Valle del Cauca; este residuo ha mostrado un incremento anual considerable, además de un bajo índice de degradabilidad natural lo que hace pertinente el uso de este residuo. Estudios previos que se presentan en los antecedentes han mostrado la viabilidad de sustituir ceniza de cascarilla de arroz por cemento portland ordinario (OPC) si esta se obtiene a una temperatura y tiempo adecuados, sin embargo, en el presente estudio se busca emplearlo como sustitución parcial de agregado fino(arena) en la fabricación de bloques para mampostería estructural.

De igual manera, se busca utilizar el residuo de construcción y demolición (RCD) como sustituto del agregado grueso, ya que a nivel regional se ha mostrado un gran volumen en

toneladas de este residuo que colocados de forma arbitraria generan focos de contaminación ambiental y visual.

Palabras claves: Ceniza de cascarilla de arroz, mampostería estructural, residuos de construcción y demolición

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 5**.

10.9. FABRICACIÓN DE PLACAS ONDULADAS DE CEMENTO REFORZADAS CON CASCARILLA DE ARROZ Y PULPA DE PAPEL PERIÓDICO

María del Pilar Gómez Ramírez
Stefania Pabón Sánchez

Director
Silvio Delvasto Arjona, MSc, Ph.D

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue desarrollar una mezcla óptima para la fabricación de placas onduladas de matriz cementicia reforzada con fibra de cascarilla de arroz (CA) tratada mecánica y químicamente, ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y pulpa de papel periódico (PP).

Con la intención de mejorar la adherencia de la CA en la matriz, se realizaron dos tratamientos, desfibrilación mecánica y pulpeo químico de tipo organosolvente (50% agua-50% Etanol), el líquido producto del pulpeo se caracterizó por medio de espectroscopia infrarroja (FTIR). La CA con y sin tratamiento químico fue analizada mediante ensayos de tensión según la norma ASTM D3822-07 y SEM, mostrando resultados de deslignificación en la superficie de la CA tratada químicamente. La PP se elaboró mediante un proceso de repulpeo convencional, está causó un efecto aligerante a la mezcla y adición de resistencia por las fibras de celulosa, además resalta su capacidad de absorción. El porcentaje de humedad de la PP se obtuvo mediante la norma TAPPI 412. La CCA utilizada para esta investigación no recibió tratamiento previo a mezclar, se realizó granulometría y densidad según las normas NTC 77 y ASTM C329 respectivamente, fue caracterizada y analizada mediante técnicas de DRX, FRX, SEM, EDS y granulometría láser.

Palabras claves: Ceniza de cascarilla de arroz, placas onduladas, pulpa de papel periódico.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 8**.

10.10. ESTUDIO DE UN RECUBRIMIENTO ELABORADO A PARTIR DE MICROSÍLICE PARA PLACAS DE FIBROCEMENTO

Diana Carolina Zuluaga Rosero
Miller Alexis Fernandez Ruiz

Director
Ing. Silvio Delvasto Arjona Ph. D.

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

En el sector agrícola de producción de granos, en especial al arroz se le realiza un proceso de descascarado para retirar la cascarilla, generando gran cantidad de material desechado. Una de las prácticas más frecuentes realizadas por los agricultores con el fin de eliminar este residuo es su quema en el campo, lo que genera emisiones al aire de altas concentraciones de contaminantes. Por otro lado, las industrias han implementado tecnologías para realizar combustión controlada de la cascarilla y aprovechar la energía generada, pero las cenizas obtenidas también traen problemas de contaminación.

La sílice obtenida de la cascarilla de arroz se caracterizó mediante fluorescencia de rayos x (FRX) dando una pureza del 94,3%, granulometría laser con un tamaño medio de partícula de 37,85 μm corroborado en microscopía electrónica de barrido (SEM) donde se pudo apreciar la morfología y tamaño de partícula, difracción de rayos x (DRX) verificando la naturaleza amorfa de la sílice, análisis termogravimétrico (TGA) para mirar el comportamiento de la muestra a elevadas, y por último el cálculo del área superficial y volumen de poros mediante el ensayo BET, dando un valor de 208,36 m^2/g .

Al recubrimiento se le evaluaron propiedades como adherencia, permeabilidad, conductividad térmica y análisis superficial; donde la principal característica fue la conductividad térmica dando un valor de 0,3250 W/mK, valor inferior al obtenido en una placa de fibrocemento sin recubrimiento, dándonos indicio de que el material puede ser usado como un aislante térmico.

Palabras claves: Recubrimiento, cascarilla de arroz, microsilice, fibrocemento,

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 14**.

10.11. OBTENCIÓN DE AGREGADOS LIGEROS A BASE DE ARCILLAS EXPANDIDAS Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETOS

Claudia Patricia Burbano García
Ana Sofía Hurtado Restrepo

Director
Silvio Delvasto Arjona, MSc, Ph.D
Co-director
Ing. Yimmy Silva, MSc

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieras de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo producir agregados gruesos ligeros, al expandir arcillas, a partir de la materia prima de una ladrillera de la región. Para ello se le adicionó a la arcilla un 25% en peso de agua y aceite lubricante para motor usado (aceite quemado-AQ), el cual es un residuo que favorece la expansión de la arcilla al someterlas a tratamientos térmico. Se realizaron diferentes muestras esféricas de arcilla con diferentes porcentajes de AQ como fueron 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% en peso de la arcilla, para posteriormente someterlas a cocción a diferentes temperaturas finales (950 °C, 1.000 °C, 1.050 °C y 1.100°C); buscando la mayor expansión, obteniendo que el porcentaje óptimo de aceite fue del 1% en peso y una temperatura máxima de 1.100°C para obtener un agregado de densidad de 1.151 kg/m³. A las arcillas expandidas, también se les evaluó la absorción, porosidad, succión capilar, resistencia a la compresión, al desgaste y se observó su estructura por medio de SEM.

Además, las arcillas expandidas se usaron como agregado grueso en un concreto diseñado para muros divisorios, haciendo reemplazos del 0, 25, 50 y 100 % del volumen del agregado grueso convencional, evaluando a 7 y 28 días con ensayos de compresión y tracción indirecta y a los 28 días, se midió su densidad, absorción, porosidad, succión capilar y se observó su microestructura por medio de SEM.

Palabras clave: Arcillas expandidas, agregado grueso ligero, concreto ligero.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 16**.

10.12. METODOLOGÍA DE OBTENCIÓN DE PUZOLANAS A PARTIR DE MATERIALES ARCILLOSOS DIVERSOS PARA SU APLICACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO

Luis Guillermo Trujillo Gutiérrez
María del Mar Navia Solís

Director
Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

Los materiales cementicios suplementarios han tenido un gran progreso en las últimas décadas debido al excelente uso que le están dando como sustitutos del cemento, generando así una mayor rentabilidad tanto ambiental como económica.

En este trabajo se buscó obtener una metodología a través de un tratamiento térmico que llevara a la obtención de un material arcilloso altamente reactivo a partir del uso de arcillas provenientes de dos diferentes ladrilleras. Los resultados mostraron, según el tipo de arcillas utilizadas, que el tratamiento térmico adecuado fue a 750 °C, con un tiempo de sostenimiento de 5 horas y una velocidad de enfriamiento rápida (en agua). Lo anterior fue comprobado con la fabricación de morteros de cemento, sustituyendo este material puzolánico en un 20%. Este tratamiento generó la mayor reactividad puzolánica usando la arcilla proveniente de la ladrillera La Palmita, ubicada en el municipio de La Tebaida. Además, las condiciones experimentales utilizadas demostraron en gran medida que un alto contenido de caolinita en las arcillas es de vital importancia al momento de obtener un material arcilloso altamente reactivo a partir de un tratamiento térmico adecuado.

