

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC- DBL-007	Fecha 10- 04-2012	Revisión A
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1 (55)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	NATHALI CAAMAÑO VALDEZ KAREN LORENA GÜETTE PATERNINA
FACULTAD	DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR	FIDEL ERNESTO CUBEROS CUBEROS
TÍTULO DE LA TESIS	DOSIFICACIONES DE MEZCLAS PARA OBTENER CONCRETO ESTRUCTURAL EMPLEANDO ARCILLAS CALCINADAS DEL SECTOR EL HATILLO, MATERIALES PÉTREOS DEL RÍO ALGODONAL Y DE LA E.A.T. PROVIAS EN OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EN ESTE PROYECTO SE REALIZARON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE MEZCLAS PARA OBTENER CONCRETOS ESTRUCTURALES EMPLEANDO ARCILLAS CALCINADAS LAS CUALES REEMPLAZARON PARCIALMENTE EL AGREGADO FINO, CON LO CUAL SE LOGRÓ MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y OPTIMIZAR COSTOS.

CON LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTE NUEVO MATERIAL SE AYUDARÍA A REDUCIR LA PROBLEMÁTICA DE AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN Y A SU VEZ SE ABRE UNA NUEVA PERSPECTIVA EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN CON UNA VISIÓN AMBIENTAL.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 141	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1
--------------	---------	----------------	-----------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

DOSIFICACIONES DE MEZCLAS PARA OBTENER CONCRETO ESTRUCTURAL
EMPLEANDO ARCILLAS CALCINADAS DEL SECTOR EL HATILLO, MATERIALES
PÉTREOS DEL RÍO ALGODONAL Y DE LA E.A.T. PROVIAS EN OCAÑA, NORTE DE
SANTANDER.

AUTORES

NATHALI CAAMAÑO VALDEZ

KAREN LORENA GÜETTE PATERNINA

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

FIDEL ERNESTO CUBEROS CUBEROS

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

octubre de 2018

Índice

Capítulo 1. Dosificaciones de mezclas para obtener concreto estructural empleando arcillas calcinadas del sector El Hatillo, Materiales pétreos del Río Algodonal y de la E.A.T. Provias en Ocaña, Norte de Santander.	17
1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2 Formulación del problema.	19
1.3 Objetivos.	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 Justificación.	20
1.5 Delimitación.....	22
1.5.1 Operativa.....	22
1.5.2 Conceptual.	22
1.5.3 Geográfica.....	22
1.5.4 Temporal.....	22
 Capítulo 2. Marco Referencial.	 23
2.1 Marco Histórico.	23
2.2 Marco Contextual.....	25
2.3 Marco Conceptual.	26
2.3.1 Concreto estructural.....	26

2.3.2 Arcillas:.....	26
2.3.3 Diseño de Mezclas:.....	27
2.3.5 Cemento:.....	28
2.3.6 Agua:.....	28
2.3.8 Control de Calidad:.....	29
2.4 Marco Teórico.....	29
2.4.1 Antecedentes.....	29
2.5 Marco Legal.....	31
Capítulo 3. Metodología de la Investigación.	34
3.1 Tipo de Investigación.....	34
3.2 Población.....	34
3.3 Muestra.	34
3.4 Instrumentos para la Recolección de la Información.....	36
3.5 Metodología.....	36
Capítulo 4. Administración del Proyecto.	39
4.1 Recursos.....	39
4.1.1 Recursos Humanos	39
4.1.2 Recursos Institucionales	39
4.1.3 Recursos Financieros	40

Capítulo 5. Resultados.....	42
5.1 Estimar los porcentajes de adición de agregado fino generado por la calcinación de arcilla para la sustitución parcial de la arena en la mezcla de concreto.....	42
5.1.1 Caracterizar los componentes de la mezcla de concreto estructural:.....	42
5.1.1.1 <i>Contenido de Humedad:</i>	42
5.1.1.2 <i>Gravedad Específica:</i>	48
5.1.1.3 <i>Límites de Atterberg:</i>	50
5.1.1.4 <i>Clasificación:</i>	51
5.1.1.5 <i>Límite de Contracción:</i>	53
5.1.1.6 <i>Expansión de Lambe:</i>	54
5.1.1.7 <i>Expansión Libre de los Suelos:</i>	56
5.1.1.8 <i>Ensayo de análisis granulométrico por Hidrómetro:</i>	57
5.1.1.9 <i>Granulometría:</i>	58
5.1.1.10 <i>Colorimetría:</i>	62
5.1.1.11 <i>Masa unitaria:</i>	63
5.1.1.12 <i>Peso específico y Absorción:</i>	67
5.1.1.13 <i>Caras Fracturadas:</i>	71
5.1.1.14 <i>Índice de Aplanamiento:</i>	73
5.1.1.15 <i>Índice de Alargamiento:</i>	75
5.1.1.16 <i>Desgaste:</i>	77

5.1.2 Granulometría con los diferentes porcentajes de arcilla calcinada y masa unitaria y absorción de las combinaciones.....	78
5.1.3 Diseño de mezclas.	82
5.1.3.1 Elegir el asentamiento..	82
5.1.3.2 Elegir el tamaño máximo nominal.....	83
5.1.3.3 Estimar el contenido de aire.....	84
5.1.3.4 Estimar la cantidad de agua de mezclado.	84
5.1.3.5 Cálculo de la relación agua-cemento.....	86
5.1.3.6 Estimar la cantidad de cemento.	86
5.1.3.7 Verificar si los agregados cumplen la norma ICONTEC 174.....	87
5.1.3.8 Optimizar la granulometría.	88
5.1.3.9 Estimar el contenido de arena y grava. Se halla el volumen del cemento.....	90
5.1.3.10 Estimar el peso seco.	90
5.1.3.11 Corrección por humedad y estimación del peso húmedo.	91
5.1.3.12 Cálculo del volumen de la mezcla.	91
5.2 Comparar el concreto convencional y el concreto con arcilla calcinada teniendo como parámetro la resistencia a la compresión para definir cual tiene mejor comportamiento.....	105
5.2.1 Resistencia a la compresión del concreto convencional.	106
5.2.2 Resistencia a la compresión del concreto con arcilla calcinada.	107
5.2.3 Comparar la resistencia a la compresión del concreto convencional y el concreto con arcilla calcinada.	110

5.3 Definir presupuestalmente la producción de concreto con adición de arcilla para su uso en la construcción.....	112
5.3.1 Presupuesto de la producción de la arcilla calcinada y del concreto convencional....	112
5.3.2 Presupuesto de la producción de las mezclas de concreto con adiciones de arcilla ...	113
5.3.3 Comparar presupuestalmente la producción de los diferentes tipos de concreto estructural.....	115
Capítulo 6. Conclusiones.	118
Recomendaciones.	120
Referencias.....	122
Apéndices.....	125

Lista de Figuras

Figura 1 Ubicación de Ocaña, Norte de Santander.....	25
Figura 2 Ubicación del Hatillo, Norte de Santander.....	25
Figura 3 Contenido de humedad de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.....	43
Figura 4 Humedad natural de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.	44
Figura 5 Humedad natural de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.	45
Figura 6 Humedad natural del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.	46
Figura 7 Humedad natural del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.	47
Figura 8 Gravedad específica de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.	48
Figura 9 Límites de Atterberg de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.....	50
Figura 10 Clasificación de suelos (AASTHO).	51
Figura 11 Carta de plasticidad.	51
Figura 12 Clasificación de la arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.	52
Figura 13 Límite de Contracción de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.	53
Figura 14 Ensayo de expansión de lambe de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.....	54
Figura 15 Curva para determinar % PVC de expansión (según Lambe).....	55
Figura 16 Condición del suelo según % PVC de expansión.....	55
Figura 17 Ensayo de expansión libre de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.....	56
Figura 18 Ensayo de análisis granulométrico por Hidrómetro de la arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.....	57
Figura 19 Gradación de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.	58
Figura 20 Gradación de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.	59
Figura 21 Gradación del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.	60
Figura 22 Gradación del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.	61
Figura 23 Colorimetría de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.....	62
Figura 24 Masa unitaria de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.	63

Figura 25 Masa unitaria de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.	64
Figura 26 Masa unitaria del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.	65
Figura 27 Masa unitaria del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.	66
Figura 28 Peso específico y Absorción de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.	67
Figura 29 Peso específico y Absorción de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.	68
Figura 30 Peso específico y Absorción de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.	69
Figura 31 Peso específico y Absorción del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.	70
Figura 32 Ensayo de caras fracturadas del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.	71
Figura 33 Ensayo de caras fracturadas del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.	72
Figura 34 Índice de aplanamiento del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.	73
Figura 35 Índice de aplanamiento del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.	74
Figura 36 Índice de alargamiento del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.	75
Figura 37 Índice de alargamiento del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.	76
Figura 38 Desgaste del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.	77
Figura 39 Granulometría de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada.	78
Figura 40 Granulometría de la mezcla 40:60 de arcilla calcinada.	79
Figura 41 Granulometría de la mezcla 60:40 de arcilla calcinada.	80
Figura 42 Masa unitaria de las mezclas de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	81
Figura 43 Peso específico y absorción de las mezclas de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	82
Figura 44 Requerimientos de agua de mezclado	85
Figura 45 Curva de resistencia a la compresión vs relaciones agua/cemento	86
Figura 46 Rangos granulométricos agregado grueso.	87
Figura 47 Rangos granulométricos agregado fino.	88
Figura 48 Granulometría de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	89
Figura 49 Diseño de la mezcla con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	93

Figura 50 Diseño de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	94
Figura 51 Diseño de la mezcla 40:60 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	95
Figura 52 Diseño de la mezcla 60:40 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	96
Figura 53 Granulometría de los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.....	97
Figura 54 Granulometría de la mezcla 40:60 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	98
Figura 55 Granulometría de la mezcla 60:40 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	99
Figura 56 Diseño de la mezcla de los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.	100
Figura 57 Diseño de la mezcla 10:90 de arcilla calcinada con los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.	101
Figura 58 Diseño de la mezcla 20:80 de arcilla calcinada con los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.	102
Figura 59 Diseño de la mezcla 30:70 de arcilla calcinada con los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.	103
Figura 60 Granulometría de la mezcla de los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.	104
Figura 61 Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto.	105
Figura 62 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	106
Figura 63 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.	106
Figura 64 Resistencia a la compresión de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con agregados del río algodonal, Ocaña N.S.	107
Figura 65 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S y la mezcla 60:40.	108

Figura 66 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S y la mezcla 40:60.	108
Figura 67 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de E.A.T Provías, Ocaña N.S y la mezcla 10:90.	109
Figura 68 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S y la mezcla 20:80.	109
Figura 69 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de E.A.T Provías, Ocaña N.S y la mezcla 30:70.	110
Figura 70 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S y arcilla calcinada.	110
Figura 71 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de E.A.T Provías, Ocaña N.S y arcilla calcinada.	111
Figura 72 Presupuesto de la producción de los concretos convencionales.....	115
Figura 73 Presupuesto de la producción del concreto con las diferentes adiciones de arcilla calcinada y agregados del río Algodonal	116
Figura 74 Presupuesto de la producción del concreto con las diferentes adiciones de arcilla calcinada y agregados de la E.A.T Provías.....	116
Figura 75 Resistencia vs Costos de producción del concreto con las diferentes adiciones de arcilla calcinada y agregados de la E.A.T. Provías.....	117
Figura 76 Ensayo de humedad de la arcilla en su estado natural	126
Figura 77 Ensayo de límite líquido de la arcilla en su estado natural	127
Figura 78 Ensayo de límite plástico de la arcilla en su estado natural	128
Figura 79 Ensayo de límite de contracción de la arcilla en su estado natural	129
Figura 80 Ensayo de presión de Lambe de la arcilla en su estado natural	130
Figura 81 Ensayo de expansión libre de la arcilla en su estado natural.....	130
Figura 82 Ensayo de gravedad específica de la arcilla en su estado natural	131
Figura 83 Ensayo de límite líquido de la arcilla en su estado natural	132
Figura 84 Calcinación y trituración de la arcilla.....	132

Figura 85 Granulometría del agregado fino.....	133
Figura 86 Granulometría del agregado grueso.	133
Figura 87 Masa unitaria suelta y compacta	134
Figura 88 Densidad y absorción del agregado fino.	135
Figura 89 Densidad y absorción del agregado grueso.	135
Figura 90 Materiales para la mezcla de concreto con adición de arcilla	137
Figura 91 Materiales para la mezcla de concreto convencional	137
Figura 92 Mezcla de los materiales	138
Figura 93 Chequeo del asentamiento.....	138
Figura 94 Cilindros de las mezclas de concreto	139
Figura 95 Marcar los cilindros para su identificación	139
Figura 96 Sumergir los cilindros para su posterior ensayo.....	139
Figura 97 Ensayo de compresión de los cilindros	140
Figura 98 Falla de los cilindros.....	140

Lista de Tablas

Tabla 1 Recursos financieros del proyecto de investigación	40
Tabla 2 Detalle de presupuesto de recursos humanos	41
Tabla 3 Valores de gravedad específica.....	49
Tabla 4 Valores de asentamientos.....	83
Tabla 5 Contenido aproximado de aire en el concreto para varios grados de exposición	84
Tabla 6 Presupuesto de 1m ³ de concreto convencional con agregados del río algodonal, Ocaña, N.S.	112
Tabla 7 Presupuesto de 1m ³ de concreto convencional con agregados de E.A.T. Provías, Ocaña N.S.	112
Tabla 8 Presupuesto de 1m ³ de la producción de la arcilla calcinada.....	113
Tabla 9 Presupuesto de 1m ³ de concreto de la mezcla 50:50 con agregados del río algodonal, y arcilla calcinada.	113
Tabla 10 Presupuesto de 1m ³ de concreto de la mezcla 40:60 con agregados del río algodonal, y arcilla calcinada.	113
Tabla 11 Presupuesto de 1m ³ de concreto de la mezcla 60:40 con agregados del río algodonal, y arcilla calcinada.	114
Tabla 12 Presupuesto de 1m ³ de concreto de la mezcla 10:90 con agregados de E.A.T. Provías, y arcilla calcinada.	114
Tabla 13 Presupuesto de 1m ³ de concreto de la mezcla 20:80 con agregados de E.A.T. Provías, y arcilla calcinada.	114
Tabla 14 Presupuesto de 1m ³ de concreto de la mezcla 30:70 con agregados de E.A.T. Provías, y arcilla calcinada.	115

Introducción

La utilización de nuevos materiales es indispensable en esta nueva era de la construcción, debido a que se incrementa la demanda de los agregados pétreos y de igual manera la extracción de los mismos, lo cual ha provocado efectos negativos en el ambiente. Es por esto que actualmente la alternativa de usar otra materia prima para la elaboración del concreto, es una actividad con interesantes expectativas de crecimiento; donde se busca evaluar el comportamiento del mismo con diferentes adiciones que ayuden a la preservación del medio y optimizar la resistencia.

En este proyecto se utilizó como agregado fino la arcilla calcinada, sustituyendo parcialmente la arena, logrando con esto mejorar la resistencia del concreto. Con la implementación de este nuevo material se abre una nueva perspectiva en el campo de la construcción con una visión ambiental, lo cual ayudaría a reducir el impacto provocado por la explotación de los recursos naturales de la región.

Capítulo 1. Dosificaciones de mezclas para obtener concreto estructural empleando arcillas calcinadas del sector El Hatillo, Materiales pétreos del Río Algodonal y de la E.A.T. Provias en Ocaña, Norte de Santander.

1.1 Planteamiento del problema.

La industria de la construcción es sin duda la protagonista en el desarrollo de las sociedades, ya que es responsable directa de la creación de la infraestructura de vivienda, transporte, instalaciones sanitarias, entre otros proyectos, en la que se gesta la cultura y el crecimiento económico de la humanidad.

A pesar de su importancia para el crecimiento, la práctica constructiva, es además uno de los principales actores en el proceso de modificación y contaminación del planeta, pues es un gran consumidor de recursos y generador de desechos. El 40% de las materias primas en el mundo que equivalen a 3000 millones de toneladas por año, son destinadas a la construcción (Acevedo Agudelo, Vásquez Hernández , & Ramirez Cardona , 2012).

En Colombia, el material de construcción más utilizado es el concreto; el cual es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales (Chan Yam, solís Carcaño, & Moreno , 2003). Estos materiales que son la materia prima utilizada para su elaboración son recursos no renovables que a su vez generan un

impacto ambiental negativo al ser obtenidas principalmente mediante minería a cielo abierto (Bedoya & Dzúl, 2015).

En Ocaña esta problemática está reflejada en la extracción de los materiales pétreos del río algodonal usados para la fabricación del concreto convencional puesto que se requiere una gran cantidad, según el cálculo de las autoridades ambientales, podría ser de unas 300 volquetadas diarias (espectador, 2016), lo cual equivale a aproximadamente 2100 m³, sin sumar a esto el incremento en la extracción en los dos últimos años y datos no registrados de los lugares ilegales y la EAT Provías.

Los materiales de arrastre de esta fuente, son tomados desmedidamente trayendo consecuencias como el desequilibrio entre el transporte de los sedimentos y la capacidad de carga de la corriente, afectando en gran manera el caudal de esta.

Además del problema ambiental que se está produciendo por la explotación de estos materiales, no se conocen las dosificaciones ideales que se han de utilizar en el diseño de la mezcla; las cuales dependen de las características de los agregados ya que estas me indican las cantidades y proporciones adecuadas de cada uno de los componentes para obtener concretos de alta calidad.

De acuerdo a lo anterior se puede apreciar que es necesario tomar las medidas adecuadas para controlar esta problemática e implementar un nuevo material que aporte al crecimiento

sostenible y así mismo ayude a la preservación del medio ambiente, y no ocasione efectos negativos al ecosistema, y que traiga consigo mejorías a la hora de trabajarlo.

1.2 Formulación del problema.

¿Cuáles son las dosificaciones adecuadas para obtener un concreto estructural empleando arcillas calcinadas del sector El Hatillo, Materiales pétreos del Río Algodonal y de la E.A.T. Provias en Ocaña, Norte de Santander?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general. Dosificar mezclas para obtener concreto estructural empleando arcillas calcinadas del sector El Hatillo, Materiales pétreos del Río Algodonal y de la E.A.T. Provias en Ocaña, Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos específicos. Estimar los porcentajes de adición de agregado fino generado por la calcinación de arcilla para la sustitución parcial de la arena en la mezcla de concreto.

Evaluar el impacto del uso de arcillas calcinadas en la mezcla de concreto teniendo como parámetro la resistencia a la compresión para definir cual tiene mejor comportamiento.

Definir presupuestalmente la producción de concreto con adición de arcilla para su uso en la construcción.

1.4 Justificación.

Teniendo en cuenta que la industria de la construcción en Colombia requiere mes a mes una gran producción de concreto, según el (DANE, 2018) en junio, el valor de dicha producción fue 560.135 m³ y en enero, los despachos de cemento gris empacado al departamento de Norte de Santander registró un crecimiento de 24,1%. Además de esto, el último registro del PBOT, muestra que los últimos años Ocaña ha aumentado su área en un 1,17% y simultáneamente el uso de concreto para llevar a cabo la construcción de diferentes edificaciones empleando los materiales pétreos de la zona.

