

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/166

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JOSÉ RAFAEL APELLIDOS: CÁCERES RUBIO

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: CIENCIAS BÁSICAS

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JORGE APELLIDOS: SÁNCHEZ MOLINA

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS DESARROLLO DE AGREGADO LIVIANO PARA MEZCLAS DE CONCRETO DE BAJA DENSIDAD A PARTIR DE ARCILLAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE CÚCUTA

RESUMEN

Este trabajo de investigación consistió en el análisis de las arcillas para determinar su capacidad de expansión a determinadas temperaturas de tratamiento térmico. Mediante el análisis de los óxidos, utilizando los diagramas ternarios de Riley (1951); y Cougny (1990) y los diagramas en dos direcciones de Dondi (2016), se identificó las arcillas precursoras de agregados livianos. Se estudió en particular, una arcilla del área metropolitana de Cúcuta, la cual presenta problemas de estabilidad en la zona donde se encuentra. De las arcillas precursoras para agregados livianos, se escogieron 5 del banco de proyectos del CIMAC y la arcilla encontrada en el municipio de Villa del Rosario, a las cuales se le realizaron tratamientos térmicos estáticos y dinámicos, y así medir la capacidad de expansión que tienen, en un ambiente de laboratorio. El tratamiento térmico estático se realizó en el laboratorio del CIMAC y en el Laboratorio de Ciencia de los Materiales de la UNET, Táchira, Venezuela, con un horno Mufla, el tratamiento térmico dinámico, se realizó en un horno rotatorio construido por el autor del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Arcillas, térmico, concreto, liviano, baja densidad, metropolitana.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 166 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

DESARROLLO DE AGREGADO LIVIANO PARA MEZCLAS DE CONCRETO DE BAJA
DENSIDAD A PARTIR DE ARCILLAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE CÚCUTA

JOSÉ RAFAEL CÁCERES RUBIO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULAS SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PLAN DE ESTUDIO DE MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

DESARROLLO DE AGREGADO LIVIANO PARA MEZCLAS DE CONCRETO DE BAJA
DENSIDAD A PARTIR DE ARCILLAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE CÚCUTA

JOSÉ RAFAEL CÁCERES RUBIO

Trabajo de grado presentada como requisito para optar al título de:

Magíster en Ciencia y Tecnología de Materiales.

Director:

JORGE SÁNCHEZ MOLINA

Ing. Químico. PhD en Avances en Ingeniería de los Materiales y Energía

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULAS SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PLAN DE ESTUDIO DE MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 23 DE NOVIEMBRE DE 2018

HORA: 3:00 PM

LUGAR: SALA DE JUNTAS VICERRECTORÍA ACADÉMICA

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

Título del Trabajo de Investigación: "DESARROLLO DE AGREGADO LIVIANO PARA MEZCLAS DE CONCRETO DE BAJA DENSIDAD A PARTIR DE ARCILLAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE CÚCUTA"

Jurados: MSc. JHAN PIERO ROJAS SUÁREZ
PhD. JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ
PhD. JORGE SANCHEZ MOLINA

Director: PHD. JORGE SANCHEZ MOLINA

Nombre del estudiante:	Código	Calificación	
		Letra	Número
JOSE RAFAEL CÁCERES RUBIO	1380022	Cuatro, siete	4.7

MERITORIA



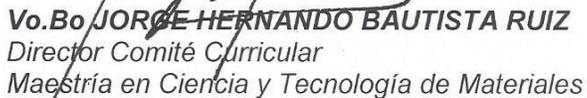
JHAN PIERO ROJAS SUÁREZ



JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ



JORGE SANCHEZ MOLINA


Vo.Bo JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ
Director Comité Curricular
Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales

Contenido

	pág.
Introducción	20
1. Planteamiento y Justificación del Problema	22
1.2 Objetivos	23
1.2.1 Objetivo general	23
1.2.1 Objetivos específicos	23
2. Marco Teórico	24
2.1 Marco Conceptual	24
2.1.1 Materia prima y sus características	24
2.1.2 Montmorrillonita	25
2.1.3 Illitas	25
2.1.4 Caolín	25
2.1.5 Perlita	26
2.1.6 Vermiculita	27
2.1.7 Esmectita	28
2.1.8 Formación geológica del área metropolitana de Cúcuta	29
2.1.9 Proceso de producción de arcillas expandidas	29
2.1.10 Propiedades de los aglomerados livianos	31
2.1.11 Agregados livianos	33
2.1.12 Concreto ligero	33
2.1.13 Nutriente tecnológico	34
2.2 Antecedentes	34