Palabras claves: Arcillas, puzolana, tratamiento térmico

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 17**.

10.13. ELABORACIÓN DE LADRILLOS AISLANTES TÉRMICOS DE BAJA DENSIDAD A PARTIR DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ MEDIANTE EL PROCESO SOL-GEL

Hever Steven Acosta Fernández
Carlos Mario Sierra Pérez

Director
Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Materiales



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2016

RESUMEN

En esta investigación se buscó fabricar un aislante térmico utilizando como materia prima ceniza de cascarilla de arroz, aplicando para su obtención, un proceso sol-gel empleando almidón de yuca como agente de consolidación y generador de poros. Para la caracterización de las materias primas se realizaron ensayos de granulometría laser, difracción de rayos X, termogravimetría, pérdida al fuego, microviscoamilografía y fluorescencia de rayos X. Para la fabricación de las muestras se analizó el efecto del contenido de almidón obteniendo que con valores menores a 10% no gelifica adecuadamente la suspensión, mientras que con valores superiores a 30% las contracciones durante secado generan fisuración en las muestras. Por medio de la evaluación de las propiedades mecánicas se obtuvo una resistencia máxima de 4,040 MPa y una resistencia mínima de 0,905 MPa correspondientes a las muestras con un contenido de 10% de almidón y 10% de feldespatos (10A10F) y 30% de almidón y 5% de feldespatos (30A5F) respectivamente. La conductividad fue de 0,2447 WmK y 0,2474 WmK para las muestras 10A10F y 10A5F respectivamente y por medio del ensayo de resistencia a la llama se obtuvo que para la muestra 10A5F el gradiente de temperatura de aproximadamente 630 °C y para la muestra 10A10F aproximadamente 616 °C, sin presentar ningún tipo de daño estructural. Por medio del SEM se observó la presencia de poros de forma irregular, interconectados y distribuidos de forma homogénea, además de esto se evidenció la formación de una red sólida interconectada.

Palabras claves: Sol gel, almidón de yuca, ceniza de cascarilla de arroz, ladrillos refractarios

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 13**.

10.14. ELABORACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE YESO Y REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE OBTENIDO POR EXTRUSIÓN

Felipe Paramo Parra
Jesus Enrique Rivera Giraldo

Tutor
Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

En este trabajo de grado se evaluó la factibilidad de emplear la fibra de hoja de fique como reforzante en una matriz adicionada de yeso comercial para la fabricación de elementos constructivos por medio del proceso de extrusión. Se desarrollaron materiales compuestos de yeso fibrorreforzados con diferentes porcentajes en peso (0,5% y 1%) de fibras cortas (longitud fibra = 6mm) orientadas al azar y 8% en peso de arcilla de alta plasticidad (Montmorillonita). Donde de manera previa se llevó a cabo un proceso de caracterización de las materias primas – fibra de fique, yeso, adiciones.

Las mezclas con posibilidad de extrusión, con relación R, agua/yeso de 0,32 a 0,35, se mezclaron con los porcentajes de fibra en peso (0,5% y 1%) y se extruyeron en el montaje de reómetro capilar de la máquina de ensayos INSTRON 3369. Por medio de la caracterización de estas muestras mediante ensayos mecánicos de resistencia a la flexión y compresión, densidad aparente e índice de plasticidad indirecta por Método Moore, se determinó que la mejor mezcla para extruir en la extrusora de tornillo Ultra Dual Wave Auger de desaireado Pug Mill, es la R33F05, R=0,33, adición de fibra en peso de 0,5%. El índice de plasticidad Moore de esta mezcla fue de $I_p=0,32$ y fue el más cercano al índice de plasticidad de una arcilla extruible ($I_p=0,8$) reportado por Gines et al., (1996).

Los resultados de los ensayos de resistencia mecánica a la flexión y compresión de la mezcla R33F05 extruida por reómetro capilar fueron 3,97 MPa y 1,38 MPa respectivamente. La densidad aparente fue de 1,14 gr/cm³. Luego se procedió a extruir esta mezcla (R33F05) en la extrusora de tornillo doble y se caracterizó mediante ensayos mecánicos de resistencia a la flexión y compresión, los resultados de estos ensayos fueron 0,84 MPa y 1,62 MPa. El análisis de la microestructura del material compuesto y la interfaz de la matriz de yeso y la fibra de fique se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). En las imágenes SEM se pudo notar que la matriz del material compuesto de yeso

resultante presenta una estructura porosa y que la fibra presenta una buena adherencia a la matriz.

Palabras claves: Fibra de fique, Matriz de yeso, Extrusión.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 18**.

10.15. PROPIEDADES DE LADRILLOS CERÁMICOS DE ARCILLA Y CAL

Michael Andrés Gómez Rivera

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE
MATERIALES

DIRECTOR

ING. SILVIO DELVASTO ARJONA, MSc, PhD.

CO- DIRECTOR

ING. CESAR AUGUSTO COCUY CAMPO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MATERIALES
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el efecto que tiene la adición de cal sobre el proceso de extrusión y las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de arcilla cocida. La materia prima se caracterizó mediante técnicas de difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, hidrometría, y granulometría laser. Se estudió el efecto de la cal sobre la plasticidad y los parámetros de extrusión con adiciones hasta un 15 %. Se realizaron pruebas de dilatometría y TGA-DSC para observar el comportamiento térmico en cocción de la arcilla con adición hasta el 15 %. Se sistematizó el proceso de extrusión de ladrillos en una extrusora a escala de laboratorio. Se conformaron ladrillos por extrusión con adición de cal hasta el 4 %. Fueron estudiadas propiedades físicas como absorción, porosidad, tasa inicial de absorción, densidad y contracción lineal, y propiedades mecánicas como resistencia a la flexión y resistencia a la compresión de los ladrillos en estado verde y cocido. Se sometieron ladrillos cocidos a una atmósfera saturada en CO₂ para verificar la reacción de carbonatación por medio de SEM-EDS y se evaluó el efecto sobre la resistencia a la compresión.

El documento completo del presente trabajo de grado se encuentra en el **Anexo 26**.

11. JÓVENES INVESTIGADORES (CONVOCATORIA COLCIENCIAS) QUE CONTARON CON FINANCIACIÓN DEL PROYECTO PARA GASTOS DE EXPERIMENTACIÓN

En el Anexo 30 se encuentra la certificación institucional de la Universidad del Valle

11.1. OBTENCIÓN DE NANOSÍLICE A PARTIR DE LA CASCARILLA DE ARROZ POR MÉTODO SOL- GEL PARA APLICACIÓN EN MORTEROS DE CEMENTO

Ing. Eliana Rodríguez Cabrera

Convocatoria Nacional para jóvenes Investigadores 2015
Plan de Investigación

Tutor

Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

Existe un gran interés por mejorar las propiedades del mortero y el concreto, por esta razón en la actualidad se han realizado múltiples investigaciones sobre la actualización de subproductos que mejoren algunas de las propiedades del concreto, variando dosificaciones, sustituyendo o adicionando materiales. Con la ceniza de la cascarilla de arroz se espera obtener nano sílice para mejorar notablemente las propiedades físicas y químicas de los morteros.

La cascarilla de arroz, es un material de desecho agroindustrial de bajo costo que será utilizado para producir nano sílice. El objetivo de este trabajo es optimizar las condiciones para la obtención de una ceniza de cáscara de arroz del cual se extraerá la nano-sílice utilizando un método sol-gel. Se estudiarán las propiedades de la nano sílice, que será aplicada en morteros de cemento. Se demostrarán los beneficios de la utilización de un material nanotecnológico en estos materiales para la construcción.