La extracción del material de arrastre de los ríos, lo cual se hace irracionalmente, provoca en gran manera efectos negativos y una inestabilidad en el medio ambiente debido a que es un recurso no renovable que se agota.

Es por esto que es necesario utilizar un nuevo material que sea una innovación tecnológica constructiva que ayude a reducir los problemas de agotamiento de los recursos naturales y la mayor demanda de vivienda para una población en continuo crecimiento y así mismo las viviendas sean más funcionales, seguras y económicas (Gutiérrez, 2003).

De acuerdo a lo anterior es importante iniciar la creación de conciencia en los países en reducir la extracción de materiales pétreos de los entornos naturales, disminuyendo así un agotamiento acelerado de las reservas de áridos provenientes tanto de los cauces de los ríos como de las canteras (Valdés Vidal, Reyes Ortiz, & González Peñuela, 2011).

Las arcillas calcinadas en forma de metacaolín han recibido por ejemplo especial atención en años recientes. Se conoce que estas adiciones, cuando se añaden a morteros y hormigones, mejoran tanto su resistencia mecánica como su durabilidad (Revista Ingeniería de construcción, 2011). Este un material accesible que no está siendo aprovechado, por ejemplo, las ladrilleras dejan los residuos y el uso de estos como agregado ayudaría a disminuir los efectos provocados por el uso de la arena, la cual a su vez es muy fina lo cual obliga usar una mayor cuantía de cemento y esto hace que sea costosa la producción del concreto.

Al implementarse el uso de la arcilla calcinada, siendo un material disponible en la región, beneficiaría directamente a toda la población y podrían garantizar la calidad del concreto, y a su vez se lograría disminuir el impacto generado por la extracción de los materiales pétreos del río Algodonal. Además al ser evaluado mediante los diferentes ensayos generará mayor confiabilidad y eficiencia al momento de ser empleado y permitirá ampliar los conocimientos existentes sobre las arcillas para ser usadas como agregado.

1.5 Delimitación.

1.5.1 Operativa. Este proyecto de investigación está definido por el estudio de los materiales pétreos del río algodónal y de la planta Provias, y las arcillas del sector el Hatillo como agregado fino para el diseño de concretos estructural; para lograr así tener un conocimiento de las características propias de los materiales de esta región.

1.5.2 Conceptual. Este trabajo abarca conceptos fundamentales como: humedad, absorción, resistencia, concreto, diseño de mezcla, propiedades, fraguado, curado, límite plástico, límite de expansión, composición química y densidad.

1.5.3 Geográfica. Barrio el Hatillo en Ocaña Norte de Santander y Universidad Francisco de Paula Santander en Cúcuta Norte de Santander.

1.5.4 Temporal. El proyecto se desarrollará en un total de cinco (5) meses contando a partir de la aprobación de la propuesta por parte del comité.

Capítulo 2. Marco Referencial.

2.1 Marco Histórico.

En el siglo XX, El uso de la relación agua/cemento y el aumento de la durabilidad con la inclusión de aire, marcaron dos significativos avances en la tecnología del concreto: con base en ello se expandió su investigación. El empleo del concreto armado inicia en 1906 (Rodríguez García, Vera Toro, & Blandon Alzate, 2015), abriendo camino a la dosificación de mezclas.

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

Para encontrar las proporciones más apropiadas, será necesario preparar varias mezclas de prueba, las cuales se calcularán con base en las propiedades de los materiales y la aplicación de leyes o principios básicos preestablecidos. Las características de las mezclas de prueba indicarán los ajustes que deben hacerse en la dosificación de acuerdo con reglas empíricas determinadas. (Rivera L, 2013)

Los métodos de dosificación de hormigones tienen por finalidad encontrar las proporciones en que hay que mezclar a los diferentes componentes de los mismos para conseguir mezclas que posean determinadas características de consistencia, compacidad, resistencia, durabilidad, etc.

El cálculo teórico de las proporciones en que hay que mezclar a los componentes no exime de la comprobación experimental para la puesta a punto de la composición a adoptar. Esto es debido a que ningún método de dosificación puede tener en cuenta la gran cantidad de factores que influyen en las propiedades del hormigón a conseguir.

No existe un método único de dosificación, sino que, dependiendo de las condiciones que deba reunir el hormigón, el proyectista podrá elegir uno entre varios de los muchos existentes y los resultados que se consigan con él serán buenos cuando éste se haya elegido convenientemente y se hayan realizado las correcciones oportunas mediante masas de prueba (Zapata Mera & Ouedraogo Guayasamin, 2014).

En Ocaña, según bases de datos y bibliotecas electrónicas, se desconocen estudios o investigaciones relacionadas con las dosificaciones de concreto estructural, por lo que se desconoce su origen en la ciudad y las técnicas con las cuales se ha venido desarrollando el proceso constructivo.

2.2 Marco Contextual.

Este proyecto de investigación se realiza en pro de los habitantes de Ocaña Norte de Santander (Figura 1), brindando una alternativa de construcción amigable con el medio ambiente.



Figura 1 Ubicación de Ocaña, Norte de Santander

Fuente: Google Maps

Para desarrollar esta investigación, se requiere extraer arcilla, que para este estudio se encuentra localizada en el sector del Hatillo, en Ocaña Norte de Santander y se muestra en la siguiente figura.



Figura 2 Ubicación del Hatillo, Norte de Santander.

Fuente: Google Maps

2.3 Marco Conceptual.

2.3.1 Concreto estructural. Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo concreto simple y reforzado (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010). Es un concreto diseñado para cumplir con los más estrictos requisitos de seguridad, especialmente, en obras localizadas en zonas con alta actividad sísmica, donde son necesarios valores superiores de resistencia a la compresión, densidad y módulo de elasticidad. Elaborado con agregados densos y de características óptimas controladas, da como resultado un producto que satisface la más alta exigencia de calidad en la industria de la construcción (CONKRETAR, 2015).

2.3.2 Arcillas. Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, en el medio exógeno se hidrolizan.

Es una roca sedimentaria, en la mayor parte de los casos de origen detrítico, con características bien definidas. Para un sedimentólogo, arcilla es un término granulométrico, que abarca los sedimentos con un tamaño de grano inferior a 2 mm (García Romero & Suárez Barrios, 2007).

2.3.3 Diseño de Mezclas. El proporcionamiento de la mezcla se refiere al proceso de determinación de las cantidades de los ingredientes del concreto, usando materiales locales, para que se logren las características especificadas.

Un concreto adecuadamente proporcionado debe presentar las siguientes cualidades: Trabajabilidad aceptable del concreto fresco, Durabilidad, resistencia y apariencia uniforme del concreto endurecido y Economía (Kosmatka & Kerkhoff, 2004).

El diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí, como los siguientes: Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos) y Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada. Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales. (Huanca, 2006).

2.3.4 Arcillas Expandidas. Se fabrica a partir de arcilla pura extraída de canteras a cielo abierto. Tras un primer proceso de desbaste, esta arcilla pura se almacena en naves cerradas para su homogeneización y secado. Una vez seca, la arcilla se muele hasta obtener un polvo impalpable denominado crudo. Aglomerado con agua en los platos granuladores, el crudo forma por efecto de la rotación unas esferas de barro de tamaño controlado. Estas pequeñas esferas, con una granulometría de 0 a 4 mm, son el germen de la arcilla expandida (Aramayo Cruz, Buncuga,

Cahuapé Casaux, Forgione, & Navarrete, 2003). Es un material que se produce a partir de arcilla en estado natural mezclada con materia orgánica, la cual se somete a altas temperaturas para poder sacar toda el agua que esta posee; logrando con esto crear un nuevo material resistente y duradero; Este material calcinado obtiene una optimización de sus propiedades que son activadas por el calor al que son expuestas, lo cual permite que estas puedan ser usadas como agregado en el concreto ya sea como agregado fino o grueso.

2.3.5 Cemento. Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene sílice alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos (Rivera L., Concreto Simple, 2013).

2.3.6 Agua. El agua es un compuesto básico e insustituible con características únicas, de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural. Por lo tanto, es el elemento estructurante de la dinámica natural y social del territorio, sin el cual no es posible la vida ni la actividad del hombre (SIAC, s.f.).

2.3.7 Agregados del Concreto. Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como concreto. Como agregados de la mezcla de concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no

perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades o características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland (Rivera L., Concreto Simple, 2013)

2.3.8 Control de Calidad. Es un proceso para alcanzar una característica que satisface el requerimiento deseado. Esta característica puede ser cualitativa o cuantitativa. En tiempos actuales, donde las relaciones humanas han perfeccionado los criterios para la oferta de productos y servicios, el concepto de calidad también ha sido perfeccionado. En el caso del concreto se puede alcanzar los requisitos de calidad, siempre que se cumpla rigurosamente con la calidad requerida en una de las etapas; es decir: (a) Componentes individuales, (b) Procedimientos de diseño, (c) Técnicas de producción, (d) Transporte, colocación y proceso de curado y (e) Muestreo y pruebas de laboratorio (Patiño & Méndez, s.f.).

2.4 Marco Teórico.

2.4.1 Antecedentes. En el año 2010 en la Universidad Nacional de Colombia, sede en Medellín, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: “ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE PLACAS PREFABRICADAS DE CONCRETO ALIGERADO CON ARCILLA EXPANDIDA PARA USO COMO COBERTURAS DE ESTRUCTURAS PECUARIAS”. El objetivo fue evaluar el uso de la arcilla expandida en concretos livianos, dosificada y elaborada de manera que fuera viable el moldeo de placas con una geometría apropiada, capaz de atender las demandas de confort térmico y de las técnicas para estructuras pecuarias.

En el año 2014 en la Escuela Colombiana de ingeniería, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: “CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO”. El objetivo fue incentivar la producción industrial para su masificación, con los respectivos controles de uso en obra, logística de colocación de concretos de alto desempeño a través de un riguroso control de calidad, soportado por las normas nacionales e internacionales vigentes y por los controles empíricos y experimentales que se requieran.

En el año 2015 en la Pontificia Universidad Javeriana, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA VARIACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE AGREGADO LIGERO DE ARCILLA EXPANDIDA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL ALIGERADO”. El objetivo fue evaluar el efecto de la variación de la dosificación del agregado ligero de arcilla expandida en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto estructural aligerado.

En el año 2017 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: “DISEÑO DE MORTEROS LIVIANOS, UTILIZANDO ARCILLA MEDIANAMENTE EXPANSIVA DEL BARRIO HATILLO EN OCAÑA NORTE DE SANTANDER Y ARCILLA ALTAMENTE EXPANSIVA DEL SECTOR MOLINOS EL TRIGAL (VÍA MUNICIPIO ZULIA) EN CÚCUTA NORTE DE SANTANDER”. El objetivo fue estudiar el comportamiento de los morteros livianos utilizando arcilla expandida, producida mediante un proceso de sintonización y trituración, la cual reemplazará el agregado fino natural en los morteros convencionales.

2.5 Marco Legal.

Para el desarrollo de este proyecto no se requieren permisos legales, sin embargo es necesario tener en cuenta las siguientes normatividades.

Ley 685 del 2001: El presente Código tiene como objetivos de interés público fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros de propiedad estatal y privada; estimular estas actividades en orden y satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos y a que su aprovechamiento se realice en forma armónica con los principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente, dentro de un concepto integral de desarrollo sostenible y del fortalecimiento económico y social del país. (Ley 685, 2001)

Normas del Instituto nacional de Vías. I.N.V. E-120-07 (Determinación del potencial de Expansividad de un suelo en el Aparato de lambe)

Esta norma describe un método para la identificación rápida de suelos que puedan presentar problemas de expansión, es decir de cambio de volumen, como consecuencia de variaciones en su contenido de humedad.

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicabilidad de limitaciones regulatorias, con anterioridad a su uso.

I.N.V. E-124-07 (Análisis granulométrico por medio del hidrómetro)

Este método de prueba cubre las determinaciones cuantitativas de la distribución de tamaño de las partículas de las fracciones finas de los suelos. La distribución de tamaños de partículas más grandes de 75 μm (retenidas en el tamiz No 200) se determina por tamizado, en tanto que la distribución de las partículas más pequeñas que 75 μm se determina por un proceso de sedimentación, usando un hidrómetro que asegure los datos necesarios.

I.N.V. E-126-07 Limite plástico e índice de plasticidad de suelos

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

I.N.V. E-128-07 Determinación de la gravedad específica de los suelos y de la llenante mineral.

Este método de ensayo se utiliza para determinar la gravedad específica de los suelos y de la llenante mineral (filler) por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto solo de partículas mayores que el tamiz de 4.75 mm (No. 4), se deberá seguir el método de ensayo para determinar la Gravedad Específica y la Absorción del Agregado Grueso, norma INV E – 223. Cuando el suelo está compuesto por partículas mayores y menores que el tamiz de 4.75 mm (No. 4), se utilizará el método de ensayo correspondiente a cada porción (normas INV E – 222 e INV

E – 223). El valor de gravedad específica para el suelo será el promedio ponderado de los dos valores así obtenidos. Cuando el valor de la gravedad específica sea utilizado en cálculos relacionados con la porción hidrométrica del Análisis Granulométrico de Suelos (norma INV E – 124), la gravedad específica se debe determinar de la porción de suelo que pasa el tamiz de 2.00 mm (No.10), de acuerdo con el método que se describe en la presente norma.

I.N.V. E-132-07 Determinación de los suelos expansivos

Esta norma se refiere a un método para determinar si un suelo es potencialmente expansivo, así como a los métodos para predecir la magnitud hinchamiento que se pueda producir.

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es de responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicabilidad de limitaciones regulatorias, con anterioridad a su uso.

Capítulo 3. Metodología de la Investigación.

3.1 Tipo de Investigación.

El tipo de investigación es experimental, ya que consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

3.2 Población.

La materia prima para el desarrollo del proyecto de investigación es la arcilla ubicada en el municipio del Ocaña norte de Santander, la cual debe cumplir con los parámetros establecidos en las normas técnicas colombianas.

3.3 Muestra.

Se trabajará con las arcillas del sector El Hatillo, Materiales pétreos del Río Algodonal y de la E.A.T. Provias en Ocaña, Norte de Santander.

Agregados del Río Algodonal

Edad 7 y 28 días

Proporción arcilla A, B y C

$2^1 * 3^1 = 6$ Combinaciones

Se deben realizar dos de cada combinación, cumpliendo con lo establecido en el cálculo anterior.

A- 7 días

B- 7 días

C- 7 días

A- 28 días

B- 28 días

C- 28 días

Agregados de la E.A.T. Provías

Edad 14 y 28 días

Proporción arcilla D, E y F

$2^1 * 3^1 = 6$ Combinaciones

D- 14 días

E- 14 días

F- 14 días

D- 28 días

E- 28 días

F- 28 días

3.4 Instrumentos para la Recolección de la Información.

Los instrumentos para la recolección de información necesaria para el desarrollo de esta investigación, fueron los diferentes equipos e instrumentos de laboratorios utilizados para la realización de cada ensayo como el horno para calcular humedades ,la cazuela de casa grande y la espátula para la estimación del límite líquido, taras para colocar las muestras ,la balanza, la serie de tamices para realizar las granulometrías correspondientes, el aparato de lambe para el cálculo respectivo de la Expansividad del suelo, las muflas a unas temperaturas de 1150 C para la calcinación de la arcilla, molino de trituración para buscar el tamaño adecuado al agregado de arcilla, las probetas de 1000 ml para el ensayo de expansión libre, picnómetros para las gravedades específicas, moldes para los cilindros, varilla de 3/8 para la compactación de la mezcla, la máquina de los ángeles para el cálculo del desgaste del triturado y la maquina universal.

3.5 Metodología.

Teniendo en cuenta el objetivo de esta investigación que está dirigido a la dosificación mezclas para obtener concreto estructural empleando arcillas calcinadas del sector El Hatillo,

Materiales pétreos del Río Algodonal y de la E.A.T. Provias en Ocaña, Norte de Santander, se plantean cuatro etapas para su desarrollo.

En la primera etapa se llevará a cabo la recolección y revisión bibliográfica de artículos e investigaciones realizadas, con el propósito de establecer las bases teóricas necesarias que ayuden a determinar las dosificaciones requeridas para el diseño de concretos estructurales.

En la segunda etapa se seleccionará el lugar de extracción del material para así proceder a obtener una muestra suficiente para su evaluación y posteriormente se realizaran los ensayos de laboratorios necesarios para la determinación de las características de dicho material como son: contenido de humedad, gravedad específica, límites de Atterberg, expansión de Lambe, expansión libre de suelos, límite de contracción, análisis granulométrico por hidrómetro y sus respectivas granulometrías, colorimetría al agregado fino, masa unitaria, peso específico, absorción y clasificación de suelos (por la USCS y AASHTO), todos estos a través de las fórmulas y gráficos correspondientes.

En la tercera etapa, ya luego de almacenar los datos obtenidos de los ensayos laboratorios de manera ordenada, se producirá el agregado fino a partir de la arcilla calcinada para hacer las distintas dosificaciones con las proporciones que se van a determinar mediante ajustes de las curvas granulométricas y luego se realizarán los diseños de mezclas con diferentes adiciones de arcilla calcinada, arena del río algodonal y con la arena de la E.A.T Provias, empleando el método RNL (Road Note Laboratory), se utiliza cuando los agregados no cumplen con las especificaciones granulométricas y es necesario utilizarlo en la ejecución de nuestro proyecto

debido a que los materiales con los que se cuenta en la región normalmente no cumplen con las especificaciones dadas por la ASTM 33. Seguidamente se realizarán los cilindros, los cuales serán ensayados a los 7 y 28 días para obtener y procesar la información necesaria para calcular las resistencias con las diferentes adiciones.

Ya en la cuarta y última etapa se va a realizar el respectivo análisis de los resultados obtenidos con el fin de definir cuáles son las dosificaciones que cumplen con el objetivo de esta investigación.

Capítulo 4. Administración del Proyecto.

4.1 Recursos.

4.1.1 Recursos Humanos. Nathali Caamaño Valdez, Estudiante de Ingeniería Civil, Autora del proyecto.

Karen Lorena Güette Paternina, Estudiante de Ingeniería Civil, Autora del proyecto.

Fidel Ernesto Cuberos Cuberos, director temático del proyecto.

Oscar Dallos Luna, Asesor, UFPS.

Alexander Duarte, Estudiante, UFPS.

Isidoro Rangel, Tecnólogo en obras civiles, UFPS.

4.1.2 Recursos Institucionales. La Universidad Francisco de Paula Santander, aportará para la realización de esta investigación los siguientes recursos:

Laboratorio de suelos Civiles, UFPS.