3. Metodología	37
3.1 Tipo de Estudio	37
3.2 Método	37
3.2.1 Selección de arcillas precursoras	38
3.2.2 Preparación de la arcilla para el tratamiento térmico	38
3.2.3 Tratamiento térmico de las arcillas	38
3.2.4 Caracterización de la arcilla seleccionada para manufactura agregado liviano	39
3.2.5 Elección de los factores	39
3.2.6 Variable respuesta	40
3.2.7 Elección del diseño experimental	40
3.2.8 Tipo de diseño	40
3.2.9 Realización del experimento	41
3.2.10 Análisis estadístico	42
3.3 Población y Muestra	43
3.3.1 Población	43
3.3.2 Muestra	43
3.4 Recolección de Información	43
4. Resultados y Análisis	44
4.1 Selección de Arcillas Precursoras de Agregados Livianos en Función de sus Características Fisicoquímicas Comparadas Contra las Referencias	44
4.1.1 Predicción de expansibilidad	47
4.1.2 Predicción de expansibilidad según Cougny (1990)	50
4.1.3 Predicción de expansibilidad según Dondi (2016)	53

4.2 Tratamientos Térmicos Estáticos y Dinámicos de las Arcillas Seleccionadas en Hornos Eléctricos y Horno Rotatorio a Escala para Determinar la Capacidad de Expansión	65
4.2.1 Tratamiento térmico estático	68
4.2.2 Tratamiento térmico dinámico	69
4.3 Adición de Nutriente Tecnológico a Base de Materia Orgánica en la Mezcla de Arcilla	72
4.3.1 Adición de nutriente tecnológico en la Arcilla Villa del Rosario	74
4.3.2 Análisis de tratamiento térmico dinámico en horno rotatorio a escala	77
4.3.3 Realización de análisis estadístico utilizando el Software R	79
4.3.3.1 Análisis de varianza	80
4.3.4 Comparación entre tratamientos	81
4.3.4.1 Test LSD de Fisher	81
4.3.4.2 Test HSD de Tukey	83
4.3.4.3 Prueba de Dukan	86
4.3.5 Supuestos del análisis de varianza	88
4.3.5.1 Normalidad	88
4.3.5.2 Prueba de Shapiro	89
4.3.5.3 Supuesto de varianza constante	89
4.3.5.4 Prueba de Bartlett	90
4.3.5.5 Supuesto de Independencia	91
4.3.5.6 Prueba de Ljung-Box	92
4.3.6 Análisis de tratamiento térmico estático en conjunto de Hornos Mufla, UNET	93

4.3.6.1 Preparación de la arcilla para el tratamiento térmico	94
4.3.6.2 Tratamiento térmico realizado en conjunto de Muflas, UNET	94
4.3.7 Realización de análisis estadístico utilizando el Software R	101
4.3.7.1 Análisis de varianza	104
4.3.8 Comparación entre tratamientos	105
4.3.8.1 Test LSD de Fisher	105
4.3.8.2 Test HSD de Tukey	107
4.3.8.3 Prueba de Dukan	109
4.3.9 Supuestos del analisis de varianza	110
4.3.9.1 Normalidad	110
4.3.9.2 Prueba de Shapiro	111
4.3.9.3 Supuesto de varianza constante	112
4.3.9.4 Prueba de Bartlett	113
4.3.9.5 Supuesto de independencia	114
4.3.9.6 Prueba de Ljung-Box	115
4.4 Producción de Agregado Liviano en Horno Rotatorio a Escala	116
4.4.1 Molienda de materias primas	116
4.4.2 Peletización de la mezcla de arcilla y lodos	118
4.4.3 Calcinación de pellets o gránulos de arcilla y lodos	119
4.5 Análisis de las propiedades de los agregados livianos a base de arcilla, mediante caracterización física	120
4.5.1 Agregado grueso	121
4.5.1.1 Granulometría	121

4.5.1.2 Densidad	121
4.5.1.3 Masa unitaria suelta (MUS)	124
4.5.1.4 Masa unitaria compacta (MUC)	125
4.5.1.5 Absorción	126
4.5.2 Agregado fino	126
4.5.2.1 Granulometría	126
4.5.2.2 Módulo de finura	127
4.5.2.3 Densidad. NTC 237	127
4.5.2.4 Masa unitaria suelta (MUS)	130
4.5.2.5 Masa unitaria compacta (MUC)	131
4.5.2.6 Absorción	132
4.6 Realización de mezcla de concreto con los agregados livianos desarrollados y evaluación de la densidad de equilibrio	132
4.6.1 Diseño de mezcla de concreto	132
4.6.1.1 Elección del asentamiento	132
4.6.1.2 Tamaño máximo nominal del agregado grueso	132
4.6.1.3 Estimación del contenido de aire atrapado	132
4.6.1.4 Cantidad de agua de mezclado	133
4.6.1.5 Contenido de cemento en la mezcla de concreto	134
4.6.1.6 Relación agua - material cementante	136
4.6.1.7 Cumplimiento de condiciones granulométricas de agregados fino y grueso	136
4.6.1.8 Contenido de agregado grueso	137

4.6.1.9 Contenido de agregado fino	139
4.6.2 Densidad de equilibrio	138
4.7 Resumen de Resultados	140
5. Conclusiones	145
Referencias Bibliográficas	147
Anexos	154