Palabras claves: nano sílice, sol-gel, cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla de arroz, cemento portland, morteros.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 10**.

11.2. CONCRETO LIGERO CON CASCARILLA DE ARROZ MODIFICADA PARA LA ELABORACIÓN DE PLACAS DIVISORIAS

Ing. Norman Andrés Álvarez Jaramillo

Convocatoria Nacional para jóvenes Investigadores 2015
Plan de Investigación

Tutor

Ing. Silvio Delvasto Arjona MSc., Ph.D



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATERIALES COMPUESTOS
SANTIAGO DE CALI
2017

RESUMEN

En el presente informe se presenta los resultados obtenidos en el desarrollo de un concreto ligero con adición de fibras de cascarilla de arroz modificadas superficialmente para el desarrollo de placas divisorias. Para esto, se realizó a la cascarilla de arroz un proceso de limpieza y molienda por vía seca con el fin de mejorar la relación de aspecto. Después se aplicaron tratamientos termoquímicos con el fin de desarrollar superficies óptimas y así lograr una mejora en los patrones de anclaje. Los tratamientos térmicos y químicos en las adiciones de fibra mostraron una tendencia a incrementar el módulo de ruptura con respecto del compuesto reforzado con fibra virgen, siendo mayor los valores obtenidos para las pulpeadas a 28 días.

Palabras claves: concretos ligeros, concretos fibrorreforzados, cascarilla de arroz.

El documento completo de la presente tesis se encuentra en el **Anexo 11**.

ANEXO 30- CERTIFICACIÓN TESIS DE MAESTRÍA, DOCTORADO Y JOVENES INVESTIGADORES DIRIGIDOS



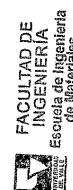
Santiago de Cali. 20 de octubre de 2017

Srs. COLCIENCIAS

Ref. Certificación de tesis de estudiantes de Maestría y Doctorado, y de jóvenes investigadores dirigidos por el profesor Silvio Delvasto Arjona.

Por medio de la presente, en el cuadro inferior, se relacionan los estudiantes de Maestría y de Doctorado en Ingeniería Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle y Jóvenes Investigadores que contaron con el apoyo del proyecto "Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo" contrato FP44842-399- 2015, financiado por el PATRIMONIO AUTONOMO FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS- COLCIENCIAS.

NO.	NOMBRE ESTUDIANTE	C.C.	TÍTULO TESIS	PROGRAMA	STATUS
1	Jeset David Perea Duque	1112463501	Estudio sobre la estabilización química de suelos para la elaboración de bloques de adobe reforzados con fibras vegetales	Maestría en Ingeniería Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales	Sustentó y Finalizó
2	Luz Mariela Murillo Ruiz	1130639135	Investigación de un material geopolimérico obtenido a partir de escombros de pisos y revestimientos para fabricar bloques estructurales	Maestría en Ingeniería Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales	Sustentó y Finalizó
3	Juan David Pardo Estrada	94543352	Obtención de nanomateriales síliceos a partir de ceniza de cascarilla de arroz por procesos hidrotermales y de solo gel.	Maestría en Ingeniería Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales	Activo. En ejecución
4	Cesar Augusto Cocuy Campo	94074334	Desarrollo de un material extruido cementicio reforzado con fibras de cascarilla de arroz e interfacialmente densificado para elementos constructivos	Doctorado Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales	Tesis en evaluación para sustentación posterior.
5	Lida Patricia Paz Villegas	66988171	Obtención de un aditivo modificador reológico a partir del jugo de fique para ser	Doctorado Área de Énfasis en Ingeniería de	Investigación doctoral en ejecución



Universidad del Valle- Facultad de Ingeniería- Escuela de Ingeniería de Materiales
Ciudad Universitaria- Meléndez – Apartado 25360
Teléfono – 57 2 3302436
ingenieria.materiales@correounivalle.edu.co
Cali, Colombia

			empleado en la fabricación de bloques estructurales de arcilla cocida	Materiales	
6	Yimmy Fernando Silva Urrego	1130617432	Investigar las propiedades de durabilidad de concretos autocompactantes sostenibles elaborados con <i>fillers</i> de cerámica roja y agregado grueso de concreto reciclado	Doctorado en Ingeniería Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales	Investigación doctoral en ejecución
7	John Alexander Torres León	1144140499	Obtención de whiskers de mullita con base en precursores de residuos agroindustriales (cáscara de café y cascarilla de arroz)	Doctorado en Ingeniería Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales.	En preparación de propuesta de investigación doctoral

JOVENES INVESTIGADORES CONVOCATORIA COLCIENCIAS 2016- 2017

1	Eliana Rodríguez Cabrera	1144050270	Obtención de nanosilíce a partir de la cascarilla de arroz por método sol- gel para aplicación en morteros de cemento	Joven investigador 2016 a 2017	Finalizó
2	Norman Andrés Álvarez Jaramillo	1112471802	Concreto ligero con cascarilla de arroz modificada para la elaboración de placas divisorias	Joven investigador 2016 a 2017	Finalizó

Atentamente,


Ruby Mejía de Gutiérrez, MSc, PhD.



Profesora Titular

Coordinadora Postgrado en Ingeniería Área de Énfasis en Ingeniería de Materiales

Universidad del Valle- Facultad de Ingeniería- Escuela de Ingeniería de Materiales
 Ciudad Universitaria- Meléndez – Apartado 25360
 Teléfono – 57 2 3302436
ingenieria.materiales@correounivalle.edu.co
 Cali, Colombia

ANEXO 29- CERTIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE TRABAJOS DE GRADO DIRIGIDOS



Santiago de Cali. 20 de octubre de 2017

Srs. **COLCIENCIAS**

Ref. Certificación de trabajos de grado (tesis) de estudiantes de Ingeniería de Materiales dirigidos por el profesor Silvio Delvasto Arjona.

Por medio de la presente, en el cuadro inferior, se relacionan los estudiantes de ingeniería de materiales de la Universidad del Valle y sus trabajos de grado (tesis) que finalizaron y contaron con el apoyo del proyecto "Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo" contrato FP44842-399- 2015, financiado por el PATRIMONIO AUTONOMO FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS- COLCIENCIAS.

No.	NOMBRE	CÓDIGO	CEDULA	TÍTULO TRABAJO DE GRADO	FINALIZACIÓN TESIS Y GRADO
1	Eleín Ramírez Marulanda	1033396	1144128479	La calidad de la cal producida en Vijes y el proceso de producción artesanal.	Primer semestre de 2016
2	Iván Felipe Bedoya Trujillo	1036466	1144050550	Obtención de cal hidráulica para la fabricación de concreto	Primer semestre de 2016
3	Alexis Nodier Erazo Gallego	1131621	1107071029		
6	John Steven Ocampo Torcido	1044161	1144051619	Evaluación cinética de variedad de calcáreos en el municipio de Vijes – Colombia	Primer semestre de 2016
7	Jhoan Sebastián Collazos Porrás	1038274	1144034012		
8	Gabriel Jaime Mejía Sánchez	0743451	1112461515	Evaluación de morteros a base de cemento – cal, a partir de cal producida en Vijes	Primer semestre de 2016

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería de Materiales

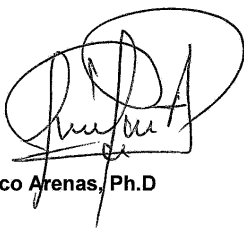
Universidad del Valle- Facultad de Ingeniería- Escuela de Ingeniería de Materiales
Ciudad Universitaria- Meléndez – Apartado 25360
Teléfono – 57 2 3302436
ingenieria.materiales@correounivalle.edu.co
Cali, Colombia