Probetas

Moldes cilíndricos

Cazuela de Casagrande

Mazos de goma

Máquina de Expansión de Lambe

Horno con temperatura de 110 °C

Laboratorio de Resistencia, UFPS

Laboratorio de Minas, UFPS

Máquina de los Ángeles para Ensayo de Desgaste

Mufla de 1200 °C

4.1.3 Recursos Financieros

Tabla 1

Recursos financieros del proyecto de investigación

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Valor Ítem
Material				\$ 82.000
Transporte de Material a Cúcuta	6	\$ 7.000	\$ 42.000	
Arcilla	2	\$ 20.000	\$ 40.000	
Papelería				\$ 40.000
Formatos para toma de datos	100	\$ 100	\$ 10.000	
Impresiones	300	\$ 100	\$ 30.000	
Aporte Institucional UFPS				\$ 350.000
Horno		\$ 100.000	\$ 100.000	
Laboratorio		\$ 250.000	\$ 250.000	
Recursos humanos				\$ 2.180.000
Recurso humano			\$ 680.000	
Aporte científico			\$ 1.500.000	
Gastos de Viaje				\$ 1.000.000
Realización de laboratorios en Cúcuta	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000	
Imprevistos				\$ 180.500
5% de los gastos del proyecto			\$ 182.600	
Total				\$ 3.832.500

Fuente: Autores, 2018

*Tabla 2**Detalle de presupuesto de recursos humanos*

Ítem	N° de horas	Valor hora	Valor ítem
Trabajo de campo	4	\$ 10.000	\$ 40.000
Trabajo de laboratorio	100	\$ 3.200	\$ 320.000
Trabajo de oficina	100	\$ 3.200	\$ 320.000
Total			\$ 680.000

Fuente: Autores, 2018

Capítulo 5. Resultados.

5.1 Estimar los porcentajes de adición de agregado fino generado por la calcinación de arcilla para la sustitución parcial de la arena en la mezcla de concreto.

5.1.1 Caracterizar los componentes de la mezcla de concreto estructural. La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer las características de sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físico-mecánicas de los agregados empleados, con las cuales se establecen las proporciones adecuadas para realizar el diseño de mezcla correspondiente.

Es por esto que para la realización de este proyecto fue necesario realizar los diferentes ensayos de laboratorio que se mencionan a continuación.

5.1.1.1 Contenido de Humedad. Para llevar a cabo la determinación de las diferentes propiedades físico-mecánicas de los materiales a utilizar en primer lugar se buscó la humedad natural con el fin de determinar el contenido de agua con respecto a su peso.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES		
HUMEDAD NATURAL			
FECHA:	Martes, 05 de Junio de 2018		
LOCALIZACIÓN :	Ocaña, sector El Hatillo		
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto		
DESCRIPCIÓN :	Arcilla con algo de arena, alta plasticidad, color amarillo vetas grises		
No.recipiente	223	226	234
Whumedo+Wrecipiente	183,71	198,84	193,99
Wseco+Wrecipiente	166,87	178,46	176,47
Wrecipiente	75,64	71,01	72,57
Humedad (%)	18,46	18,97	16,86
Humedad Promedio (%)	18,10		
OBSERVACIONES			

Figura 3 Contenido de humedad de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
HUMEDAD NATURAL ARENA			
FECHA:	Martes, 19 de Junio de 2018		
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.		
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto		
No.recipiente	63	115	49
Whumedo+Wrecipiente	172,95	174,21	173,02
Wseco+Wrecipiente	169,56	168,93	169,16
Wrecipiente	70,91	72,93	76,18
Humedad (%)	3,44	5,50	4,15
Humedad Promedio (%)	4,36		
OBSERVACIONES			

Figura 4 Humedad natural de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES																								
HUMEDAD NATURAL ARENA																									
FECHA:	Sábado, 30 de Junio de 2018																								
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.																								
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 30%;">No.recipiente</td> <td>8</td> <td>100</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>Whumedo+Wrecipiente</td> <td>221,28</td> <td>206,63</td> <td>213,99</td> </tr> <tr> <td>Wseco+Wrecipiente</td> <td>218,76</td> <td>203,36</td> <td>210,46</td> </tr> <tr> <td>Wrecipiente</td> <td>70,97</td> <td>69,76</td> <td>72,73</td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td>1,70</td> <td>2,45</td> <td>2,57</td> </tr> <tr> <td>Humedad Promedio (%)</td> <td colspan="3">2,24</td> </tr> </table>		No.recipiente	8	100	87	Whumedo+Wrecipiente	221,28	206,63	213,99	Wseco+Wrecipiente	218,76	203,36	210,46	Wrecipiente	70,97	69,76	72,73	Humedad (%)	1,70	2,45	2,57	Humedad Promedio (%)	2,24		
No.recipiente	8	100	87																						
Whumedo+Wrecipiente	221,28	206,63	213,99																						
Wseco+Wrecipiente	218,76	203,36	210,46																						
Wrecipiente	70,97	69,76	72,73																						
Humedad (%)	1,70	2,45	2,57																						
Humedad Promedio (%)	2,24																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">OBSERVACIONES</td> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </table>		OBSERVACIONES																							
OBSERVACIONES																									

Figura 5 Humedad natural de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

En los resultados obtenidos en las figuras 3,4 y 5, se puede observar que el contenido de agua de la arena del rio algodonal es el doble que el de la arena de la planta de Provias, debido al lugar de almacenamiento ya que esto influye de manera directa en la conservación de su humedad natural.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES		
HUMEDAD NATURAL TRITURADO			
FECHA:	Martes, 19 de Junio de 2018		
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.		
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto		
No.recipiente	23	34	114
Whumedo+Wrecipiente	215,92	231,57	218,09
Wseco+Wrecipiente	212,72	228,47	215,86
Wrecipiente	78,71	80,73	71,97
Humedad (%)	2,39	2,10	1,55
Humedad Promedio (%)	2,01		
OBSERVACIONES			

Figura 6 Humedad natural del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
HUMEDAD NATURAL TRITURADO			
FECHA:	Sábado, 30 de Junio de 2018		
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.		
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto		
No.recipiente	15	34	89
Whumedo+Wrecipiente	221,48	224,79	225,62
Wseco+Wrecipiente	220,96	224,43	224,23
Wrecipiente	70,99	80,71	76,37
Humedad (%)	0,35	0,25	0,27
Humedad Promedio (%)	0,29		
OBSERVACIONES			

Figura 7 Humedad natural del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Como se puede apreciar en las figuras 6 y 7, las humedades naturales de los agregados varían. Tiene mayor contenido de agua los triturados del río algodonal que los de la planta de Provías.

5.1.1.2 Gravedad Específica: La realización de este ensayo de laboratorio fue necesario para conocer esta propiedad; debido a que con la gravedad específica se puede conocer qué tipo de material es, y a partir de esto poder proceder con la ejecución del ensayo de hidrómetro.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
GRAVEDAD ESPECÍFICA	
FECHA:	Martes, 05 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Ocaña, barrio El Hatillo
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
DESCRIPCIÓN :	Arcilla con algo de arena, alta plasticidad, color amarillo vetas grises
Calibración del Picnómetro No.	5
Peso del frasco seco y limpio (Wb)	189,12
Volumen del frasco (Vb)	500
Peso del material seco (W1)	100
Coefficiente de expansión (E)	0,0001
Peso unitario del aire a T °C	0,0012
Peso del frasco con agua (W2)	687,8708
Temperatura (°C)	28
Peso seco de sólidos (WS)	90,12
Peso frasco, suelo y agua (Wbws)	744
Peso frasco y agua (Wbw)	687
Gravedad específica del agua (Gw)	0,9963
Gravedad Específica Material (Gs)	2,7109

CURVA DE CALIBRACIÓN	
W2	T°C

OBSERVACIONES

Figura 8 Gravedad específica de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Tabla 3

Valores de gravedad específica

	Tipo de suelo	Gravedad específica
Inorgánico	Grava	2,65
	Arena gruesa a media	2,65
	Arena fina limosa	2,65
	Loess, polvo de piedra y limos	2,67
Inorgánico	Arena arenosa	2,65
	Limo arenoso	2,66
	Limo	2,67-2,70
	Arena arcillosa	2,67
	Limo arcillo arenoso	2,67
	Arcilla arenosa	2,7
	Arcilla limosa	2,75
	Arcilla	2,72-2,80
Orgánico	Limos con trazos de materia orgánica	2,3
	Lodos aluviales	2,13-2,60
	Turba	1,50-2,15

Nota. La tabla muestra los distintos valores de gravedad específica de los diferentes tipos de suelos.

Fuente: Material de construcción

Según la tabla 4, se puede observar que la gravedad específica arrojada con un valor de 2,71 indica que es una arcilla arenosa.

5.1.1.3 Límites de Atterberg: Mediante este ensayo se pudo determinar a través de diferentes valores de humedad de la muestra, es decir de un estado sólido a plástico y de igual manera hasta comportarse como un líquido. Los resultados se muestran en la siguiente figura.

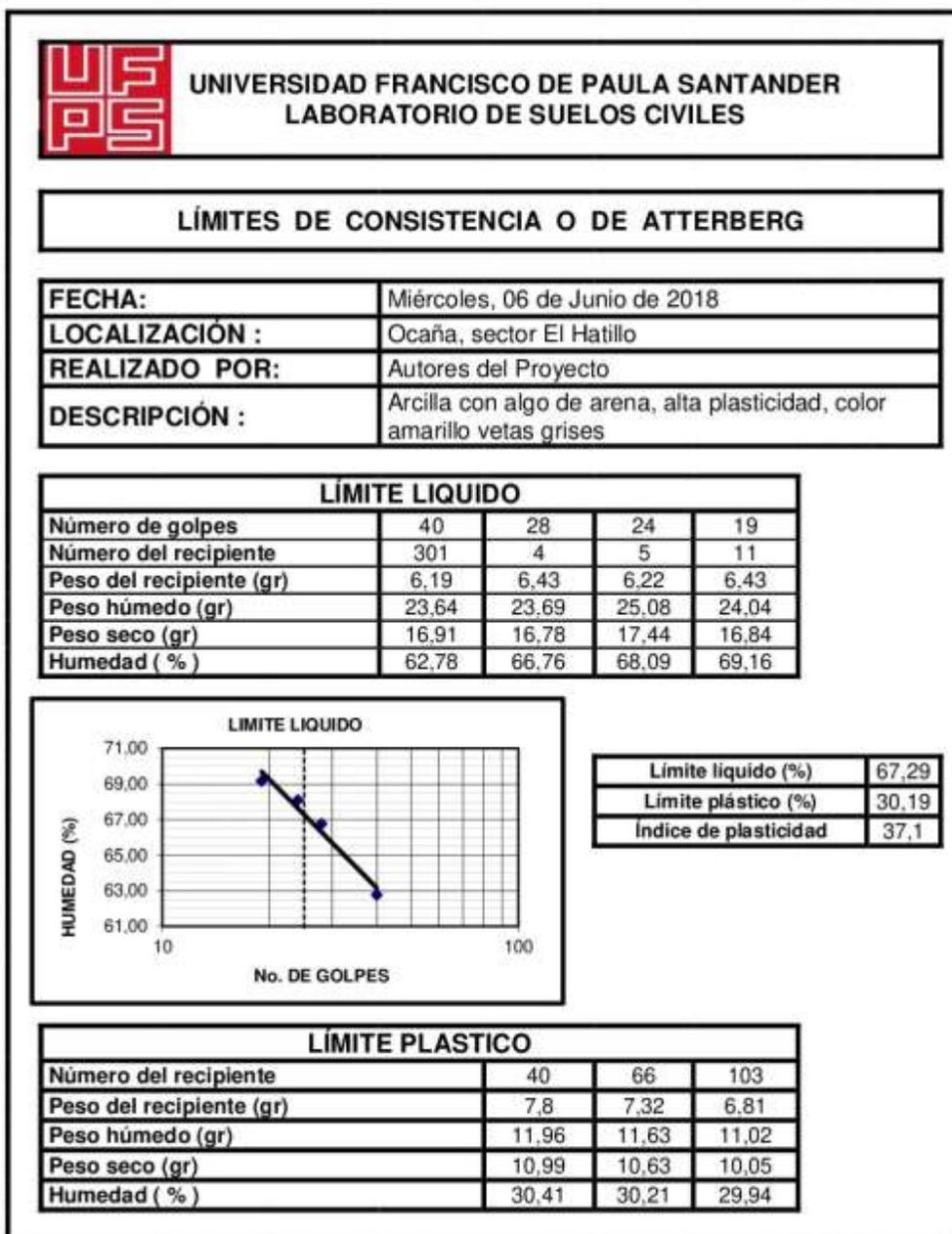


Figura 9 Límites de Atterberg de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.1.4 Clasificación: Para poder saber qué tipo de suelo es, primero es necesario conocer sus características para clasificarlo según el SUCS y la AASTHO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Figura 10 Clasificación de suelos (AASTHO).

Nota fuente. Libro (Fundamentos de ingeniería geotécnica).

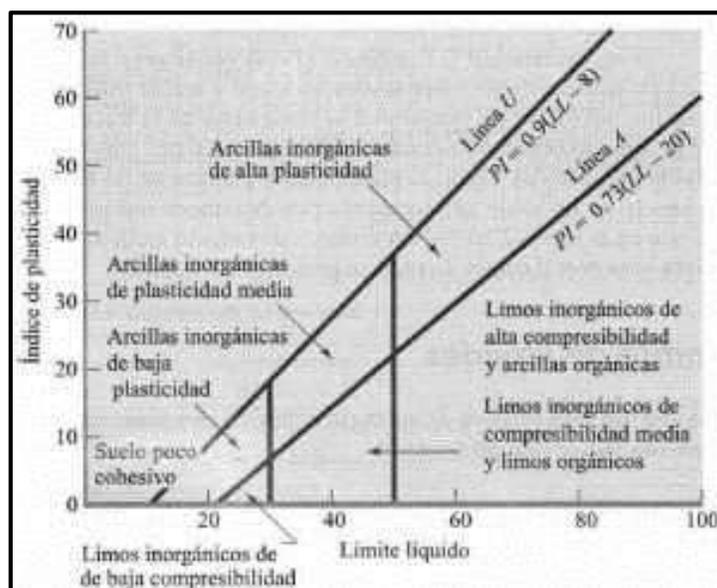


Figura 11 Carta de plasticidad.

Nota fuente. Libro (Fundamentos de ingeniería geotécnica).

Según los sistemas las muestras se clasifican como un suelo A-7-5 y CH respectivamente, contando con las siguientes características de suelo arcilloso con algo de arena de alta plasticidad, color amarillo vetas grises. Como se muestra en la siguiente figura

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES																
CLASIFICACIÓN																	
FECHA:	Miércoles, 06 de Junio de 2018																
LOCALIZACIÓN :	Ocaña, barrio El Hatillo																
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto																
DESCRIPCIÓN :	Arcilla con algo de arena, alta plasticidad, color amarillo vetas grises																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Winicial (gr)</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> <tr> <td>W después de lavar (gr)</td> <td style="text-align: center;">59,00</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td style="text-align: center;">A-7-5</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td style="text-align: center;">20,00</td> </tr> <tr> <td>U.S.C</td> <td style="text-align: center;">CH</td> </tr> <tr> <td>GRAVA</td> <td style="text-align: center;">0,00</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td style="text-align: center;">19,6667</td> </tr> <tr> <td>FINOS</td> <td style="text-align: center;">80,3333</td> </tr> </table>		Winicial (gr)	300	W después de lavar (gr)	59,00	AASHTO	A-7-5	IG	20,00	U.S.C	CH	GRAVA	0,00	ARENA	19,6667	FINOS	80,3333
Winicial (gr)	300																
W después de lavar (gr)	59,00																
AASHTO	A-7-5																
IG	20,00																
U.S.C	CH																
GRAVA	0,00																
ARENA	19,6667																
FINOS	80,3333																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">OBSERVACIONES</td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>		OBSERVACIONES															
OBSERVACIONES																	

Figura 12 Clasificación de la arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.1.5 Límite de Contracción: Puede deducirse que el límite de contracción sería la humedad de la muestra seca si tuviese sus vacíos llenos de agua (Acevedo Agudelo, Vásquez Hernández , & Ramirez Cardona , 2012).

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES	
LÍMITE DE CONTRACCIÓN	
FECHA:	Jueves, 07 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Ocaña, sector El Hatillo
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
DESCRIPCIÓN :	Arcilla con algo de arena, alta plasticidad, color amarillo vetas grises
PRUEBAS	1
Tapa de contracción No.	8
Peso de la tapa (gr)	20,57
Peso tapa + suelo húmedo (gr)	45,71
Peso tapa + suelo seco (gr)	35,49
Peso mercurio desalojado (gr)	137,82
Peso mercurio en la tapa (gr)	239,28
Humedad de la muestra (%)	68,50
Volumen muestra húmeda (cm³)	16,13
Volumen muestra seca (cm³)	8,65
Límite de contracción (%) wS	18,35
Relación de contracción (%) SR	0,93
Cambio Volumétrico Sv	54,21
Densidad del mercurio (gr/cm3)	13,56
OBSERVACIONES	

Figura 13 Límite de Contracción de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según el límite de contracción calculado se encuentra con una arcilla que no varía mucho su volumen.

5.1.1.6 Expansión de Lambe: Este ensayo se realizó con el fin de identificar si la muestra de arcilla presentaba algún problema de cambio de volumen debido a la variación de su contenido de humedad. Los resultados se pueden apreciar en la figura.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES	
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE	
FECHA:	Miércoles, 06 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Ocaña, sector El Hatillo
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
DESCRIPCIÓN :	Arcilla con algo de arena, alta plasticidad, color amarillo vetas grises
MUESTRA	
Diámetro muestra cm.	6,96
Altura muestra cm.	2,17
Área cm ²	38,05
Volumen cm ³	82,56
Peso muestra + molde gr	783,00
Peso molde gr	647,00
Peso muestra gr	136,00
Peso Unitario Húmedo gr/cm ³	1,647
Humedad antes ensayo %	31,99
Peso Unitario Seco gr/cm ³	1,248
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,00
Kte anillo carga kg/div.	1,73
Carga kg	3,11
Índice Expansividad kg/cm ²	0,08
Cambio Potencial de Volumen	No crítico
Condición del Ensayo	Humedad Natural
OBSERVACIONES	

Figura 14 Ensayo de expansión de lambe de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

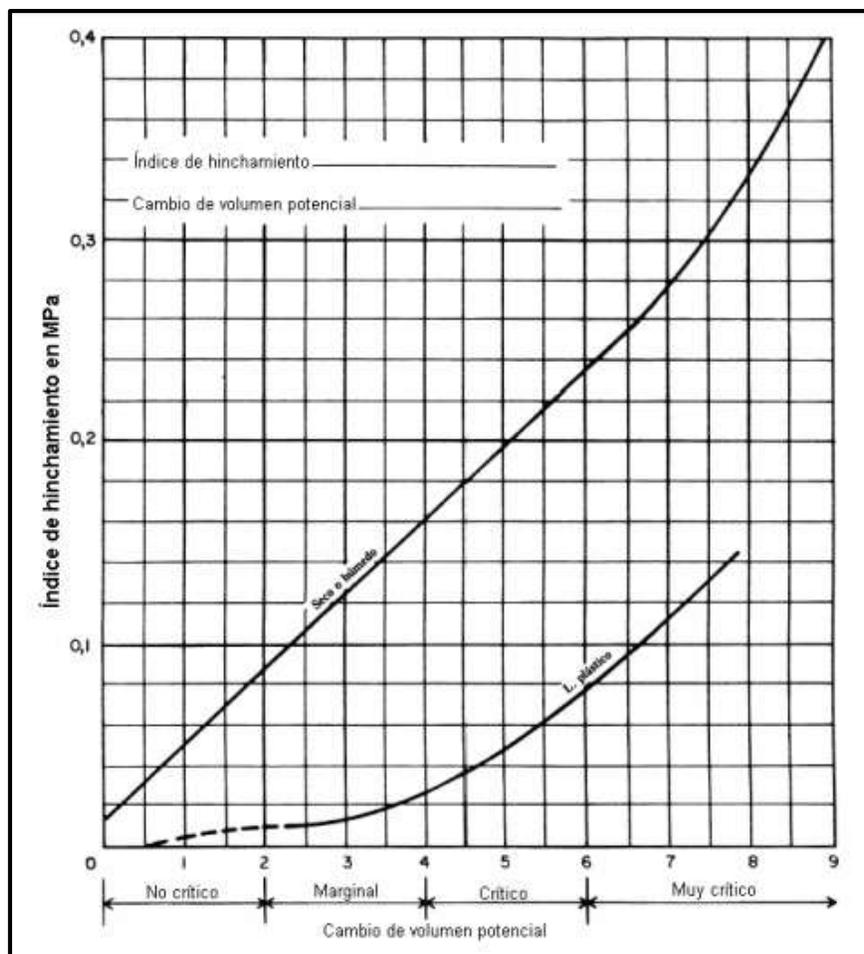


Figura 15 Curva para determinar % PVC de expansión (según Lambe)

Fuente: Norma INV E-132-07

PCV	Condición para el Suelo
< 2	No crítica
2 – 4	Marginal
4 – 6	Crítica
> 6	Muy crítica

Figura 16 Condición del suelo según % PVC de expansión

Fuente: Norma INV E-132-07

El valor obtenido es menor a 2 por lo tanto es un suelo no crítico el cual no presenta riesgos altos y puede ser utilizado para obras civiles.