9	Jorge Medrano	0826450	1144040446		
10	Luis Guillermo Trujillo Gutiérrez	1224784	1.143848.606	Metodología de obtención de puzolanas a partir de materiales arcillosos diversos para su aplicación en la producción de morteros de cemento	Primer semestre de 2017
11	María del Mar Navia Solís	1227782	1151954751		
12	Victoria Eugenia Cerón Galvis	1524354	34615664	Evaluación de aditivos naturales en pastas y morteros de cemento portland	Primer semestre de 2017
11	Gustavo Adolfo Acevedo Zapata	1531005	1144024596	Estudio de un microconcreto no convencional para aplicación en un ferrocemento con refuerzo no convencional	Segundo semestre de 2017
12	Diana Marcela López Meneses	1037350	1130680447		
13	Jeffry Alexander Gamboa Molina	1229528	114389394	Concreto bastardo a partir de residuos de demolición para bloques.	Segundo semestre de 2017
14	Juan Ernesto Rojas Rojas	1128038	1144160686		
15	Andrés Bermúdez Parra	1130759	1144032369	Concreto de baja huella de carbono a partir de ceniza de cascarilla de arroz (RHA) y residuo de concreto y demolición (RCD) para elaboración de bloques para mampostería estructural	Segundo semestre de 2017
16	Jonathan Alexander Tovar	1037716	1144029894		

17	María del Pilar Gómez Ramírez	1131404	1144066275	Fabricación de placas onduladas de cemento reforzadas con cascarilla de arroz y pulpa de papel periódico	Segundo semestre de 2017
18	Stefania Pabón Sánchez	1131567	1144171145		
19	Diana Carolina Zuluaga Rosero	1126606	1144063549	Estudio de un recubrimiento elaborado a partir de microsilíce para placas de fibrocemento	Segundo semestre de 2017
20	Miller Alexis Fernández Ruiz	1133506	1112482161		
21	Claudia Patricia Burbano García	1127703	11444187887	Obtención de agregados ligeros a base de arcillas expandidas y sus efectos en las propiedades físicas y mecánicas de concretos	Segundo semestre de 2017
22	Ana Sofía Hurtado Restrepo	1225792	1144082776		
23	Luis Guillermo Trujillo Gutiérrez	1224784	1.143848.606	Metodología de obtención de puzolanas a partir de materiales arcillosos diversos para su aplicación en la producción de morteros de cemento	Primer semestre de 2017
24	María del Mar Navia Solís	1227782	1151954751		
25	Hever Steven Acosta Fernández	201044212	1151949018	Elaboración de ladrillos aislantes térmicos de baja densidad a partir de ceniza de cascarilla de arroz mediante el proceso sol-gel	Primer semestre de 2017
26	Carlos Mario Sierra Pérez	1037590	1144030396		

27	Felipe Paramo Parra	1326931	1107047519	Elaboración de un material compuesto con matriz de yeso y reforzado con fibra de fique obtenido por extrusión	Segundo semestre de 2017
28	Jesús Enrique Rivera Giraldo	200932673	1125270611		
29	Michael Andrés Gómez Rivera	0931174	1113657084	Propiedades de ladrillos cerámicos de arcilla y cal	Segundo semestre de 2017

Atentamente,



Fernando Franco Arenas, Ph.D

Profesor

Director Programa Académico de Ingeniería de Materiales

12. DIFUSIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

12.1. 6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE

Resultados de la investigación se presentaron en el Congreso internacional: 6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE, que se celebró en Cali entre el 27 y el 29 de abril de 2016. El investigador principal del proyecto fue el organizador y Chairman del Congreso. Se elaboró y publicó el libro de Memorias con ISBN 978-958-59544-0-3. El congreso contó con la participación de más de 30 conferencistas, varios internacionales, y 80 ponencias, que se incluyen en el libro electrónico que contiene las memorias del Congreso, y del cual el profesor Silvio Delvasto Arjona, fue organizador y chairman. El texto completo del libro se encuentra en el ANEXO 28.

Materiales Sostenibles para un Mundo Viviente Sustainable Materials for a Living World

PROCEEDINGS OF THE
6TH AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS AND
SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE

April 27 - 29th 2016. Cali, Colombia.



EDITOR: *Track Comunicación*

COMITÉ ORGANIZADOR:

Silvio Delvasto.

Ruby Mejía de Gutiérrez.

Ricardo Hincapié.

Holmer Savastano Jr.

Raimundo Pereira de Vasconcelos.

Materiales Sostenibles para un Mundo Viviente Sustainable Materials for a Living World

EDITOR: *Track Comunicación*

COMITÉ ORGANIZADOR:

Silvio Delvasto Arjona (Universidad del Valle, Colombia, Colombia),
silvio.delvasto@correounivalle.edu.co

Ruby Mejía de Gutiérrez (Universidad del Valle, Colombia; RILEM member),
ruby.mejia@correounivalle.edu.co

Ricardo Hincapié Aristizabal (Universidad del Valle, Cali, Colombia),
ricardo.hincapie@correounivalle.edu.co

Holmer Savastano Jr. (USP/ Pirassununga, Sao Paulo, Brazil), holmersj@usp.br

Raimundo Pereira de Vasconcelos (UFAM, Brazil), vasconcelos@ufam.edu.br

ISBN 978-958-59544-0-3

Memorias de 6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and
SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE. 27 al 29
de abril de 2016.

*Proceedings of the 6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and
SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE. April
27- 29th, 2016.*

Esta publicación podrá ser reproducida, almacenada o distribuida solamente, en cualquier forma y medio, con permiso previo y por escrito del editor, Track Comunicación. El uso que se haga de nombres y marcas registradas en esta publicación está sujeto a las leyes y regulaciones de propiedad intelectual. Con respecto a la exactitud de la información contenida en este libro, los editores no aceptan responsabilidad legal alguna debida a error u omisión en el contenido del libro. El manuscrito correspondiente a cada ponencia pertenece al autor o autores de ella.

The content of this book may be reproduced, saved or distributed by any publishing medium only with permission of the editor, Track Comunicacion. The use in this publication of registered names and brands is subjected to laws, rules and regulations of intellectual property. With respect to the accuracy of any type of information presented in this book, the editors do not accept any legal responsibility due to error or omission in the content of the book. Each manuscript of the content of this book belongs to the authors of it.

CRÉDITOS A ORGANIZADORES Y PATROCINADORES ACKNOWLEDGEMENT TO PARTNERS AND SPONSORS

Universidad del Valle (Cali, Colombia).

Universidade de São Paulo (USP, Brazil).

Universidade Federal do Amazonas (UFAM, Brazil).

Centro de Investigaciones Territorio Construcción y Espacio (CITCE, Facultad de Artes Integradas, Universidad del Valle, Colombia).

Grupo Materiales Compuestos (GMC, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Materiales, Universidad del Valle, Colombia).

Núcleo de Pesquisa em Materiais para Biosistemas (USP, Brazil).

Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM, Universidad del Valle).

Latin- American Regional Group of RILEM (Lat-RILEM).

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS, Colombia).

Proyecto “Arte, Cultura y Dialogo de Saberes”. Los hornos de cal de Vijes (Valle del Cauca) y sus oficios: un patrimonio material e inmaterial por recuperar y salvaguardar. Código 110660 938036 de Colciencias.

Proyecto “Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo” apoyado por COLCIENCIAS, contrato FP44842-399-2015.

Proyecto “HYBRICEMENT, Conglomerantes portland híbridos de bajo potencial de CO₂, basados en minerales y subproductos industriales”. Código Colciencias 1107-569-34579.