5.1.1.7 Expansión Libre de los Suelos: Con este ensayo se pudo determinar el grado de Expansividad del suelo sumergido en agua y sin ninguna carga; los resultados se muestran en la siguiente figura.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS	
FECHA:	Miércoles, 06 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Ocaña, sector El Hatillo
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
DESCRIPCIÓN :	Arcilla con algo de arena, alta plasticidad, color amarillo vetas grises
PRUEBA	1
PROBETA No.	1
Gw - Volumen probeta con agua	17,0
Vk - Volumen probeta con ACPM	15,0
IEL % = $(Vw-Vk)*100/Vk$	13,33
OBSERVACIONES:	

Figura 17 Ensayo de expansión libre de arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.1.8 Ensayo de análisis granulométrico por Hidrómetro: Este ensayo se realizó con el propósito de conocer el porcentaje de material fino de diámetro 0,002(Arcilla) y limos para poder determinar qué tipo de suelo es.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES													
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO													
FECHA:		Miércoles, 06 de Junio de 2018											
LOCALIZACIÓN :		Ocaña, sector El Hatillo											
REALIZADO POR:		Autores del Proyecto											
DESCRIPCIÓN :		Arcilla con algo de arena, alta plasticidad, color amarillo vetas grises											
Hidrómetro		152.H					Gs de los solidos		2,7		a		0,99
Agente dispersante		Hexametáfosfato de sodio					Cantidad		125 ml		Ws		50
Corrección de cero		1					Corrección de menisco		1				
FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECIÓN TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L TABLA	L/T	K TABLA	D mm	
06/06/2018	09:53	1	31	52,0	4,60	56,60	106,13	58	7,10	7,10000	0,0121	0,0322414	
		2	31	50,0	4,60	54,60	102,17	56	8,00	4,00000	0,0121	0,0242000	
		4	31	47,0	4,60	51,60	96,23	53	8,10	2,02500	0,0121	0,0172186	
		8	31	44,0	4,60	48,60	90,29	50	8,30	1,03750	0,0121	0,0123247	
		15	31	42,0	4,60	46,60	86,33	48	8,40	0,56000	0,0121	0,0090548	
	30	30	38,0	3,80	41,80	78,82	43	8,60	0,28667	0,0121	0,0064784		
	45	31	36,0	4,60	40,60	74,45	42	8,80	0,19556	0,0121	0,0053508		
	10:53	60	31	34,0	4,60	38,60	70,49	40	9,40	0,15667	0,0121	0,0047893	
	11:23	90	30	32,0	3,80	35,80	64,94	37	9,70	0,10778	0,0120	0,0039395	
	11:53	120	31	31,0	4,60	35,60	64,55	37	10,40	0,08667	0,0120	0,0035327	
14:13	260	31	27,0	4,60	31,60	56,63	33	10,40	0,04000	0,0120	0,0024000		
15:53	360	29	26,0	3,05	29,05	51,58	30	10,70	0,02972	0,0123	0,0021205		
07/06/2018	08:23	1350	29	23,0	3,05	26,05	45,64	27	11,20	0,00830	0,01200	0,0010930	
	09:53	1440	29	23,0	3,05	26,05	45,64	27	11,20	0,00778	0,01200	0,0010583	
$RC = R \text{ real} - \text{corrección cero} + ct$ $\% \text{ más fino} = Rc \cdot (a) / Ws$ $D = K \sqrt{L/T}$ $\% \text{ Finos que pasa el diámetro } 0,002 = 50,88\%$													
OBSERVACIONES													

Figura 18 Ensayo de análisis granulométrico por Hidrómetro de la arcilla de Ocaña N.S., sector El Hatillo.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Los valores obtenidos fue un valor de 50,88% de material de diámetro de 0,002 lo que indica que predomina el material arcilloso

5.1.1.9 Granulometría: Realizar la granulometría a los agregados es muy importante ya que esto determina como están distribuidas las partículas. Esta granulometría se determina haciendo una muestra representativa de los agregados por diferentes tamices de diámetro de mayor a menor.

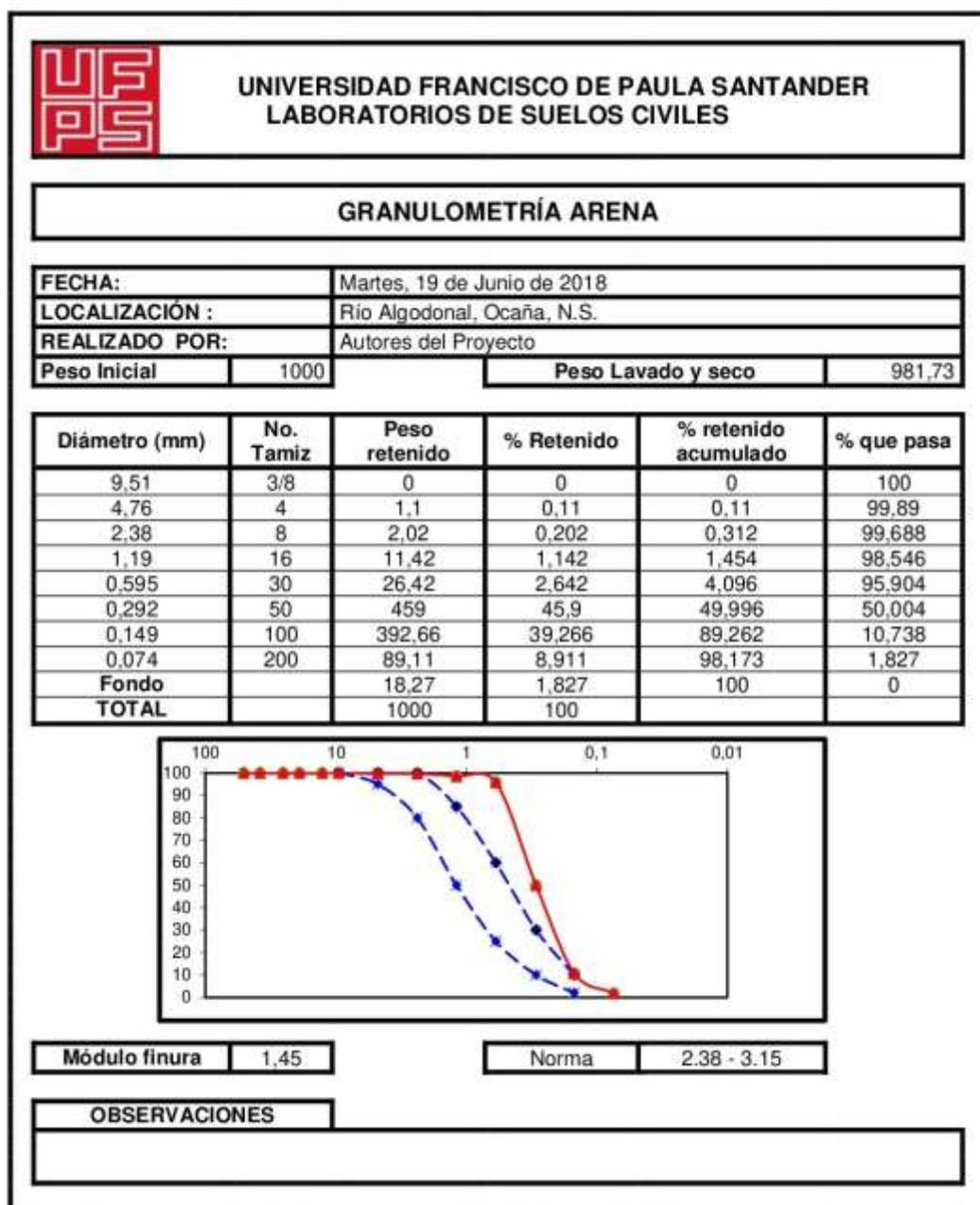


Figura 19 Gradación de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

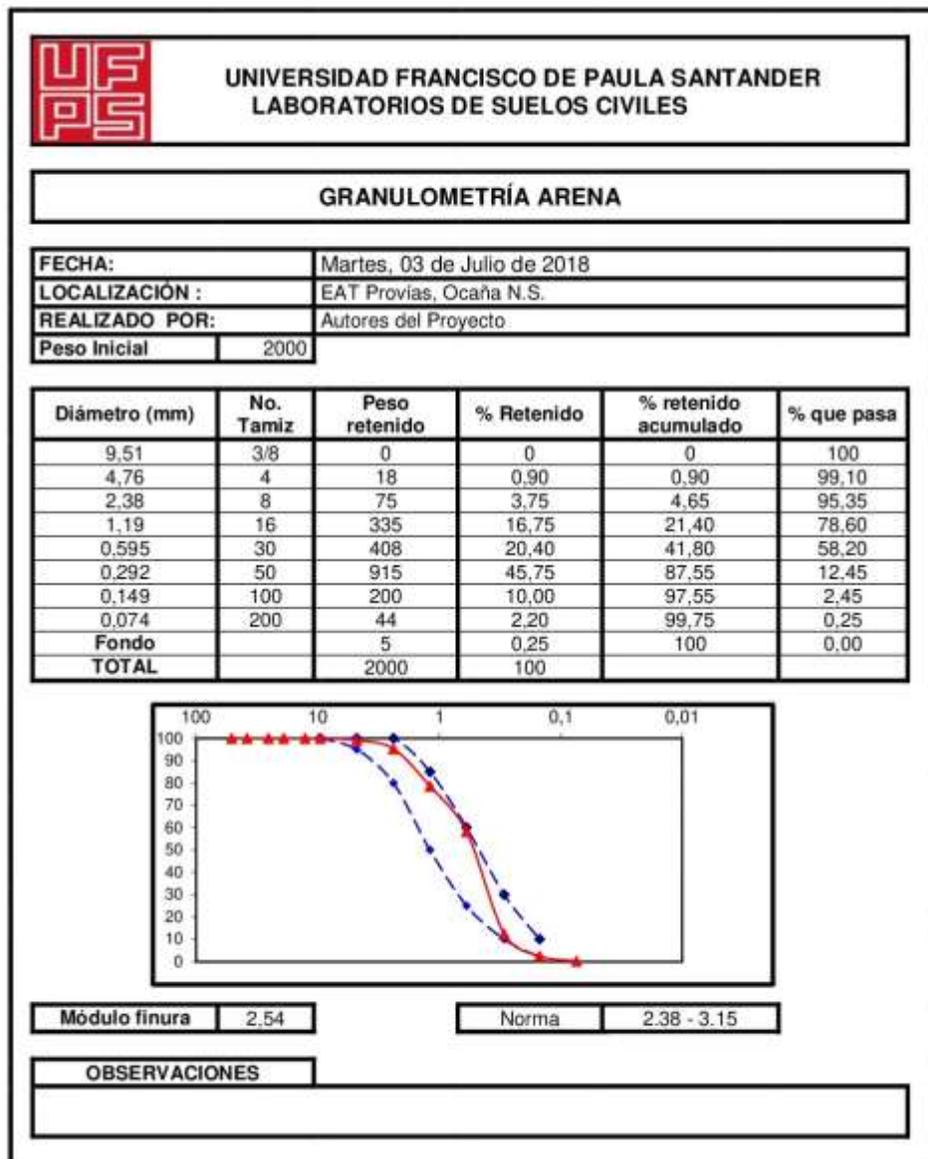


Figura 20 Gradación de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los resultados obtenidos de la granulometría realizada a la arena del río algodonal, en dos mallas consecutivas se están reteniendo más del 45% del agregado, lo cual indica que no es una buena arena; además el módulo de finura no está cumpliendo ya que es un material demasiado fino. En cambio, La arena de la planta de Provías llegó en un estado muy grueso por eso se hizo necesario tamizarla por la malla n° 4, para poder ser utilizada para los diseños.

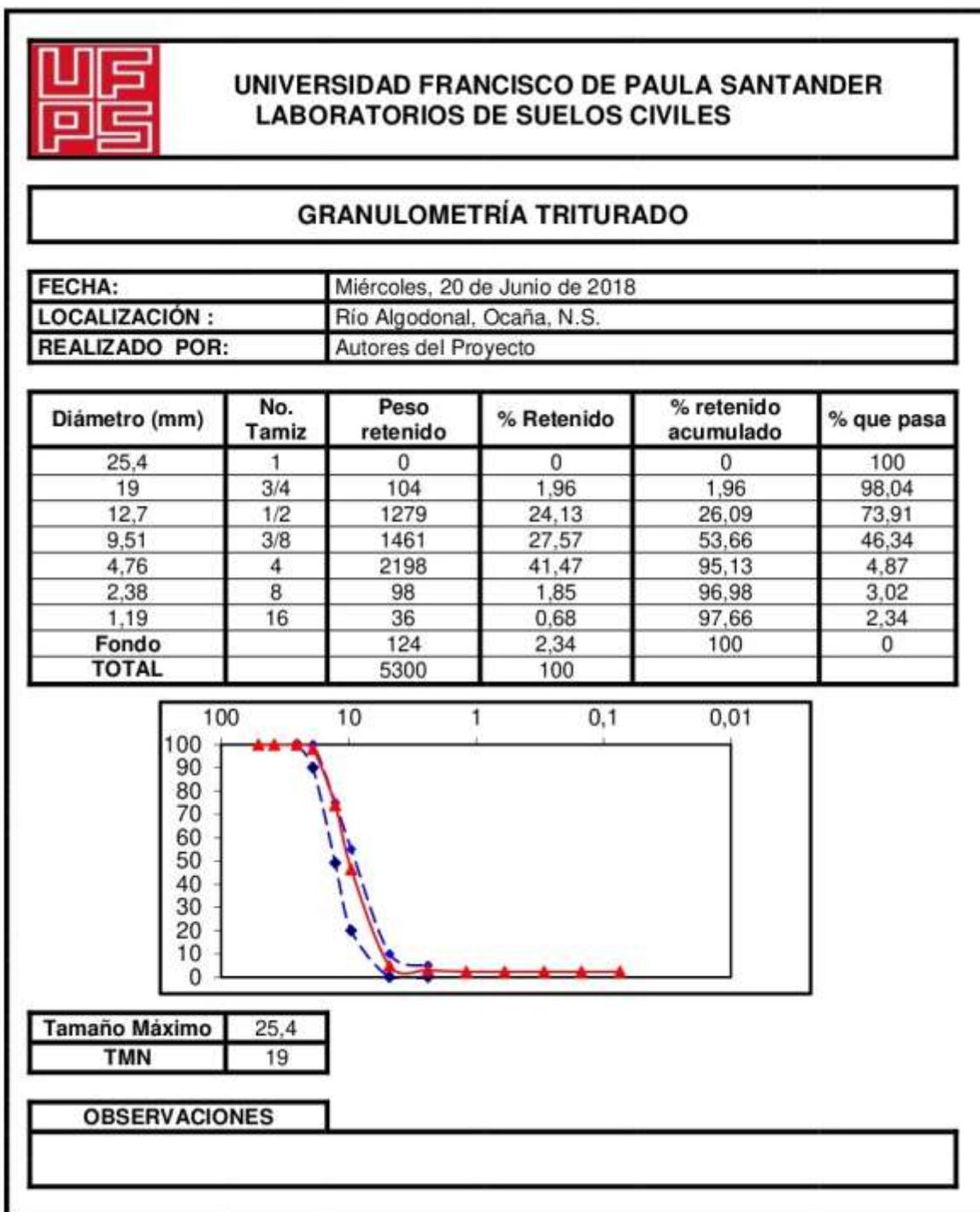


Figura 21 Gradación del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

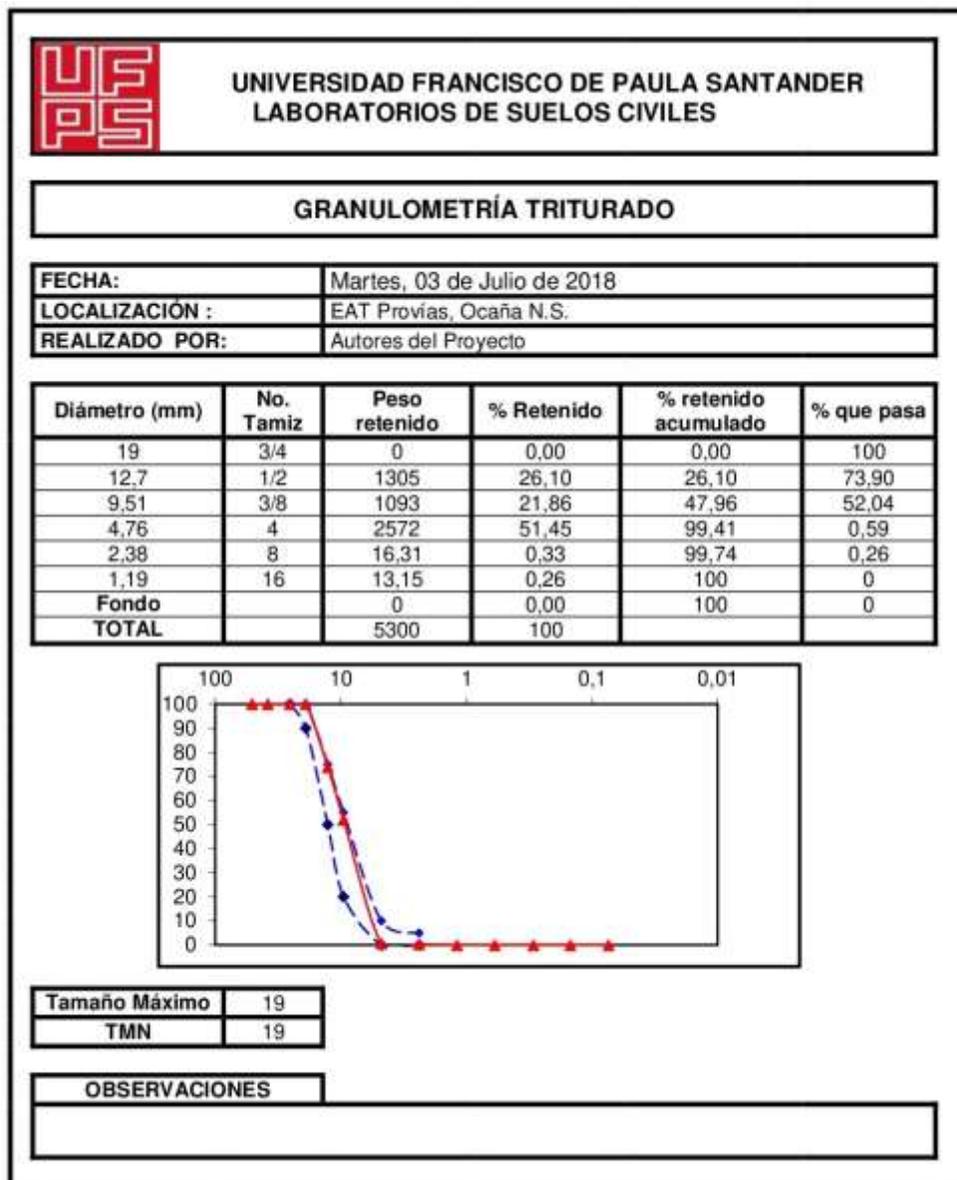


Figura 22 Gradación del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.1.10 Colorimetría: Es de vital importancia saber que los materiales que están siendo utilizados para la fabricación del concreto, no contenga material orgánico, ya que esto afecta la resistencia del mismo.



Figura 23 Colorimetría de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según el color arrojado, indica que no contiene materia orgánica, por lo tanto, no va afectar el comportamiento del material al emplearlo en la mezcla.

5.1.1.11 Masa unitaria: Para la determinación de las proporciones indicadas de los agregados es necesario conocer la masa unitaria suelta y compacta del material. A continuación se muestra los resultados.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
MASA UNITARIA ARENA	
FECHA:	Miércoles, 20 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
W Recipiente + Material Suelto grs	12840
W Recipiente grs	4798
W Material Suelto grs	8042
Volumen Recipiente cms ³	5560
Masa Unitario Suelto grs/cms³	1,446
W Recipiente + Material Compacto grs	13486
W material Compacto grs	8688
Masa Unitario Compacta grs/cms³	1,563
OBSERVACIONES	

Figura 24 Masa unitaria de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES																	
MASA UNITARIA ARENA																	
FECHA:	Sábado, 30 de Junio de 2018																
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.																
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto																
<table border="1"> <tr> <td>W Recipiente + Material Suelto grs</td> <td style="text-align: right;">13264</td> </tr> <tr> <td>W Recipiente grs</td> <td style="text-align: right;">4800</td> </tr> <tr> <td>W Material Suelto grs</td> <td style="text-align: right;">8464</td> </tr> <tr> <td>Volumen Recipiente cms3</td> <td style="text-align: right;">5560</td> </tr> <tr> <td>Masa Unitario Suelto grs/cms3</td> <td style="text-align: right;">1,522</td> </tr> <tr> <td>W Recipiente + Material Compacto grs</td> <td style="text-align: right;">13826</td> </tr> <tr> <td>W material Compacto grs</td> <td style="text-align: right;">9026</td> </tr> <tr> <td>Masa Unitario Compacta grs/cms3</td> <td style="text-align: right;">1,623</td> </tr> </table>		W Recipiente + Material Suelto grs	13264	W Recipiente grs	4800	W Material Suelto grs	8464	Volumen Recipiente cms3	5560	Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,522	W Recipiente + Material Compacto grs	13826	W material Compacto grs	9026	Masa Unitario Compacta grs/cms3	1,623
W Recipiente + Material Suelto grs	13264																
W Recipiente grs	4800																
W Material Suelto grs	8464																
Volumen Recipiente cms3	5560																
Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,522																
W Recipiente + Material Compacto grs	13826																
W material Compacto grs	9026																
Masa Unitario Compacta grs/cms3	1,623																
<table border="1"> <tr> <td>OBSERVACIONES</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>		OBSERVACIONES															
OBSERVACIONES																	

Figura 25 Masa unitaria de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
MASA UNITARIA TRITURADO	
FECHA:	Miércoles, 20 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
W Recipiente + Material Suelto grs	12986
W Recipiente grs	4798
W Material Suelto grs	8188
Volumen Recipiente cms3	5560
Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,473
W Recipiente + Material Compacto grs	13794
W material Compacto grs	8996
Masa Unitario Compacta grs/cms3	1,618
OBSERVACIONES	

Figura 26 Masa unitaria del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
MASA UNITARIA TRITURADO	
FECHA:	Sábado, 30 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
W Recipiente + Material Suelto grs	12580
W Recipiente grs	4798
W Material Suelto grs	7782
Volumen Recipiente cms3	5560
Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,400
W Recipiente + Material Compacto grs	13452
W material Compacto grs	8654
Masa Unitario Compacta grs/cms3	1,556
OBSERVACIONES	

Figura 27 Masa unitaria del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.1.12 Peso específico y Absorción: El peso específico y la absorción es uno de los términos más importantes en el diseño de una mezcla; el primero se define como una relación entre el peso del material y el volumen que ocupan las partículas de este material, y el segundo se relaciona con la porosidad las partículas.

A continuación se muestra los datos obtenidos de peso específico y absorción de cada material.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN ARENA	
FECHA:	Miércoles, 20 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
Peso de la muestra seca al horno gr	495
Peso del balón lleno con agua gr	689
Peso de muestra saturada y superficialmente seca gr	500
Peso del balón con la muestra y el agua hasta la marca de calibración gr	1003
Peso específico aparente	2,65
Peso específico saturado y superficie seca	2,68
Peso específico nominal	2,73
% Absorción	1,01
OBSERVACIONES	

Figura 28 Peso específico y Absorción de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN ARENA	
FECHA:	Miércoles, 04 de Julio de 2018
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
Peso de la muestra seca al horno gr	491
Peso del balón lleno con agua gr	607
Peso de muestra saturada y superficialmente seca gr	500
Peso del balón con la muestra y el agua hasta la marca de calibración gr	918
Peso específico aparente	2,59
Peso específico saturado y superficie seca	2,64
Peso específico nominal	2,72
% Absorción	1,83
OBSERVACIONES	

Figura 29 Peso específico y Absorción de la arena de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los datos registrados la absorción de la arena de la planta Provías y los extraídos del río algodonal no varía significativamente.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN TRITURADO	
FECHA:	Miércoles, 20 de Junio de 2018
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
Peso de la muestra seca al horno gr	3633
Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente gr	3700
Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada gr	2341
Peso específico aparente	2,67
Peso específico aparente y superficialmente seco	2,72
Peso específico nominal	2,80
% Absorción	1,84
OBSERVACIONES	

Figura 30 Peso específico y Absorción de la arena del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES	
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION TRITURADO	
FECHA:	Miércoles, 04 de Julio de 2018
LOCALIZACION :	EAT Provías, Ocaña N.S.
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto
Peso de la muestra seca al horno gr	3194
Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente gr	3260
Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada gr	2061
Peso específico aparente	2,66
Peso específico aparente y superficialmente seco	2,71
Peso específico nominal	2,81
% Absorción	2,07
OBSERVACIONES	

Figura 31 Peso específico y Absorción del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Como se puede observar en las figuras anteriores, los pesos específicos y las absorciones de ambos triturados son similares.

5.1.1.13 Caras Fracturadas: Algunas especificaciones contienen requisitos relacionados a un porcentaje de partículas fracturadas en agregados gruesos. Uno de los propósitos de este requisito es incrementar la resistencia al corte incrementando la fricción entre partículas en mezclas de agregado ligadas o no ligadas. (Instituto nacional de vías, 2007)

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES				
ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS				
FECHA:	Miércoles, 20 de Junio de 2018			
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.			
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto			
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	104	1,96	1,96	98,04
1/2"	1279	24,13	26,09	73,91
3/8"	1461	27,57	53,66	46,34
No.4	2198	41,47	95,13	4,87
No.10	98	1,85	96,98	3,02
No.200	36	0,68	97,66	2,34
FONDO	124	2,34	100	0
TOTAL	5300	100		
TAMIZ	PESO PARTÍCULAS	PESO PART. FRACTURADAS	% CARAS FRACTURADAS	%RET GRAD. ORIGINAL
1 1/2" - 1"	0	0	0	0
1" - 3/4"	104	76	73,08	1,96
3/4" - 1/2"	1279	931	72,79	24,13
1/2" - 3/8"	1461	1159	79,33	27,57
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	79%			
OBSERVACIONES				

Figura 32 Ensayo de caras fracturadas del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES				
ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS				
FECHA:	Martes, 03 de Julio de 2018			
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.			
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto			
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	126	2,52	2,52	97,48
1/2"	1179	23,58	26,10	73,90
3/8"	1093	21,86	47,96	52,04
No.4	2586	51,72	99,68	0,32
No.10	16	0,32	100	0,00
No.200	0	0,00	100	0,00
FONDO		0,00	100	0,00
TOTAL	5000	100		
TAMIZ	PESO PARTÍCULAS	PESO PART. FRACTURADAS	% CARAS FRACTURADAS	%RET GRAD. ORIGINAL
1 1/2" - 1"	0	0	0	0
1" - 3/4"	126	99,31	78,82	2,52
3/4" - 1/2"	1179	611	51,82	23,58
1/2" - 3/8"	1093	813	74,38	21,86
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	74%			
OBSERVACIONES				

Figura 33 Ensayo de caras fracturadas del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

El porcentaje de caras fracturadas de ambos triturados sobrepasa más del 70%, lo que indica una mayor adhesión de partículas en el momento de ser mezclado con los demás componentes del concreto.

5.1.1.14 Índice de Aplanamiento: Este ensayo se realizó con el objetivo de saber que porcentajes de partículas son aplanadas, como se muestra a continuación.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES			
ÍNDICE DE APLANAMIENTO				
FECHA:	Miércoles, 20 de Junio de 2018			
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.			
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto			
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	104	1,96	1,96	98,04
1/2"	1279	24,13	26,09	73,91
3/8"	1461	27,57	53,66	46,34
No.4	2198	41,47	95,13	4,87
No.10	98	1,85	96,98	3,02
No.200	36	0,68	97,66	2,34
FONDO	124	2,34	100	0
TOTAL	5300	100		
TAMIZ PASA RETEN.	MASA DE LA FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA	ANCHO NOM. RANURA DEL CALIBRADOR	MASA PARTICULAS QUE PASAN	
1 1/2" - 1"	0	18,8	0	
1" - 3/4"	76	13,2	230	
3/4" - 1/2"	1112	9,5	398	
1/2" - 3/8"	903	6,6	180	
ÍNDICE DE APLANAMIENTO	39%			
OBSERVACIONES				

Figura 34 Índice de aplanamiento del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES			
ÍNDICE DE APLANAMIENTO				
FECHA:	Martes, 03 de Julio de 2018			
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.			
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto			
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	126	2,52	2,52	97,48
1/2"	1179	23,58	26,10	73,90
3/8"	1093	21,86	47,96	52,04
No.4	2586	51,72	99,68	0,32
No.10	16	0,32	100	0,00
No.200	0	0,00	100	0,00
FONDO		0,00	100	0,00
TOTAL	5000	100		
TAMIZ PASA RETEN.	MASA DE LA FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA	ANCHO NOM. RANURA DEL CALIBRADOR	MASA PARTICULAS QUE PASAN	
1" - 3/4"	0	13,2	0	
3/4" - 1/2"	126	9,5	72	
1/2" - 3/8"	1179	6,6	320	
3/8" - 1/4"	1093	4,7	155	
ÍNDICE DE APLANAMIENTO	23%			
OBSERVACIONES				

Figura 35 Índice de aplanamiento del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.1.15 Índice de Alargamiento: Es necesario estudiar las partículas alargadas ya que estas son muy débiles porque poseen una estructura laminar, lo que no aporta a la resistencia del concreto.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES				
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO				
FECHA:	Miércoles, 20 de Junio de 2018			
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.			
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto			
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	104	1,96	1,96	98,04
1/2"	1279	24,13	26,09	73,91
3/8"	1461	27,57	53,66	46,34
No.4	2198	41,47	95,13	4,87
No.10	98	1,85	96,98	3,02
No.200	36	0,68	97,66	2,34
FONDO	124	2,34	100	0
TOTAL	5300	100		
TAMIZ PASA RETEN.	MASA DE LA FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA	ANCHO NOM. RANURA DEL CALIBRADOR	MASA PARTICULAS QUE PASAN	
1 1/2" - 1"	0	56,3	0	
1" - 3/4"	89	39,6	130	
3/4" - 1/2"	1090	28,4	488	
1/2" - 3/8"	1134	19,8	281	
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	39%			
OBSERVACIONES				

Figura 36 Índice de alargamiento del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES				
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO				
FECHA:	Martes, 03 de Julio de 2018			
LOCALIZACIÓN :	EAT Provías, Ocaña N.S.			
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto			
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	126	2,52	2,52	97,48
1/2"	1179	23,58	26,10	73,90
3/8"	1093	21,86	47,96	52,04
No.4	2586	51,72	99,68	0,32
No.10	16	0,32	100	0,00
No.200	0	0,00	100	0,00
FONDO		0,00	100	0,00
TOTAL	5000	100		
TAMIZ PASA RETEN.	MASA DE LA FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA	ANCHO NOM. RANURA DEL CALIBRADOR	MASA PARTICULAS QUE PASAN	
1" - 3/4"	0	39,6	0	
3/4" - 1/2"	126	28,4	108	
1/2" - 3/8"	1179	19,8	942	
3/8" - 1/4"	1093	14,2	898	
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	81%			
OBSERVACIONES				

Figura 37 Índice de alargamiento del triturado de EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Los porcentajes de alargamiento de los materiales fueron 39% y 81% respectivamente, lo que indica que los materiales no cumplen con las especificaciones de la norma de INVIAS, cuyo valor máximo es 35%. Además, al tener este porcentaje de partículas con estas características el valor de la resistencia disminuye ya que estas impiden la salida del agua durante el proceso de fraguado, generando una bolsa de aire.

5.1.1.16 Desgaste: El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la máquina de los ángeles con una carga abrasiva. (Instituto nacional de vías, 2007).

En la siguiente figura se muestran los resultados, el desgaste que sufrió el triturado al ser sometido a la carga.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES		
DESGASTE				
FECHA:		Viernes, 22 de Junio de 2018		
LOCALIZACIÓN :		Río Algodonal, Ocaña, N.S.		
REALIZADO POR:		Autores del Proyecto		
Peso inicial (gr)		5000		
PORCENTAJE	No. VUELTAS	PESO (gr)	% DEL PESO INICIAL	
8%	100	4612	400	4600
40%	400	3482	2000	3000
OBSERVACIONES				

Figura 38 Desgaste del triturado del río Algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.2 Granulometría con los diferentes porcentajes de arcilla calcinada y masa unitaria y absorción de las combinaciones.

Para estimar los distintos porcentajes de adición para la sustitución parcial de la arena se realizó la optimización granulométrica, mirando que cantidad de material se ajustaba más a la curva y luego se llevó a cabo los distintos diseños.

A continuación se muestran las granulometrías con las proporciones de 50:50 ,60:40 y 40:60 con los materiales del rio y 10:90,20:80 y 30:70 de la planta de Provias.



Figura 39 Granulometría de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

De acuerdo al grafico anterior se puede observar que en la mezcla 50:50 de la arcilla y la arena, el módulo de finura se encuentra entre el rango establecido por la Norma, pero se retiene más del 50% en dos tamices seguido.

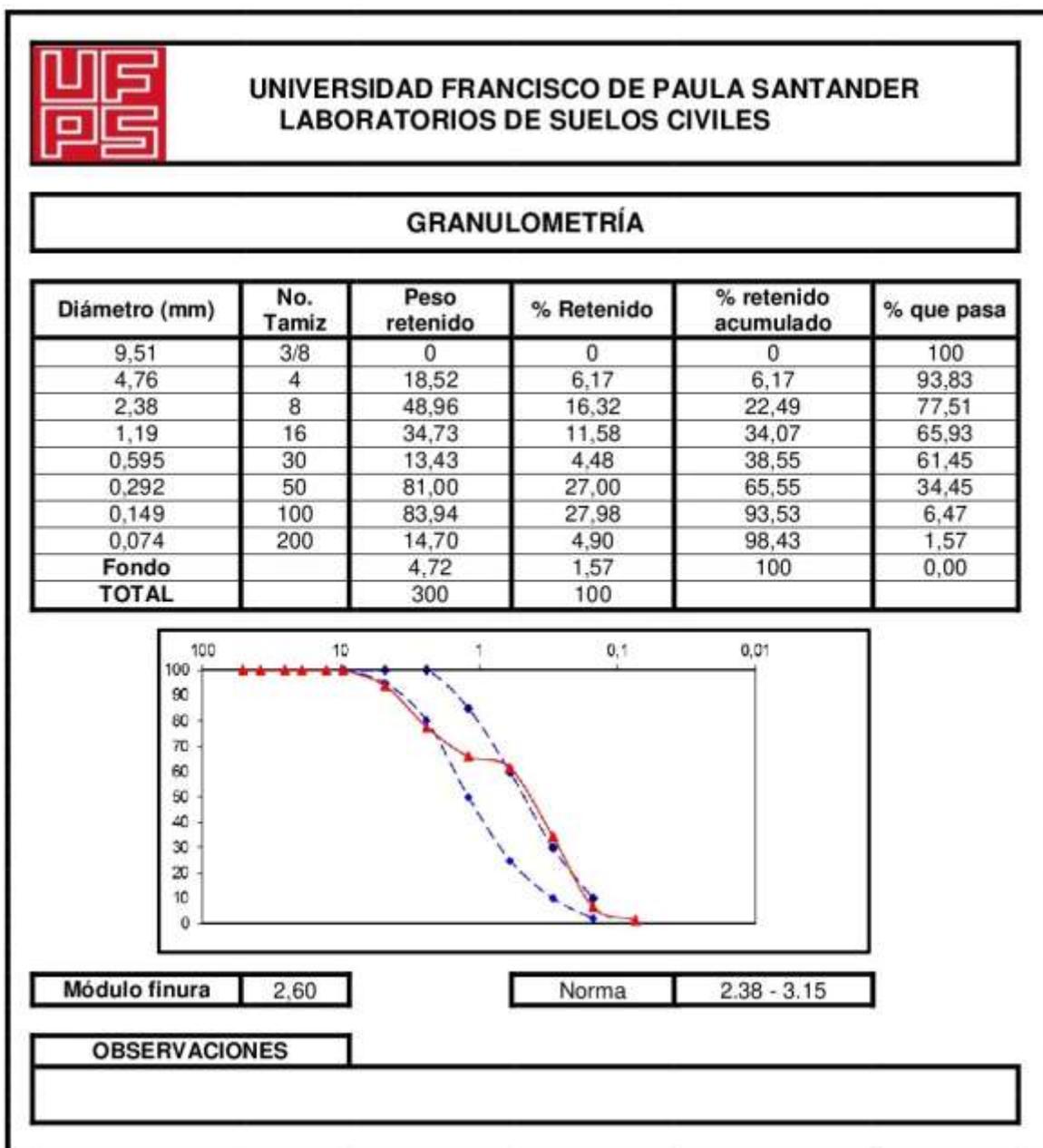


Figura 40 Granulometría de la mezcla 40:60 de arcilla calcinada

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

El módulo de finura se encuentra entre el rango, pero en dos tamices seguidos se retiene más del 50% del material.