Proyecto “PUZOGEOH- Nuevos cementantes con baja huella de carbono basados en puzolanas naturales colombianas”. Código Colciencias 1106-592-36562.



PRÓLOGO

La dependencia del humano de los materiales es inevitable, por naturaleza. Desde la aparición de la raza humana inevitablemente había contacto con los materiales: Había que protegerse del frío, aparece el uso de las pieles y cortezas, luego textiles; había que protegerse de las inclemencias del tiempo, se tallan las rocas para tener cavernas; había que fabricar herramientas para cazar o guerrear, se talla la piedra. Luego, pasando el tiempo, había que comunicarse, se talla la piedra para obtener estelas, tal como el Código de Hammurabi. La necesidad estaba allí, era, es y será inherente al hombre, en relación con el mismo, con sus semejantes y con su hermana naturaleza. ¿Qué es lo que cambia? Sin duda, los materiales.

Los tipos de materiales que usaba el hombre, hasta hace dos centurias, para cualquier finalidad, no son los mismos que se usan ahora. Se dependía de materiales de origen natural, hoy se depende, en gran parte de materiales sintéticos, es decir de aquellos que el hombre ha agregado a su acervo. Se dispone hoy de una variedad significativa de materiales, y cada día aparecen más. Es impensable sobrevivir hoy sin el uso de estos materiales antinaturales, llamándolos así al no ser parte de la naturaleza. Los medios de transporte, los medios de comunicación, la infraestructura civil y energética, los sistemas de seguridad, los medios de producción agrícola, minera e industrial, la producción y distribución alimentaria, la salud y sus medios, todos estos conforman el sistema de vida del hombre moderno, y este sistema depende, en gran medida, de los materiales sintéticos.

La elevada producción de materiales sintéticos, que en buena parte no se descomponen y por lo tanto no se integran a la naturaleza, lleva implícita su obsolescencia y su desaparición, en la medida que sus fuentes son finitas. De allí, la responsabilidad hacia las nuevas próximas generaciones de que en la finitud no comprometa su calidad de vida, y peor aún, su sobrevivencia. Por ello, se debe cambiar el basamento de las materias primas, aumentar significativamente el desarrollo de las tecnologías de reciclaje, optimizar el desempeño de los elementos constructivos, en su amplia acepción de cualquier tipo, haciendo selección apropiada, diseños optimizados en el consumo de masa y de energía usando índices de desempeño con enfoques hacia la amenidad con el medio ambiente; tener presente en estos la noción de sustentabilidad en varios sentidos, la manera como los humanos se actúa con respecto a la naturaleza, la responsabilidad ética y de justicia en el largo plazo hacia las generaciones futuras y la eficiencia económica, sin daño ambiental al reducir, ojala a cero, el desperdicio en los servicios y bienes como también en los substitutos y complementos de las manufacturas. Sin embargo, poniendo los pies en la tierra, las medidas para abatir o compensar daños ambientales realmente si están más allá de un precio, que tiene costos monetarios, y los recursos económicos disponibles son siempre limitados. La posibilidad que la polución inhiba directamente el crecimiento económico fue sugerida en 1982 en el reporte MIT para el Club de Roma "Limits to Growth", y ya se ve con el calentamiento global, que no solamente inhibe el crecimiento sino que está poniendo en riesgo la existencia de los seres al nivel global, en la medida en que no hay polución o afectación que sea solamente local o se circunscriba a escalas regionales, Katrina también es consecuencia de la polución en China y el origen del tifón Soudelor también está relacionado con derrames

de petróleo en el Golfo de México, así somos de interdependientes, que no hay responsabilidades únicas.

Por otro lado, el impacto del crecimiento económico sobre el ambiente está relacionado con el incremento en la extracción y consumo de todo tipo de materiales. Sobre la base que hay que proveer de estos a una población mundial creciente, que en el año 2011 alcanzó 7,000 millones y para 2050 se espera que más de 9,000 millones de personas se alimenten, se vistan, se transporten, y se alberguen. Este crecimiento, unido al desarrollo económico creciente harán que se requieran incrementos masivos en el consumo de recursos naturales. Una solución racional, además de incluir en el análisis de contexto, al Hábitat Social, es introducir en los procesos de producción el concepto de los materiales verdes, que son aquellos en que su aplicación en obras de ingeniería y de arquitectura, en el estado de la tecnología presente, son los más eficientes en índices de consumo energético, de agua, de reciclabilidad, de uso racional de recursos minerales, y con el máximo aprovechamiento de recursos renovables naturales y de residuos industriales, agroindustriales, domiciliarios, de construcción y demolición, y mínimo en generación de residuos. Su sustentabilidad nace de ello. El futuro del planeta y por lo mismo de la humanidad será cierto y optimista en la medida que los materiales sustentables, es decir verdes, sean la base de la producción bajo cualquier sistema económico en cualquier lugar del planeta, la interdependencia de los ecosistemas lo urgen, sabemos que las arenas del Sahara fertilizan al Amazonas, seguramente también al Pacífico, pues como dice el refrán chino: No se puede deshojar una flor sin perturbar una estrella.

ÍNDICE (INDEX)

Portada (Cover)	
Página Legal (Legal Page)	
Créditos (Acknowledgements)	i
Prólogo (Prologue)	ii
Índice (Index)	iv
Introducción (Introduction)	viii

Parte 1 - Hábitat Social Part 1 - Social Habitat

1 A2	Assessment of the Bond between the Concrete and the Splint of Bamboo Strengthened on the Nodes <i>Jorge Luis Akasaki, Pedro Caio Barreto Angelotti, Nayra Yumi Tsutsumoto, José Luiz Pinheiro Melges, José Fernando Moretti, Mauro Mitsuuchi Tashima</i>	2
2 A3	Bamboo Housing – Evaluation of the Component's Decay After 17 Years of Exposure <i>Antonio Ludovico Beraldo</i>	17
3 A5	Influencia de la interacción sustrato-vegetación en la retención hídrica y la reducción de temperatura en canteros experimentales de cubiertas naturadas extensivas <i>Marifeli Batlle Avilés, María Luisa Rivada Vázquez</i>	25
4 A6	Community-based intervention for urban infrastructure through the technique of self-construction based on PET bottles and mortar <i>Andrés Fernando Guzmán, Marianella Bolívar Carbonell, Edgard David Rincón Quijano, Katherine Tapias Valest</i>	43
5 A8	Finite element analysis of piles under lateral loading in <i>Guadua angustifolia</i> retaining walls for frictional soils <i>Sebastián Arango Serna, Manolo Galván Ceballos</i>	50
6 A9	Caracterización de materiales en el Patrimonio Histórico. El caso de las columnas romanas de Écija, Sevilla- España <i>María Isabel Turbay Varona</i>	67
7 A10	Estado del arte de la sustentabilidad de la Arquitectura Regional de Bahareque de Guadua en el Eje Cafetero de Colombia <i>Carlos Eduardo Rincón González, Jorge Augusto Montoya Arango</i>	88



8 A12	Appropriate Tech in Building Construction. Rethinking traditional and vernacular systems <i>Montserrat Bosch González, Joan Ramon Rosell i Amigó</i>	106
9 B4	Adobes stabilized with “synthetic termite saliva” and particles of bamboo and sugarcane bagasse <i>Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa, Thiago de Paula Protásio, Gustavo Henrique Denzin Tonoli, Lourival Marin Mendes</i>	118
10 B21	An extraction methodology of <i>Guadua angustifolia</i> bamboo fibers <i>Patricia Luna Tamayo, Juan Lizarazo-Marriaga</i>	124
11 B16	Madera Plástica Producida a Partir de Residuos Sólidos Hospitalarios <i>Juan Felipe Lozano, Juan Sebastián Rivas, Pablo Cesar Manyoma</i>	133
12 B32	Alkali modifications of wood and non-wood fibers from the Amazonian region: crystalline and thermal properties <i>Dhimitrius Neves Paraguassu Smith de Oliveira, Lina Bufalino, Pedro Ivo Cunha Claro, Gustavo Henrique Denzin Tonoli, Lourival Marin Mendes, José Manoel Marconcini</i>	141