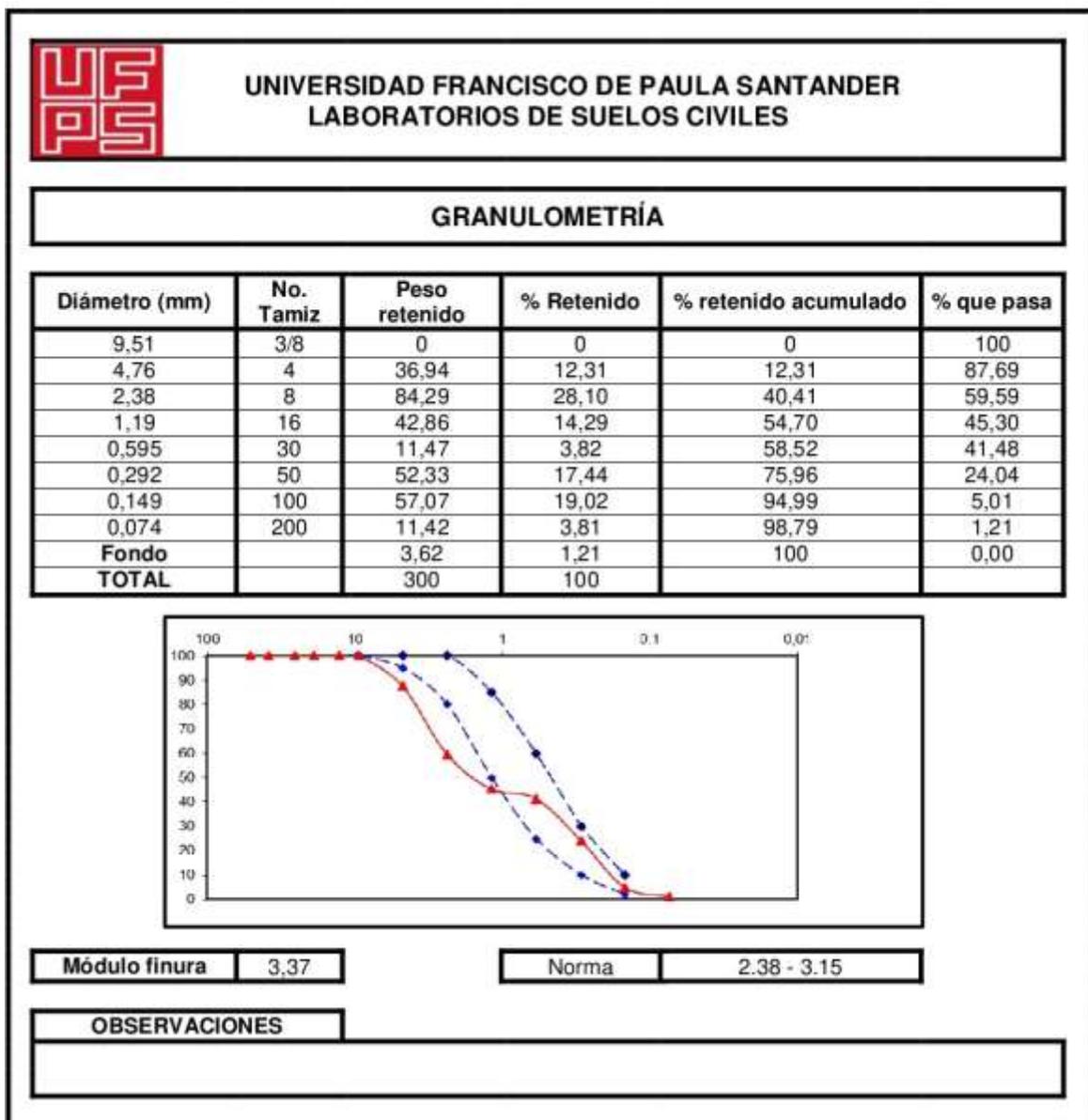


Figura 41 Granulometría de la mezcla 60:40 de arcilla calcinada

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

El módulo de finura no está dentro del rango permitido y se retiene más del 50% en dos tamices seguidos.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES			
MASA UNITARIA			
Proporción Arcilla: Arena	60:40	50:50	40:60
W Recipiente + Material Suelto grs	567	568	567
W Recipiente grs	269	269	269
W Material Suelto grs	298	299	298
Volumen Recipiente cms ³	222	210	218
Masa Unitario Suelto grs/cms³	1,342	1,424	1,367
OBSERVACIONES			

Figura 42 Masa unitaria de las mezclas de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los resultados obtenidos con las diferentes proporciones de arcilla calcinada se puede observar que la masa unitaria suelta de la combinación 50:50 es mayor; pero no varían significativamente.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES			
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
Proporción Arcilla: Arena	60:40	50:50	40:60
Peso de la muestra seca al horno gr	298	293	294
Peso del balón lleno con agua gr	606	686	655
Peso de muestra saturada y superficialmente seca gr	300	299	300
Peso del balón con la muestra y el agua hasta la marca de calibración gr	788	868	839
Peso específico aparente	2,52	2,50	2,53
Peso específico saturado y superficie seca	2,54	2,55	2,58
Peso específico nominal	2,56	2,63	2,67
% Absorción	0,67	2,39	2,04
OBSERVACIONES			

Figura 43 Peso específico y absorción de las mezclas de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.3 Diseño de mezclas.

5.1.3.1 Elegir el asentamiento. Según el tipo de estructura y condiciones de colocación se busca el valor del asentamiento en la siguiente tabla.

Tabla 4

Valores de asentamientos

Asentamiento(cm)	consistencia (tipo de concreto)	Grado de trabajabilidad	Tipo de estructura y condiciones de colocación
0-2,0	Muy seca	Muy pequeño	vigas o pilotes de alta resistencia con vibradores de formaletas
2,0-3,5	Seca	Pequeño	pavimentos vibrados con máquina mecánica Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibraciones normales.
3,5-5,0	Semi-seca	Pequeño	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración
5,0-10,0	Media	Medio	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración.
10,0-15,0	Húmeda	Alto	

Nota: Fuente: Libro técnicas y propiedades del concreto

Se tomó el valor de 7,5 cm es decir grado de trabajabilidad medio

5.1.3.2 Elegir el tamaño máximo nominal. Este parámetro se determina a partir del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura mayor a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más (Asociación colombiana productores del concreto, 2010).

El tamaño máximo nominal con el diseño de los materiales del río algodón fue 19 mm.

5.1.3.3 Estimar el contenido de aire. Para estimar el valor de contenido de aire se tiene en cuenta el TMN y a donde estará expuesto.

Tabla 5

Contenido aproximado de aire en el concreto para varios grados de exposición

Agregado grueso		Porcentaje promedio de aire atrapado	Porcentaje promedio total de aire recomendado para los siguientes grados de exposición	
pulg	mm		Suave	Moderado
3//8	9,51	2,70	4,50	6,00
1//2	12,50	2,50	4,00	5,50
3//4	19,10	2,00	3,50	5,00
1	25,40	1,70	3,00	4,50
1 1/2	38,10	1,50	2,50	4,50
2	50,80	1,00	2,00	4,00
3	76,10	0,30	1,50	3,50
6	152,40	0,20	1,00	3,00

Nota: Fuente: Libro tecnología del concreto

5.1.3.4 Estimar la cantidad de agua de mezclado. Dependiendo del asentamiento y del tamaño máximo nominal y de la forma del agregado se encuentra el valor del agua de mezclado.

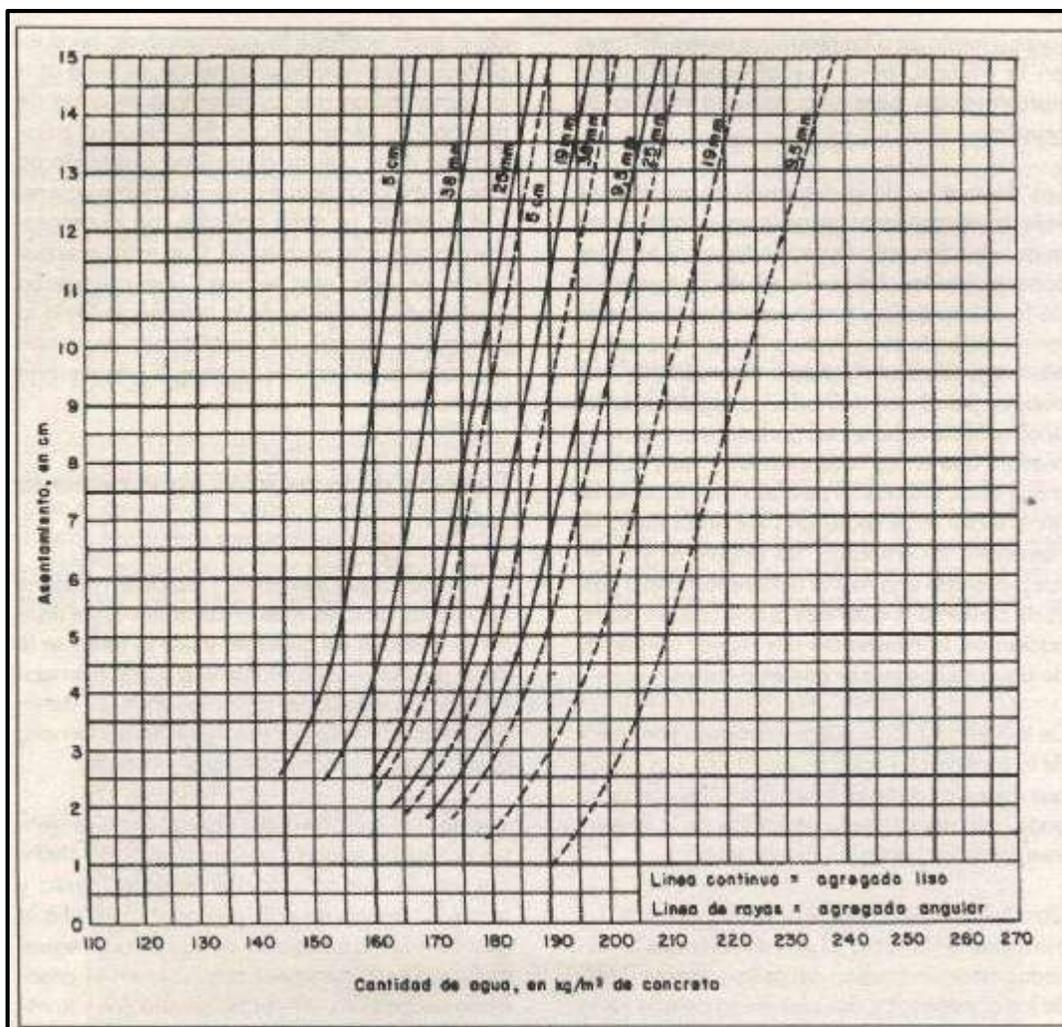


Figura 44 Requerimientos de agua de mezclado

Fuente: Libro tecnología del concreto

Entrando a la gráfica con el valor de 7,5 en el asentamiento hasta interceptar con la del tamaño máximo nominal de 19 mm y agregado angular se obtuvo una cantidad de agua de 208 kg/m³.

5.1.3.5 Cálculo de la relación agua-cemento. La relación agua/cemento se determina a partir de la resistencia.

En la siguiente figura se muestra.

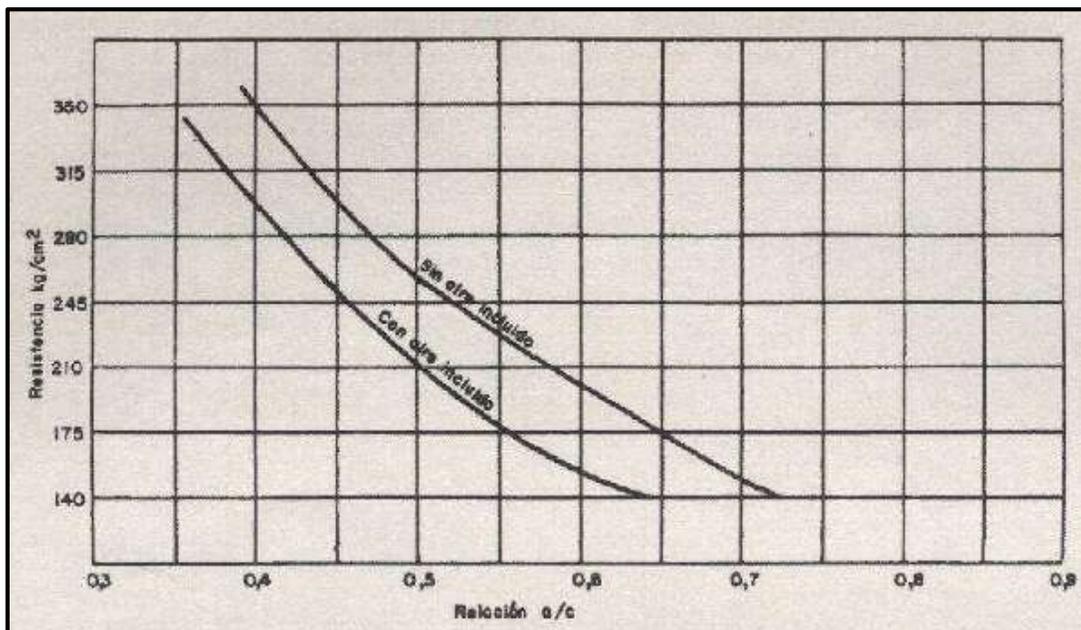


Figura 45 Curva de resistencia a la compresión vs relaciones agua/cemento

Fuente: Libro tecnología del concreto

Con un valor de 255 kg/cm² hasta interceptar con la curva sin aire incluido se obtuvo un valor de A/c=0,51

5.1.3.6 Estimar la cantidad de cemento. Teniendo la relación a/c y teniendo la cantidad de agua se despeja la variable cemento

$$0,51 = \frac{A}{C}$$

Despejo

$$C = \frac{A}{0,51}$$

Reemplazando valores

$$C = \frac{208}{0,51} = 407,84 \text{ kg/m}^3$$

5.1.3.7 Verificar si los agregados cumplen la norma ICONTEC 174.

Granulometría de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal,

Ocaña N.S.

TAMIZ		LIMITE DE LOS PORCENTAJES QUE PASAN LOS SIGUIENTES TAMAÑOS MAXIMOS								
Pulgadas	mm	90,6mm (3 ½")	76,1mm (3")	64,0mm (2 ½")	50,8mm (2")	38,1mm (1 ½")	25,4mm (1")	19,0mm (¾")	12,7mm (½")	9,51mm (⅜")
3 ½	90,6	100								
3	76,1	94 91	100							
2 ½	64,0	89 83	94 91	100						
2	50,8	82 73	87 80	92 88	100					
1 ½	38,1	74 62	78 68	83 75	90 85	100				
1	25,4	64 50	68 55	72 60	78 68	87 80	100			
¾	19,0	58 42	62 47	65 51	71 58	78 68	90 85	100		
½	12,7	50 34	53 37	57 41	62 47	68 55	78 68	87 80	100	
⅜	9,51	45 29	48 32	51 35	56 40	62 47	71 58	78 68	90 85	100
No.4	4,76	36 20	38 22	40 24	44 27	48 32	56 40	62 47	71 58	78 68
No.8	2,36	28 13	30 15	32 16	34 18	38 22	44 27	48 32	55 40	61 46
No.16	1,18	22 9	23 10	25 11	27 13	30 15	34 18	38 22	44 27	48 32
No.30	600 μ	17 6	18 7	20 8	21 9	23 10	27 13	30 15	34 19	38 22
No.50	300 μ	14 4	14 4	15 5	17 8	18 7	21 9	23 10	27 13	30 15
No.100	150 μ	11 3	11 3	12 4	13 4	14 5	17 6	18 7	21 9	23 10

Figura 46 Rangos granulométricos agregado grueso

Fuente: Libro tecnología del concreto

TAMIZ		% PASA	
mm	PULGADA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
9.51	3/8	100	100
4.76	No. 4	95	100
2.38	No. 8	80	100
1.19	No. 16	50	85
0.595	No. 30	25	60
0.297	No. 50	10	30
0.149	No. 100	2	10

Figura 47 Rangos granulométricos agregado fino

Fuente: Libro tecnología del concreto

Según las figuras anteriores, ninguno de los dos agregados cumple con las especificaciones, por eso es necesario optimizar la granulometría.

5.1.3.8 Optimizar la granulometría.

Granulometría de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con los agregado

Se escogió uno de estos porcentajes porque era de los que más se ajustaba a la curva

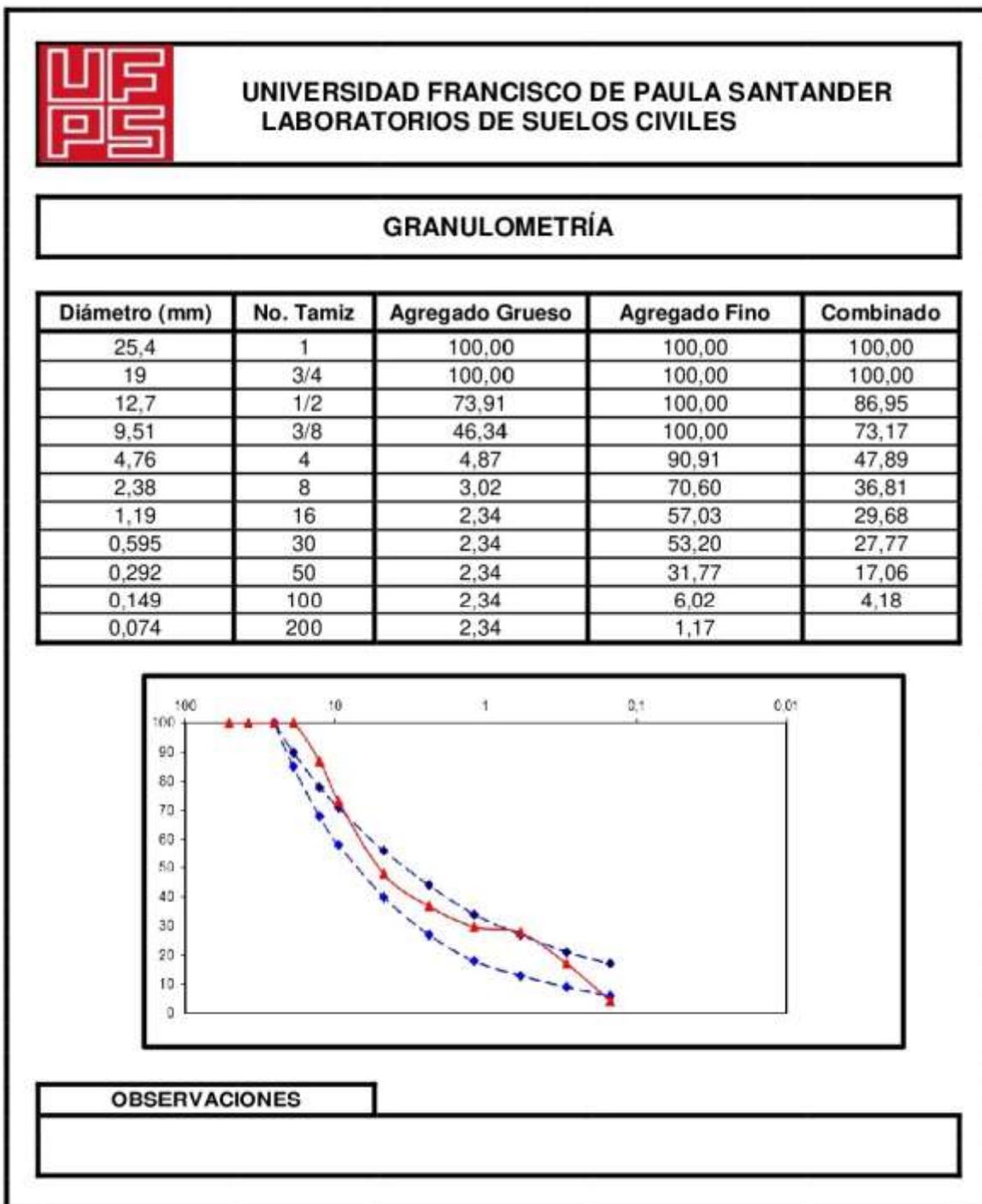


Figura 48 Granulometría de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonol, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.1.3.9 Estimar el contenido de arena y grava. Se halla el volumen del cemento

Peso seco del cemento=407,84

Densidad del cemento=3,15

$$V_c = \frac{407,84}{3,15} = 129,5 \text{ lt/m}^3$$

Para hallar el porcentaje de los agregados se conoce el volumen de agua y de aire, todo eso sumado debe dar 1000 entonces a 1000 se le resta los volúmenes conocidos.

$$V_{\text{agregados}} = 1000 - 407,84 - 20 - 208 = 642,5 \text{ kg/m}^3$$

V agregado fino = V agregados * porcentaje de finos

$$V_{\text{agregado fino}} = 642,5 * 0,5 = 321,3 \text{ kg/m}^3$$

V agregado grueso = V agregados – V agregados finos

$$V_{\text{agregado grueso}} = 642,5 - 321,3 = 321,3 \text{ kg/m}^3$$

5.1.3.10 Estimar el peso seco.

Peso seco = Densidad aparente * volumen del agregado

$$\text{Peso seco cemento} = 407,84 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco agregado fino} = 321,3 * 2,5 = 802,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco agregado grueso} = 321,3 * 2,7 = 856,7 \text{ kg/m}^3$$

5.1.3.11 Corrección por humedad y estimación del peso húmedo.

$$\text{Corrección por humedad} = \text{peso seco agregado grueso} * \left(\frac{\text{humedad} - \text{absorción}}{100} \right)$$

$$\text{Corrección por humedad} = 802,5 * \frac{4,36 - 2,39}{100} + 856,7 * \frac{2,01 - 1,84}{100}$$

$$\text{Corrección por humedad} = 2,4$$

$$\text{Peso húmedo} = \text{peso seco} * (1 + \text{humedad}/100)$$

$$\text{Peso húmedo agregado grueso} = 856,7 * (1 + 2,01/100)$$

$$\text{Peso húmedo agregado grueso} = 873,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso húmedo agregado fino} = 802,5 * (1 + 4,36/100)$$

$$\text{Peso húmedo agregado fino} = 837,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo agua} = 208 - 2,4$$

$$\text{Peso húmedo agua} = 205,9 \text{ kg/m}^3$$

5.1.3.12 Cálculo del volumen de la mezcla.

Cilindros

Diámetro= 4 pulgadas

Diámetro= 0,1016 m

Altura= 8 pulgadas

Altura= 0,2032

volumen = $((\pi * D^2)/4 * h * \text{numeros de cilindros})$

Volumen = $(\pi * 0,10162) /4 * 0,2032 * 5,5$

Volumen = 9,052 lt

cantidad agregado fino = peso húmedo * volumen mezcla/1000

cantidad agregado fino = $802,5 * 9,052/1000$

cantidad agregado fino = 7,581 kg

cantidad agregado grueso = $873,9 * 9,052$

cantidad agregado grueso = 7,776 kg

cantidad de cemento = $407,84 * 9,052/1000$

cantidad de cemento = 3,692 kg

Cantidad de agua = $205,9 * \frac{9,052}{1000}$

cantidad de agua = 1,861 litros

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES					
DISEÑO DE MEZCLAS						
FECHA:	lunes, 25 de junio de 2018					
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.					
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto					
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento						
Agregado Grueso		Agregado Fino				
Tamaño Máximo	19 mm	Modulo Finura	1,45			
P.U. Suelto	1,473 g/cc	P.U. Suelto	1,446 g/cc			
P.U. Compacto	1,618 g/cc	P.U. Compacto	1,563 g/cc			
D. aparente seca	2,67 g/cc	D. aparente seca	2,65 g/cc			
Absorción	1,84 %	Absorción	1,01 %			
Humedad natural	2,01 %	Humedad natural	4,36 %			
Cemento		Portland Tipo I				
Gs Cemento	3,15 g/cc	PUS cemento	1,2 g/cc			
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto						
Resistencia requerida	210 kgf/cm ²	Resistencia diseño	255 kgf/cm ²			
Asentamiento	7,5 cms	Relación A/C	0,51			
Contenido de Aire	2 %	Contenido de agua	208 Lt/m ³			
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY						
%Afino/Ag.total	50 %					
Cemento	407,84 Kg/m ³					
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8
A. Fino	852,8	2,7	321,3	50	37,2	890
A. Grueso	856,7	2,7	321,3	50	17,2	873,9
Agua	208	1	208		30	178
Aire			20			
TOTAL	2325,4		1000	642,5		
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen
Cemento	407,8	1	407,8	1	339,9	1
A. Fino	852,8	2,1	890	2,2	589,6	1,7
A. Grueso	856,7	2,1	873,9	2,1	581,7	1,7
Agua	208		178		208	
5. Cilindros prueba						
No. Cilindros	5,5		Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro	
			Volumen mezcla	9,052	Litros	
Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	8,057	Kilos	
Agua	1,611	Litros	A. Grueso	7,910	Kilos	
6. Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto			
Arena	589,63	0,59	m3 / m3 de concreto			
Triturado	581,72	0,582	m3 /m3 de concreto			

Figura 49 Diseño de la mezcla con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES				
DISEÑO DE MEZCLAS						
FECHA:		martes, 26 de junio de 2018				
LOCALIZACIÓN :		Río Algodonal, Ocaña, N.S.				
REALIZADO POR:		Autores del Proyecto				
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento						
Agregado Grueso			Agregado Fino			
Tamaño Máximo	19	mm	Modulo Finura	2,90		
P.U. Suelto	1,473	g/cc	P.U. Suelto	1,424	g/cc	
P.U. Compacto	1,618	g/cc	P.U. Compacto	0,00	g/cc	
D. aparente seca	2,67	g/cc	D. aparente seca	2,50	g/cc	
Absorción	1,84	%	Absorción	2,39	%	
Humedad natural	2,01	%	Humedad natural	4,36	%	
Cemento		Portland Tipo I				
Gs Cemento	3,15	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc	
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto						
Resistencia requerida	210	kgf/cm ²	Resistencia diseño	255	kgf/cm ²	
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,51		
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	208	Lt/m ³	
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY						
%Afino/Ag.total	50	%				
Cemento	407,84	Kg/m ³				
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8
A. Fino	802,5	2,5	321,3	50	35	837,5
A. Grueso	856,7	2,7	321,3	50	2,4	873,9
Agua	208	1	208		2,4	205,9
Aire			20			
TOTAL	2275		1000	642,5		
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen
Cemento	407,8	1	407,8	1	339,9	1
A. Fino	802,5	2,0	837,5	2,1	563,6	1,7
A. Grueso	856,7	2,1	859,1	2,1	581,7	1,7
Agua	208		205,6		208	
5. Cilindros prueba				Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro
No. Cilindros	5,5		Volumen mezcla	9,052	Litros	
Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	7,581	Kilos	
Agua	1,861	Litros	A. Grueso	7,776	Kilos	
6. Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto			
Arena	563,64	0,564	m3 / m3 de concreto			
Triturado	581,72	0,582	m3 /m3 de concreto			

Figura 50 Diseño de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES					
DISEÑO DE MEZCLAS						
FECHA:	martes, 26 de junio de 2018					
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.					
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto					
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento						
Agregado Grueso			Agregado Fino			
Tamaño Máximo	19	mm	Modulo Finura	2,60		
P.U. Suelto	1,473	g/cc	P.U. Suelto	1,367	g/cc	
P.U. Compacto	1,618	g/cc	P.U. Compacto	0,00	g/cc	
D. aparente seca	2,67	g/cc	D. aparente seca	2,53	g/cc	
Absorción	1,84	%	Absorción	2,04	%	
Humedad natural	2,01	%	Humedad natural	4,36	%	
Cemento		Portland Tipo 1				
Gs Cemento	3,15	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc	
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto						
Resistencia requerida	210	kgf/cm ²	Resistencia diseño	255	kgf/cm ²	
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,51		
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	208	Lt/m ³	
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY						
%Afino/Ag.total	50	%				
Cemento	407,84	Kg/m ³				
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8
A. Fino	649,8	2,5	257	40	28,1	678,1
A. Grueso	1028	2,7	385,5	60	2,9	1030,9
Agua	208	1	208		-1,0	209
Aire			20			
TOTAL	2293,6		1000	642,5		
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen
Cemento	407,8	1	407,8	1	339,9	1
A. Fino	649,8	1,6	678,1	1,7	475	1,4
A. Grueso	1028	2,5	1030,9	2,5	698,1	2,1
Agua	208		209		208	
5. Cilindros prueba			Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro	
No. Cilindros	5,5		Volumen mezcla	9,052	Litros	
Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	6,138	Kilos	
Agua	1,892	Litros	A. Grueso	9,332	Kilos	
6. Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto			
Arena	475,33	0,475	m3 / m3 de concreto			
Triturado	698,08	0,698	m3 / m3 de concreto			

Figura 51 Diseño de la mezcla 40:60 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES																																																	
DISEÑO DE MEZCLAS																																																		
FECHA:	martes, 26 de junio de 2018																																																	
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.																																																	
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto																																																	
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3">Agregado Grueso</td> <td colspan="3">Agregado Fino</td> </tr> <tr> <td>Tamaño Máximo</td> <td>19</td> <td>mm</td> <td>Modulo Finura</td> <td>3,37</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P.U. Suelto</td> <td>1,473</td> <td>g/cc</td> <td>P.U. Suelto</td> <td>1,342</td> <td>g/cc</td> </tr> <tr> <td>P.U. Compacto</td> <td>1,618</td> <td>g/cc</td> <td>P.U. Compacto</td> <td>0,00</td> <td>g/cc</td> </tr> <tr> <td>D. aparente seca</td> <td>2,67</td> <td>g/cc</td> <td>D. aparente seca</td> <td>2,52</td> <td>g/cc</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>1,84</td> <td>%</td> <td>Absorción</td> <td>0,67</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Humedad natural</td> <td>2,01</td> <td>%</td> <td>Humedad natural</td> <td>4,36</td> <td>%</td> </tr> </table>		Agregado Grueso			Agregado Fino			Tamaño Máximo	19	mm	Modulo Finura	3,37		P.U. Suelto	1,473	g/cc	P.U. Suelto	1,342	g/cc	P.U. Compacto	1,618	g/cc	P.U. Compacto	0,00	g/cc	D. aparente seca	2,67	g/cc	D. aparente seca	2,52	g/cc	Absorción	1,84	%	Absorción	0,67	%	Humedad natural	2,01	%	Humedad natural	4,36	%							
Agregado Grueso			Agregado Fino																																															
Tamaño Máximo	19	mm	Modulo Finura	3,37																																														
P.U. Suelto	1,473	g/cc	P.U. Suelto	1,342	g/cc																																													
P.U. Compacto	1,618	g/cc	P.U. Compacto	0,00	g/cc																																													
D. aparente seca	2,67	g/cc	D. aparente seca	2,52	g/cc																																													
Absorción	1,84	%	Absorción	0,67	%																																													
Humedad natural	2,01	%	Humedad natural	4,36	%																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Cemento</td> <td colspan="2">Portland Tipo I</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gs Cemento</td> <td>3,15</td> <td>g/cc</td> <td>PUS cemento</td> <td>1,2</td> <td>g/cc</td> </tr> </table>		Cemento	Portland Tipo I					Gs Cemento	3,15	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc																																					
Cemento	Portland Tipo I																																																	
Gs Cemento	3,15	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc																																													
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Resistencia requerida</td> <td>210</td> <td>kgf/cm2</td> <td>Resistencia diseño</td> <td>255</td> <td>kgf/cm2</td> </tr> <tr> <td>Asentamiento</td> <td>7,5</td> <td>cms</td> <td>Relación A/C</td> <td>0,51</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Aire</td> <td>2</td> <td>%</td> <td>Contenido de agua</td> <td>208</td> <td>Lt/m3</td> </tr> </table>		Resistencia requerida	210	kgf/cm2	Resistencia diseño	255	kgf/cm2	Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,51		Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	208	Lt/m3																															
Resistencia requerida	210	kgf/cm2	Resistencia diseño	255	kgf/cm2																																													
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,51																																														
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	208	Lt/m3																																													
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>%Afino/Ag.total</td> <td>50</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>407,84</td> <td>Kg/m3</td> </tr> </table>		%Afino/Ag.total	50	%	Cemento	407,84	Kg/m3																																											
%Afino/Ag.total	50	%																																																
Cemento	407,84	Kg/m3																																																
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Peso seco Kg/M3</th> <th>Densidad g/cc</th> <th>Volumen Lt/M3</th> <th>% Agreg en peso</th> <th>Corrección humedad</th> <th>Peso/M3 Agr. Húmedo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento</td> <td>407,8</td> <td>3,2</td> <td>129,5</td> <td></td> <td></td> <td>407,8</td> </tr> <tr> <td>A. Fino</td> <td>647,4</td> <td>2,5</td> <td>257</td> <td>40</td> <td>28,3</td> <td>675,7</td> </tr> <tr> <td>A. Grueso</td> <td>1028</td> <td>2,7</td> <td>385,5</td> <td>60</td> <td>20,7</td> <td>1048,7</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>208</td> <td>1</td> <td>208</td> <td></td> <td>25,6</td> <td>182,4</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td></td> <td></td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>2291,3</td> <td></td> <td>1000</td> <td>642,5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo	Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8	A. Fino	647,4	2,5	257	40	28,3	675,7	A. Grueso	1028	2,7	385,5	60	20,7	1048,7	Agua	208	1	208		25,6	182,4	Aire			20				TOTAL	2291,3		1000	642,5		
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo																																												
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8																																												
A. Fino	647,4	2,5	257	40	28,3	675,7																																												
A. Grueso	1028	2,7	385,5	60	20,7	1048,7																																												
Agua	208	1	208		25,6	182,4																																												
Aire			20																																															
TOTAL	2291,3		1000	642,5																																														
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Peso seco Kg/M3</th> <th>Proporción peso</th> <th>Peso húmedo Kg/M3</th> <th>Proporción peso</th> <th>Vol. Suelto Lt/M3</th> <th>Proporción volumen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento</td> <td>407,8</td> <td>1</td> <td>407,8</td> <td>1</td> <td>339,9</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A. Fino</td> <td>647,4</td> <td>1,6</td> <td>675,7</td> <td>1,7</td> <td>482,3</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td>A. Grueso</td> <td>1028</td> <td>2,5</td> <td>1048,7</td> <td>2,6</td> <td>698,1</td> <td>2,1</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>208</td> <td></td> <td>182,4</td> <td></td> <td>208</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen	Cemento	407,8	1	407,8	1	339,9	1	A. Fino	647,4	1,6	675,7	1,7	482,3	1,4	A. Grueso	1028	2,5	1048,7	2,6	698,1	2,1	Agua	208		182,4		208															
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen																																												
Cemento	407,8	1	407,8	1	339,9	1																																												
A. Fino	647,4	1,6	675,7	1,7	482,3	1,4																																												
A. Grueso	1028	2,5	1048,7	2,6	698,1	2,1																																												
Agua	208		182,4		208																																													
5. Cilindros prueba																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Volumen 1 molde</td> <td>0,0018</td> <td>Lt/cilindro</td> </tr> <tr> <td>No. Cilindros</td> <td>5,5</td> <td>Volumen mezcla</td> <td>9,052</td> <td>Litros</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>3,692</td> <td>Kilos</td> <td>A. Fino</td> <td>6,116</td> <td>Kilos</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1,651</td> <td>Litros</td> <td>A. Grueso</td> <td>9,492</td> <td>Kilos</td> </tr> </table>				Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro	No. Cilindros	5,5	Volumen mezcla	9,052	Litros	Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	6,116	Kilos	Agua	1,651	Litros	A. Grueso	9,492	Kilos																											
		Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro																																														
No. Cilindros	5,5	Volumen mezcla	9,052	Litros																																														
Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	6,116	Kilos																																													
Agua	1,651	Litros	A. Grueso	9,492	Kilos																																													
6. Proporciones en Volumen Suelto																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Cemento</td> <td>9,6</td> <td></td> <td>Bultos / m3 de concreto</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>482,32</td> <td>0,482</td> <td>m3 / m3 de concreto</td> </tr> <tr> <td>Triturado</td> <td>698,07</td> <td>0,698</td> <td>m3 /m3 de concreto</td> </tr> </table>		Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto	Arena	482,32	0,482	m3 / m3 de concreto	Triturado	698,07	0,698	m3 /m3 de concreto																																					
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto																																															
Arena	482,32	0,482	m3 / m3 de concreto																																															
Triturado	698,07	0,698	m3 /m3 de concreto																																															

Figura 52 Diseño de la mezcla 60:40 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