Parte 2 - Matrices y Materiales Compuestos

Part 2 - Matrices and Composite Materials

13 E1	Behavior of ceramic bricks added with a secondary lead smelting slag: Industrial test <i>Jessica Santacruz Torres, Juan Sebastian Giraldo Armilla, Janneth Torres Agredo, Sergio Gallego Restrepo, Fernando Álvarez Hincapié</i>	152
14 B3	Electrospinning of Silk Fibroin Obtained from Colombian Silk Fibrous Waste and Their Potential Applications as Biomaterials <i>Ángel Daniel Ríos, Simón Sánchez Díaz, Catalina Álvarez López, Luis Javier Cruz, Adriana Restrepo Osorio</i>	159
15 E3	Análisis de las Propiedades Mecánicas del Morteros Implementando el 0%, 30%, 70% y 100% de Reemplazo del Agregado Fino por Residuos de Granalla de Acero <i>Álvaro Méndez, Carlos Daza and Hernando Cabrera, Pacheco Carlos, Guzmán Andrés</i>	167
16 B5	Uso de Fibras Artificiais em Compósitos à Base de Solo-Cimento Autoadensável para Aplicação em Paredes de Edificações <i>Ana Paula da Silva Milani, João Gabriel Santana Paz, Flávia Gaspar Rangel Dias</i>	178
17 B7	Estudo das Interações Físico-químicas das Misturas de Solo-cimento e Aditivo Superplastificante <i>Ana Paula da Silva Milani, Carolina Inácio da Silva</i>	188



18 E7	Using an Artificial Neural Network for dosage of mineral admixtures as replacements cement in steel fiber reinforced concrete mixtures <i>Luis Octavio González-Salcedo, Aydeé Patricia Guerrero-Zúñiga, Silvio Delvasto-Arjona, Adrián Luis Ernesto Will</i>	204
19 B10	Study about the mechanical behavior of fique fiber meshes <i>German A. Díaz Ramírez and Ricardo A. Cruz Hernández</i>	213
20 B12	Cementitious Composites Reinforced with Polyvinyl Alcohol Nanofibers <i>Edgar Franco Medina</i>	220
21 E12	Effect of Waste Window Glass as Substitute of Natural Sand in Concrete Performance <i>Mohammed Seddik Meddah, Hassan Al-Shehhi, Sheika Al-Bulushi</i>	232
22 B13	Factibilidad para la Recuperación del Tetra Pak Como Uso Estructural <i>Carlos J. Galvis F., Jhonatan C. Villabona A., David A. Fuentes D., Alberto D. Pertuz C</i>	239
23 B14	Uso de Jugo de Fique como Aditivo Natural para la Fabricación de Concreto <i>Julián Orlando Herrera Ortiz, Ricardo Alfredo Cruz Hernández, Luis Eduardo Zapata Orduz</i>	250
24 B15	Steel bars versus bars of Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP): Advantages and disadvantages as reinforcement of concrete and ferrocement <i>Isel del C. Díaz Pérez, Hugo Wainshtok Rivas</i>	270
25 B42	Desarrollo de concretos de alto desempeño reforzado con fibras (HPFRCC): Desde el laboratorio a aplicaciones especiales <i>Andres M. Nunez L, Wilmar Echeverri P</i>	280
26 B19	Estudo da viabilidade e de uma metodologia de reciclagem de embalagens de cimento, cal e argamassa visando o emprego de suas fibras compósitos cimentícios <i>Márcio Albuquerque Buson, Lilian de Sousa Alves, Thiago da Silva Santana, Lucas Ferreira de Andrade, Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, Divino Gabriel Lima Pinheiro</i>	304
27 B17	Implementation of Powder and Fibers from PVC's Residues to Manufacture Mortar Pavers for Vehicular Traffic <i>Betancur Kelys, Baldovino Cristian, Cáceres Nicolle, Orozco Amanda, Paternostro Kevin Pacheco Carlos, Guzman Andres</i>	313
28 B31	Efecto de la adición del polvo de llantas desechadas en mezclas asfálticas en frío con el 100% de agregados reciclados <i>Andrea Paola Castro, Gilberto Martínez Arguelles, Luis Fuentes Pumarejo</i>	324



29 B41	Caracterización, desarrollo e implementación del concreto con agregado reciclado grueso proveniente de RCD <i>Héctor Leonardo Romero, Wilmar Alberto Echeverri</i>	339
30 B24	Characterization of silk thread degummed with citric acid <i>Angélica María Serpa Guerra, Jaime Barajas Gamboa, Catalina Alvarez-López, Adriana Restrepo-Osorio, Santiago Betancourt Parra</i>	351
31 B38	Nanocomposite Production Using Different Cellulose Sources as Reinforcement <i>Ivana Cesarino, Giovana R. F. Bronzato, Lígia L. N. Rocha, Alcides L. Leão</i>	356
32 B22	Influence of the wood shavings/cement ratio on the thermo-mechanical properties of lightweight wood shavings-cement based composites <i>M'hamed Yassin Rajiv da Gloria, Romildo Dias Toledo Filho</i>	365
33 E15	Optimizing the use of recycled coarse aggregate in self-compacting concrete <i>Yimmy Silva, Rafael Robayo, Pedro Matthey, Silvio Delvasto</i>	375
34 C26	Desempeño en compresión de hormigones con mezclas binarias y ternarias de cementantes Portland, escoria de alto horno y ceniza volante <i>Jhon Cárdenas Pulido, John Wilfer Aperador Chaparro, Juan-Lizarazo Marriaga</i>	385
35 E16	Desempeño mecánico y en estado fresco en mezclas de concreto estructural con agregado de concreto reciclado <i>Luis Eduardo Zapata Orduz, German García Vera, Juan Carlos Plazas Rojas, Jhon Alexander Hernandez Romero</i>	401
36 B33	Cement bonded particleboards (CBPBs) reinforced with an Amazonian hardwood and pinus softwood: revealing compatibility by cement kinetics analysis <i>Lina Bufalino, Nerci Nina Lima, Vânia Aparecida de Sá, Holmer Savastano Junior, Gustavo Henrique Denzin Tonoli, Lourival Marin Mendes</i>	419
37 E18	Influence of the use of EVA – Poli (ethylene-vinyl acetate) waste as a lightweight aggregate in alkali-activated mortars <i>Fabiano André Trein, Alexandre Silva de Vargas, Marco Antônio Siqueira Rodrigues, Lucas Engelmann Flores, Rafael Flores</i>	432
38 B39	Evaluación de morteros a base de cemento - cal a partir de cal producida en el municipio de Vives – Colombia <i>Medrano H. Jorge, Mejía Gabriel, Perea Jeset, Delvasto Silvio, Hincapié Ricardo</i>	446



39 B20	Chemical characterization of cupuaçu bark (<i>Theobroma grandiflorum</i>) for the production of ecological packaging: a contribution to Amazon sustainability <i>Flávia Regina Silva dos Santos, Rejane Cavalcante Dantas, Raimundo Pereira de Vasconcelos</i>	464
40 B27	Processing and mechanical properties of compression molded ground rubber from scrap tires and shoe soles <i>Ramón Tabares, Sandra Velásquez, Diego Giraldo</i>	382
41 B30	Physical Properties of Particleboard Produced with Amazon Fiber (<i>Leopoldinia Piassaba</i>) and Castor Oil Based Polyurethane Adhesive <i>Emerson Gama dos Santos, Rosinaldo Rabelo, Ângela Mari dos Santos Costella, Virginia Mansanares Giacon</i>	387

Parte 3 - Materiales Ligantes y Suplementarios Part 3 - Binders and Supplementary Materials

42 C1	Pozzolanic activity and consumption of Ca(OH)_2 of the Residual Rice Husk Ashes (RHAs) in cement pastes <i>João Henrique da Silva Rêgo, Enio José Pazini Figueiredo, Nicole Pagan Hasparyk, Edi Mendes Guimarães, Divino Gabriel Lima Pinheiro</i>	492
43 C2	Kinetics on the removal of methylene blue and photocatalytic inactivation of <i>Salmonella typhimurium</i> by an alkali activated siliceous material <i>Mauricio Mondragón-Figuero, Gerardo Torres-Delgado, Alejandro Manzano-Ramirez, Francisco Javier Martínez-Ríos, Miguel Angel Rico</i>	504
44 E2	Potencial de utilização de subprodutos de britagem aplicados ao CAA <i>Edgar Bacarji, Romildo Dias Toledo Filho</i>	512
45 C3	Light-weight Building Materials from Activated Un-used Coarse Fly ash <i>B. Singh, Sandhya Deshwal, Hina Tarannum</i>	522
46 C5	Effect of the fines' percentage in the adobe's alkaline activation <i>Beatriz Lemos Cavalcante de Carvalho Santiago, Raimundo Gonçalves Ribeiro Neto, Adriano da Silva Felix, Normando Perazzo Barbosa, Khosrow Ghavami</i>	531
47 E5	Properties of Mortar Produced with Tungsten Mining Waste <i>Brunna Lima de Almeida Victor Medeiros, Gelmires de Araujo Neves, Normando Perazzo Barbosa</i>	542



48 C11	Pozzolan behavior of a Cuban bamboo residue: Comparative analyses with silica fume on the base of the kinetic parameters <i>Ernesto Villar Cociña, Manuel Lefrán Torres, Holmer Savastano Junior, Moisés Frías Rojas, Loic Rodier</i>	550
49 C10	Caliza y ceniza de cascarilla de arroz (CCA): Cal hidráulica para concretos <i>Erazo G., Alexis N., Bedoya T., Ivan F., Perea, Jesset D., Delvasto A., Silvio., Hincapié A., Ricardo</i>	559
50 C17	Evaluación cinética de variedad de calcáreos en el municipio de Vijes – Colombia <i>Ocampo J. Stiven, Collazos J. Sebastián, Perea Jesset, Delvasto Silvio, Hincapié Ricardo</i>	576
51 C19	A Novel MK-based Geopolymer Composite Activated with alternative silica sources and KOH <i>Mónica A. Villaquirán-Caicedo, Ruby M. de Gutiérrez</i>	599
52 C15	Effect of NaOH content in Activated Alkali Cement (AAC) made with basic slag <i>Eloise Aparecida Langaro, Adalberto Matoski, Islas Stein Buth, Maryah Costa de Moraes, Caroline Angulski da Luz, José Ilo Pereira Filho</i>	614
53 C6	Reutilización de ceniza de cascarilla de arroz y residuo de catalizador de craqueo catalítico en conglomerantes cal-puzolana para concretos de bajo coste económico y medioambiental <i>Javier García Martí, María Victoria Borrachero Rosado, Jorge Juan Payá Bernabeu, José María Monzó Balbuena, Daniel Alveiro Bedoya Ruiz, Andrés Salas Montoya</i>	623
54 C22	Design and engineering properties of an environmentally sustainable alkali-activated concrete based on natural pozzolan <i>Rafael A. Robayo and Ruby Mejía de Gutiérrez</i>	637
55 C13	Scientific and Technical Behaviour of Blended Cement Made from Coal Mining Waste <i>Moisés Frías, M^a Isabel Sánchez de Rojas, Holmer Savastano J, Rosario García, Raquel Vigil de la Villa, Iñigo Vegas, Sagrario Martínez- Ramírez</i>	648
56 C18	Predicción de alta Resistencia a la compresión de cementos híbridos de residuos de revestimientos cerámicos con cemento Portland usando metodología de superficie de respuesta <i>Luz M. Murillo, Silvio Delvasto, Marisol Gordillo</i>	655
57 C8	The phosphogypsum as a raw material in supersulfated cements (CSS) made with low calcium sulfate content <i>Bruna Gracioli and Sílvia Rubert, Maxwell Vinícius Favero Varela, Cheila Sirlene Beutler Andreza Frare, Caroline Angulski da Luz</i>	667



- 58 C21 A binary binder to fabricate masonry Eco- blocks based on Colombian fly ashes, ground blast furnace slag and an agro-industrial by-product 675

Johanna M. Mejía, William Valencia, Ruby M. de Gutiérrez

- 59 C16 Recycled Powder as Filler Admixture in Cementitious Systems: Production and Characterization 688

Rocío D. Laurente, Yury A. Villagrán Zaccardi, Claudio J. Zega, Natalia M. Alderete

- 60 C9 Influence of the addition of different volcanic materials on the rheological parameters of self-compacting concretes 698

Diana M. Burgos, Silvio Delvasto, Diego Velandia, Ruby Cardona, Wilmar Echeverri

Parte 4 - Durabilidad y Ciclo de Vida de los Materiales

Part 4 - Durability and Cycle Life of Materials

- 61 D1 Effect of a Colombian Metakaolin in Durability and Mechanical Performance of a Hydraulic Cement Concrete 713

Carolina Cárdenas Ramírez, Juan Diego Alvarez Ospina

- 62 D2 Metodología para el análisis del ciclo de vida de mampostería de arcilla en Cundinamarca 725

Sergio Ballén Zamora, Adriana Cubides Perez, and Amparo Hinestrosa Ayala

- 63 D4 Durability Assessment of Composite Cementitious the Base of Calcined Clay Reinforced with Natural Fiber of the Amazon Region 737

Kézia Pereira Libório Neves, Tony Víctor Pereira Tavares, João de Almeida Melo Filho

- 64 E4 Use of CO₂ for Performance enhancement of recycled concrete aggregates 745

Caijun Shi, Yake Li, Xiaoying Pang

- 65 E10 Innovations in Recycling Concrete Materials 762

David Lange, Jacob Henschen

- 66 D5 Literature Review of Life Cycle Assessment Applied to Green Concretes 775

Lucas Rosse Caldas, Matheus Leoni Martins Nascimento, Divino Gabriel Lima Pinheiro and Rosa Maria Spoto

- 67 D7 Effect of incorporation of additions in the mechanical and carbonation strength of concretes of commercial cement 789

Oscar Javier Gutiérrez-Junco, Yaneth Pineda-Triana, Enrique Vera-López

- 68 D8 Durability of white Portland cement mortars blended with silica nanoparticles 803

Jorge I. Tobón, Oscar A. Mendoza, Jordi Payá



69 D11	Chloride Ingress and Binding in Air-entrained Recycled Aggregate Concrete	815
	<i>Yury A. Villagrán Zaccardi, Claudio J. Zega and Ángel A. Di Maio</i>	
70 C24	Efficiency of electrochemical chloride extraction on metakaolin and silica fume concrete	823
	<i>Ana María Aguirre, Ruby Mejía de Gutiérrez</i>	
71 E6	Pavimentos Ecológicos en el Mejoramiento de las Redes Viales	837
	<i>Ferney Quiñones Sinisterra</i>	
72 E17	Removal of unburned carbon from solid waste bottom ash using flotation cell	845
	<i>Iván Navarro, Sebastián Guerrero, Juan Barraza</i>	
73 E9	Alternative Aggregates for Sustainable Concrete Construction in the Amazon Region	855
	<i>Marco Antonio Silva, Thiago Melo Grabois, Nathalia Rodrigues Julião, Mayara Amario, Romildo Dias Toledo Filho, Marco Pepe</i>	
74 E11	Performance and environmental impact of dry concrete produced with recycled aggregates for pre-cast paving units	866
	<i>Oscar A. Mendoza, Clarice Sipres, Anna C. Sermarini, Aline F. de Souza, Romildo D. Toledo Filho</i>	
75 E19	Use of MDF (Medium Density Fiberboard) waste structured in PVC (Polyvinyl Chloride) matrix for the production of a new material aligned to Eco-design	878
	<i>Fabiano André Trein, Alexandre Silva de Vargas, Marco Antônio Siqueira Rodrigues</i>	
76 B40	Concretos de activación alcalina basados en subproductos industriales (ceniza volantes y escorias de alto horno) expuestos a elevadas temperaturas	888
	<i>William Gustavo Valencia Saavedra, Daniela Eugenia Angulo, Rafael Andrés Robayo, Ruby Mejía de Gutiérrez</i>	
77 C12	Eco-efficient Cements from Agro-industrial Wastes: Characterization and Properties	897
	<i>Moisés Frías, Holmer Savastano J, João Adriano Rossignolo, Juliano Fiorelli, Julian E. Mejía, Ernesto Villar-Cociña</i>	

Parte 5 - Todos los tópicos

Part 5 - All topics

78 F1	Ferrocemento: Tecnología apropiada y sostenible para países en desarrollo	905
	<i>Hugo Wainshtok Rivas, Isel del C. Díaz Pérez</i>	



79 F2	Comportamiento reológico de pastas frescas de cementos Portland con fillers de naturaleza Silíceo o Calcáreo	926
	<i>Rafael Talero Morales, César Pedrajas Nieto-Márquez, Carlos Hernando Aramburo Varela, Mariano González Cortina, Antonio Blázquez Morales, Viviana Fátima Rahhal</i>	
80 F3	Full Utilization of Biomass for Chemical Feedstocks and Biocomposites	942
	<i>Alcides Lopes Leao, Ivana Cesarino, Suresh Narine</i>	
81 F4	Parámetros de sostenibilidad (el impacto en CO ₂ asociado) de diferentes calces y de éstos en relación a los cementos	953
	<i>Joan Ramon Rosell i Amigó, Montserrat Bosch González</i>	
82 F5	Tipos de calces desde las calcizas puras hasta los cementos naturales	963
	<i>Joan Ramon Rosell i Amigó, Montserrat Bosch González</i>	
83 F6	Los hornos de colmena de Vijes (Valle del Cauca) un patrimonio material e inmaterial que es preciso recuperar y preservar	983
	<i>Ricardo Hincapié, Rafael Contreras, Silvio Delvasto</i>	



FOTOS

6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE

27 al 29 de abril de 2016- CALI



12.2. SEMINARIO- TALLER FERROCEMENTO EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Se organizó y participó en el Seminario de Extensión Social ofrecido para areneros y trabajadores de construcción y promovido por la Sociedad de Mejoras Públicas de Cali: "SEMINARIO- TALLER FERROCEMENTO EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS" orientado por los Ingenieros Doctores Hugo Wainshtok Rivas, profesor emérito del Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría (CUJAE), La Habana, Cuba, y Silvio Delvasto Arjona, profesor titular Universidad del Valle. Se realizó en la Universidad del Valle el día 5 de mayo de 2016.

Libro electrónico del Congreso: 6th AMAZON & PACIFIC GREEN MATERIALS CONGRESS and SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS LAT-RILEM CONFERENCE (Se muestran las páginas de portada e introductorias. En el Anexo, que se compartió en Google Drive, se encuentra el libro completo.



Sociedad de Mejoras Públicas de Cali

Fundada el 7 de Junio de 1.904

Nit. 890.399.043-9

Santiago de Cali, mayo 3 2016

Doctor

SILVIO DELVASTO ARJONA

Profesor

Escuela de Ingeniería de Materiales

Facultad de Ingeniería

Universidad del Valle

Ciudad Universitaria Meléndez

Asunto: Participación de Areneros en Seminario Taller Ferrocemento en Elementos Constructivos

En nombre de la Sociedad de Mejoras Públicas confirmo la asistencia de 20 areneros al Seminario Taller de Apropiación Social del Conocimiento en Materiales Compuestos, que ustedes han programado para el jueves 5 de mayo de 2016, en las instalaciones de la Escuela de Ingeniería de Materiales, en Ciudad Universitaria Meléndez.

Agradezco de manera especial la invitación que la Universidad del Valle por medio de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería, el Grupo Materiales Compuestos, El Proyecto "Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo" apoyado por PATRIMONIO AUTÓNOMO FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS-COLCIENCIAS Premio Mejor Investigador Emérito de Colombia 2014, contrato FP44842-399-2015 y el Centro de Investigaciones Territorio Construcción y Espacio (CITCE, Facultad de Artes Integradas, Universidad del Valle, Colombia) con el Proyecto "Arte, Cultura y Diálogo de Saberes". Los hornos de cal de Vijes (Valle del Cauca) y sus oficios: un patrimonio material e inmaterial por recuperar y salvaguardar. Código 110660 938036 de Colciencias.

Este es un espacio donde nuestros areneros podrán participar en actividades académicas y prácticas en beneficio de su desarrollo personal y profesional.

Atentamente,

AMPARO JIMÉNEZ

Coordinadora

Departamento de Cultura Ciudadana

Sociedad de Mejoras Públicas de Cali

FOTOS DURANTE EL DESARROLLO DEL SEMINARIO- TALLER FERROCEMENTO EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS



Preparación de la armadura de una canaleta en ferrocemento



Preparación de la armadura de una placa en ferrocemento para panelería



Preparación de la mezcla cementicia



Moldeado de una canaleta de ferrocemento



Sociedad de Mejoras
Públicas de Cali

La Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Materiales, Grupo Materiales Compuestos, El Proyecto «Investigación de un material cementicio ecoeficiente para elementos de construcción de bajo costo» apoyado por PATRIMONIO AUTÓNOMO FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS-COLCIENCIAS Premio Mejor Investigador Émerito de Colombia 2014, contrato FP44842-399-2015 y el Centro de Investigaciones Territorio Construcción y Espacio (CITCE, Facultad de Artes Integradas, Universidad del Valle, Colombia) con el Proyecto «Arte, Cultura y Diálogo de Saberes». Los hornos de cal de Vijes (Valle del Cauca) y sus oficios: un patrimonio material e inmaterial por recuperar y salvaguardar. Código 110660 938036 de COLCIENCIAS, y La Sociedad de Mejoras Públicas de Cali

Certifican que:

JORGE HUMBERTO ROMERO

Cédula de Ciudadanía No.14440912

Participó como asistente en el SEMINARIO- TALLER FERROCEMENTO EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, realizado el 5 de mayo de 2016 con una intensidad horaria de 8 horas

Santiago de Cali, 5 de mayo de 2016


Hugo Wainshok Rivas

Ingeniero Doctor Profesor Emérito Instituto Superior
Politécnico José A. Echevarría (CUJAE), La Habana, Cuba


Silvio Delvasto Arjona

Ingeniero Doctor Profesor Titular
Universidad del Valle, Colombia

Certificado de asistencia entregado para certificar participación de un asistente