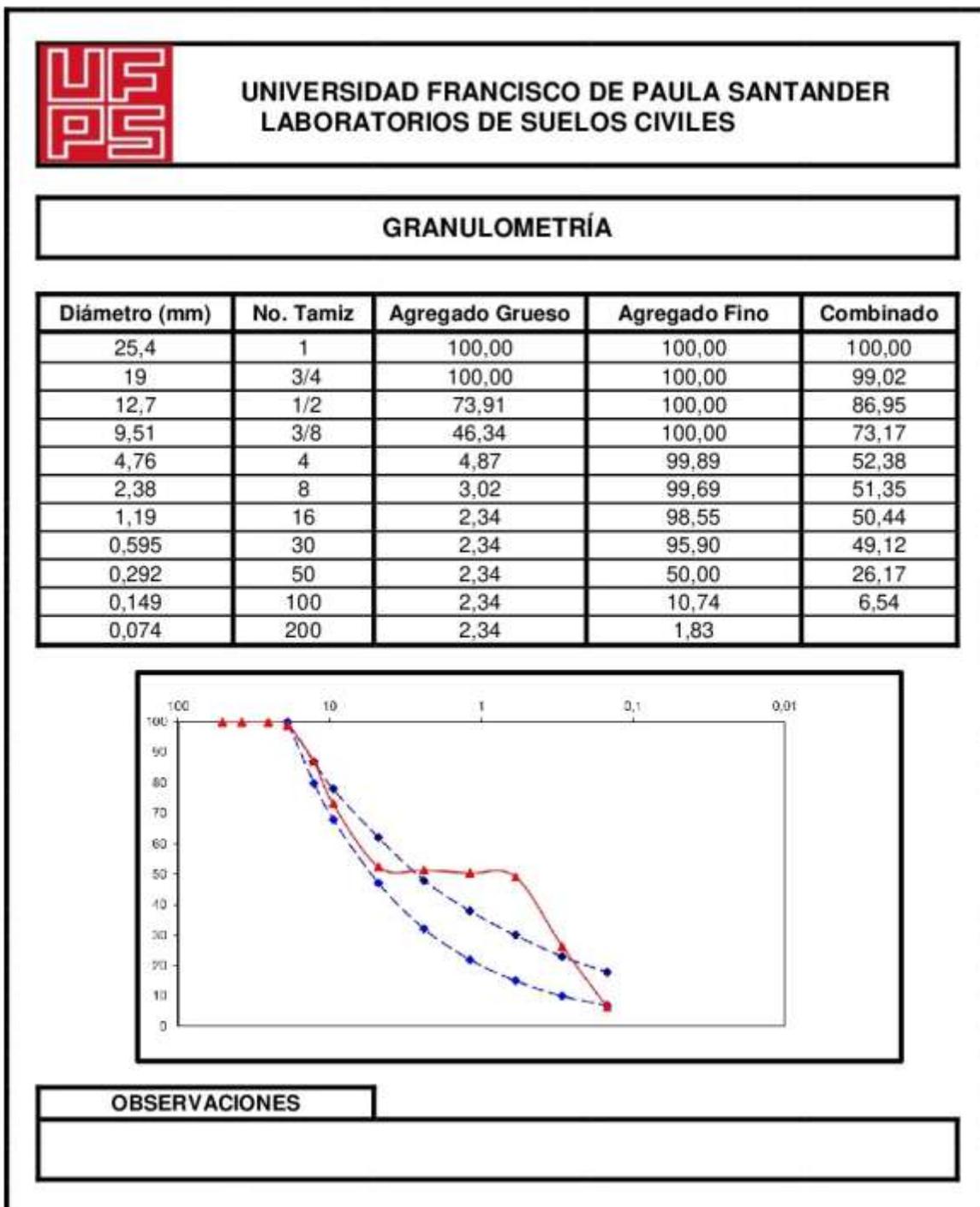


Figura 53 Granulometría de los agregados del río algodónal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

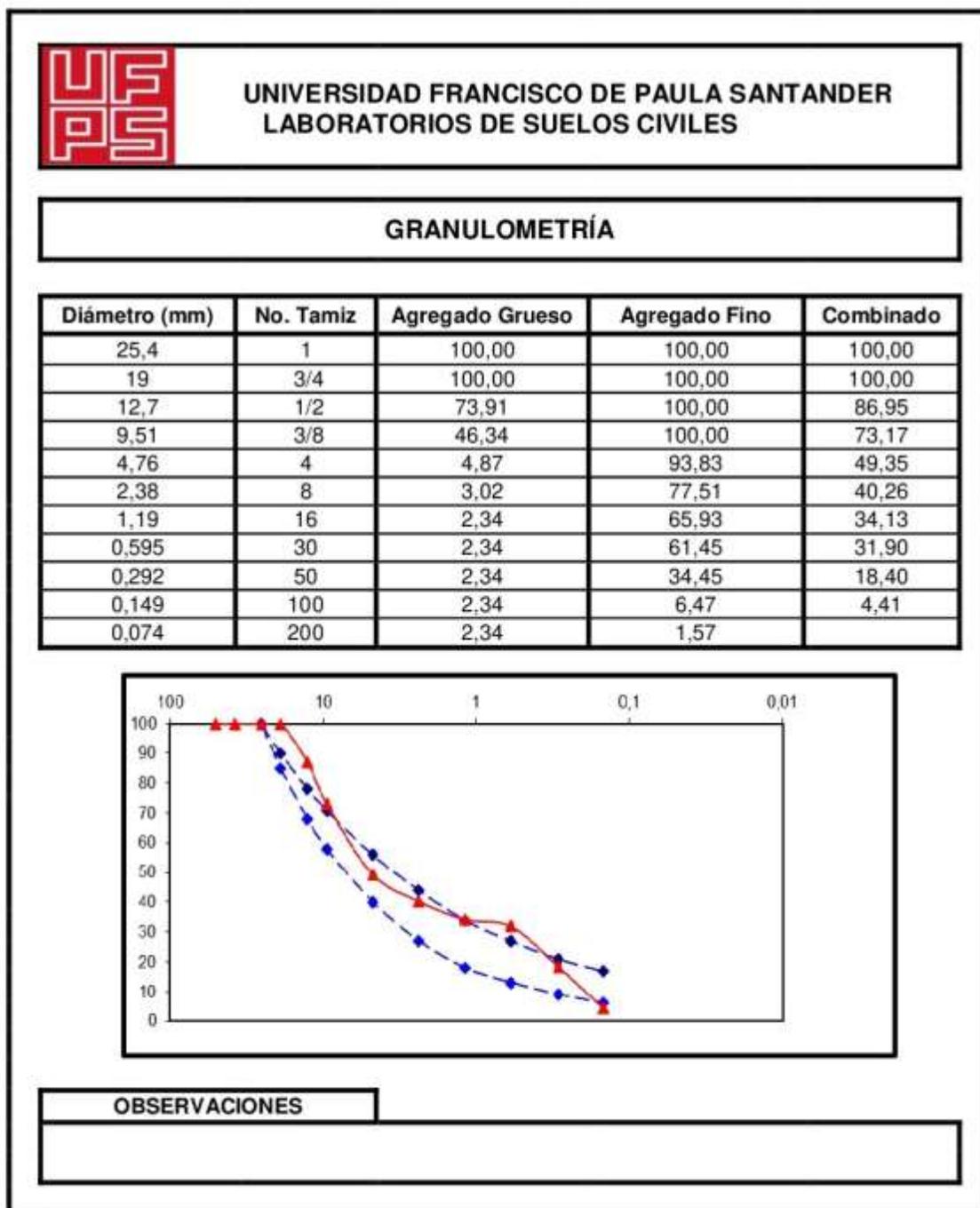


Figura 54 Granulometría de la mezcla 40:60 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

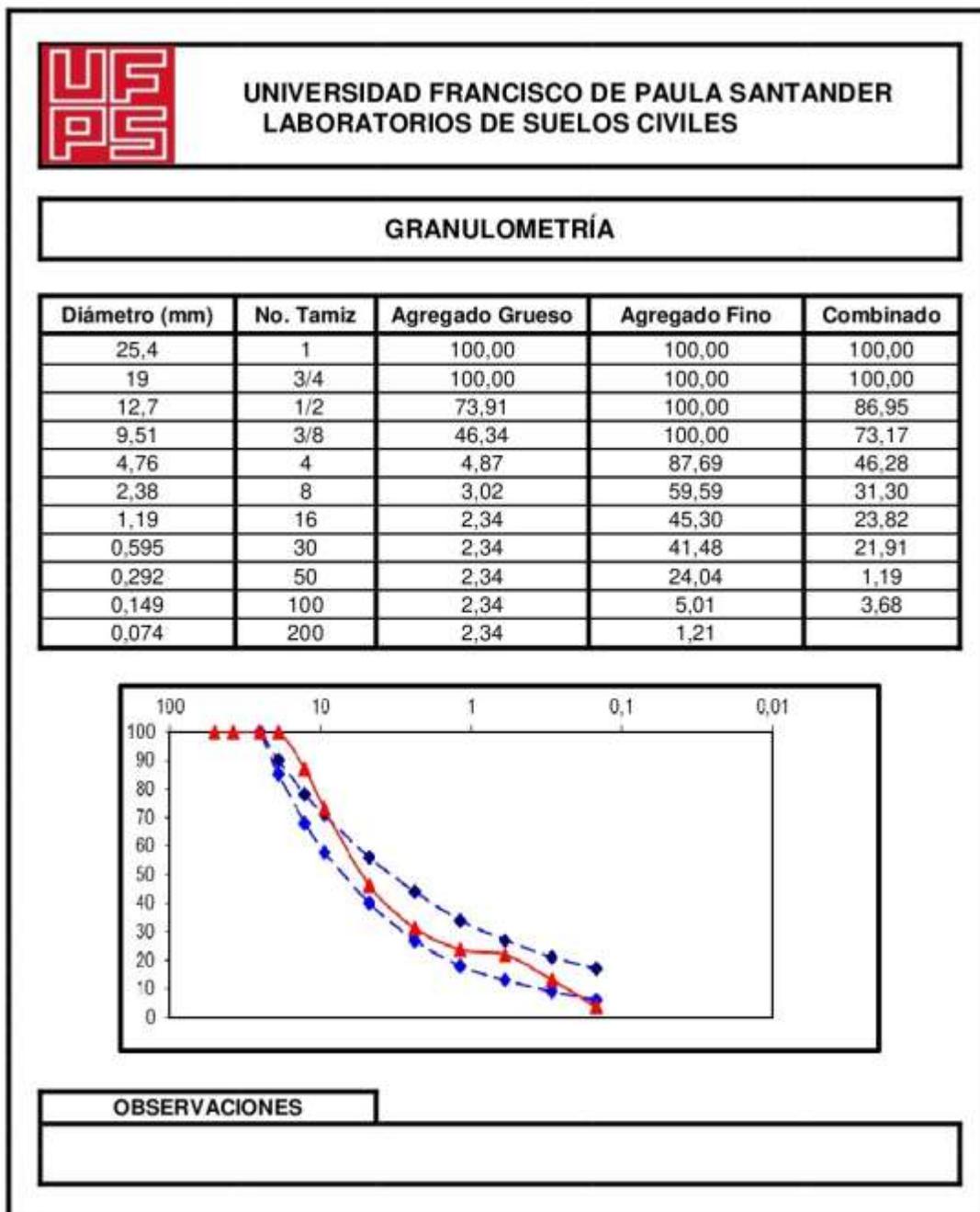


Figura 55 Granulometría de la mezcla 60:40 de arcilla calcinada con los agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según las figuras anteriores las proporciones que más se ajustó la curva granulométrica fue la de 60 arcilla y 40 arena.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES					
	DISEÑO DE MEZCLAS					
FECHA:	viernes. 06 de julio de 2018					
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.					
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto					
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento						
Agregado Grueso			Agregado Fino			
Tamaño Máximo	19	mm	Modulo Finura	2,54		
P.U. Suelto	1,400	g/cc	P.U. Suelto	1,522	g/cc	
P.U. Compacto	1,556	g/cc	P.U. Compacto	1,623	g/cc	
D. aparente seca	2,66	g/cc	D. aparente seca	2,59	g/cc	
Absorción	2,07	%	Absorción	1,83	%	
Humedad natural	0,29	%	Humedad natural	2,24	%	
Cemento		Portland Tipo I				
Gs Cemento	3,15	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc	
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto						
Resistencia requerida	210	kgf/cm2	Resistencia diseño	255	kgf/cm2	
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,51		
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	208	Lt/m3	
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY						
%Afino/Ag.total	45	%				
Cemento	407,84	Kg/m3				
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8
A. Fino	749,3	2,6	289,1	45	18,6	766,0
A. Grueso	939	2,7	353,4	55	2,5	941,8
Agua	208	1	208		19,7	188,3
Aire			20			
TOTAL	2304,1		1000	642,5		
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen
Cemento	407,8	1	407,8	1	339,9	1
A. Fino	749,3	1,8	766	1,9	492,2	1,4
A. Grueso	939	2,3	941,8	2,3	670,9	2,0
Agua	208		188,3		208	
5. Cilindros prueba			Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro	
No. Cilindros	5,5		Volumen mezcla	9,052	Litros	
Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	6,934	Kilos	
Agua	1,704	Litros	A. Grueso	8,525	Kilos	
6. Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto			
Arena	492,19	0,492	m3 / m3 de concreto			
Triturado	670,91	0,671	m3 /m3 de concreto			

Figura 56 Diseño de la mezcla de los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES				
DISEÑO DE MEZCLAS						
FECHA:	viernes, 06 de julio de 2018					
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.					
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto					
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento						
Agregado Grueso			Agregado Fino	Arcilla Calcinada		
Tamaño Máximo	19	mm	Módulo Finura	2,54	4,29	
P.U. Suelto	1,400	g/cc	P.U. Suelto	1,424	0,968	
P.U. Compacto	1,556	g/cc	P.U. Compacto	0,00	1,174	
D. aparente seca	2,66	g/cc	D. aparente seca	2,59	2,05	
Absorción	2,07	%	Absorción	1,83	9,61	
Humedad natural	0,29	%	Humedad natural	2,26	0,00	
Cemento	Portland Tipo I					
Gs Cemento	3,15	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc	
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto						
Resistencia requerida	210	kgf/cm ²	Resistencia diseño	255	kgf/cm ²	
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,51		
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	208	Lt/m ³	
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY						
%Afino/Aq.total	40	%				
Cemento	407,84	Kg/m ³				
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8
A. Fino	602,4	2,6	231,3	40	15,1	615
Arcilla calcinada	52,7	2,05	25,7			52,7
A. Grueso	1024,4	2,7	385,5	60	2,9	1027,4
Agua	208	1	208		-15,4	223,4
Aire			20			
TOTAL	2960,4		1000	642,5		
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen
Cemento	407,8	1,0	407,8	1	339,9	1
A. Fino	519,4	1,6	613,0	1,5	364,8	1,1
Arcilla calcinada	66,6		66,6	0,2	68,8	0,2
A. Grueso	1024,4	2,5	1027,4	2,5	685,6	2,0
Agua	208		223,4		208	
5. Cilindros prueba						
			Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro	
No. Cilindros	5,5		Volumen mezcla	9,052	Litros	
Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	5,549	Kilos	
Agua	2,022	Litros	A. Grueso	9,299	Kilos	
			Arcilla calcinada	0,603	Kilos	
6. Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto			
Árena	467,77	0,468	m3 / m3 de concreto			
Triturado	695,61	0,696	m3 /m3 de concreto			

Figura 57 Diseño de la mezcla 10:90 de arcilla calcinada con los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES						
DISEÑO DE MEZCLAS						
FECHA:	viernes, 06 de julio de 2018					
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.					
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto					
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento						
Agregado Grueso		Agregado Fino		Arcilla Calcinada		
Tamaño Máximo	19	mm	Modulo Finura	2,54	4,29	
P.U. Suelto	1,400	g/cc	P.U. Suelto	1,424	0,968	
P.U. Compacto	1,556	g/cc	P.U. Compacto	0,00	1,174	
D. aparente seca	2,66	g/cc	D. aparente seca	2,59	2,05	
Absorción	2,07	%	Absorción	1,83	9,61	
Humedad natural	0,29	%	Humedad natural	2,26	0,00	
Cemento	Portland Tipo I					
Gs Cemento	3,15	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc	
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto						
Resistencia requerida	210	kgf/cm ²	Resistencia diseño	255	kgf/cm ²	
Asentamiento	7.5	cms	Relación A/C	0,51		
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	208	Lt/m ³	
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY						
%Afino/Ag.total	40	%				
Cemento	407,84	Kg/m ³				
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8
A. Fino	532,8	2,6	192	40	15,1	544,9
Arcilla calcinada	133,2	2,05	65			133,2
A. Grueso	1024,4	2,7	385,5	60	2,9	1027,4
Agua	208	1	208		-15,4	223,4
Aire			20			
TOTAL	2960,4		1000	642,5		
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen
Cemento	407,8	1,0	407,8	1	339,9	1
A. Fino	532,8	1,6	544,9	1,3	374,2	1,1
Arcilla calcinada	133,2	0,3	133,2	0,3	137,6	0,4
A. Grueso	1024,4	2,5	1027,4	2,5	685,6	2,0
Agua	208		223,4		208	
5. Cilindros prueba						
No. Cilindros	5,5		Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro	
Cemento	3,692	Kilos	Volumen mezcla	9,052	Litros	
Agua	2,022	Litros	A. Fino	4,932	Kilos	
			A. Grueso	9,299	Kilos	
			Arcilla calcinada	1,206	Kilos	
6. Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto			
Arena	467,77	0,468	m3 / m3 de concreto			
Triturado	695,61	0,696	m3 /m3 de concreto			

Figura 58 Diseño de la mezcla 20:80 de arcilla calcinada con los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES				
DISEÑO DE MEZCLAS						
FECHA:	viernes, 06 de julio de 2018					
LOCALIZACIÓN :	Río Algodonal, Ocaña, N.S.					
REALIZADO POR:	Autores del Proyecto					
1. Características de los Agregados Pétreos y Cemento						
Agregado Grueso		Agregado Fino	Arcilla Calcinada			
Tamaño Máximo	19 mm	Modulo Finura	2,54			
P.U. Suelto	1,400 g/cc	P.U. Suelto	1,424			
P.U. Compacto	1,556 g/cc	P.U. Compacto	0,00			
D. aparente seca	2,66 g/cc	D. aparente seca	2,59			
Absorción	2,07 %	Absorción	1,83			
Humedad natural	0,29 %	Humedad natural	2,26			
			0,00			
			%			
Cemento	Portland Tipo I					
Gs Cemento	3,15 g/cc	PUS cemento	1,2 g/cc			
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto						
Resistencia requerida	210 kgf/cm ²	Resistencia diseño	255 kgf/cm ²			
Asentamiento	7,5 cms	Relación A/C	0,51			
Contenido de Aire	2 %	Contenido de agua	208 Lt/m ³			
3. Método de diseño: Combinación Agregados ROAD NOTE LABORATORY						
%Afino/Ag.total	40 %					
Cemento	407,84 Kg/m ³					
3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco Kg/M3	Densidad g/cc	Volumen Lt/M3	% Agreg en peso	Corrección humedad	Peso/M3 Agr. Húmedo
Cemento	407,8	3,2	129,5			407,8
A. Fino	467,8	2,6	179,9	40	15,1	478,3
Arcilla calcinada	158,1	2,05	77,1			158,1
A. Grueso	1024,4	2,7	385,5	60	2,9	1027,4
Agua	208	1	208		-15,4	223,4
Aire			20			
TOTAL	2932,1		1000	642,5		
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
Material	Peso seco Kg/M3	Proporción peso	Peso húmedo Kg/M3	Proporción peso	Vol. Suelto Lt/M3	Proporción volumen
Cemento	407,8	1,0	407,8	1	339,9	1
A. Fino	467,8	1,6	478,3	1,2	307,4	0,9
Arcilla calcinada	158,1	0,4	158,1	0,4	134,7	0,4
A. Grueso	1024,4	2,5	1027,4	2,5	731,7	2,2
Agua	208		223,4		208	
5. Cilindros prueba				Volumen 1 molde	0,0018	Lt/cilindro
No. Cilindros	5,5		Volumen mezcla	9,052	Litros	
Cemento	3,692	Kilos	A. Fino	4,329	Kilos	
Agua	2,022	Litros	A. Grueso	9,299	Kilos	
			Arcilla calcinada	1,431	Kilos	
6. Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	9,6		Bultos / m3 de concreto			
Arena	437,59	0,438	m3 / m3 de concreto			
Triturado	731,72	0,732	m3 /m3 de concreto			

Figura 59 Diseño de la mezcla 30:70 de arcilla calcinada con los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.

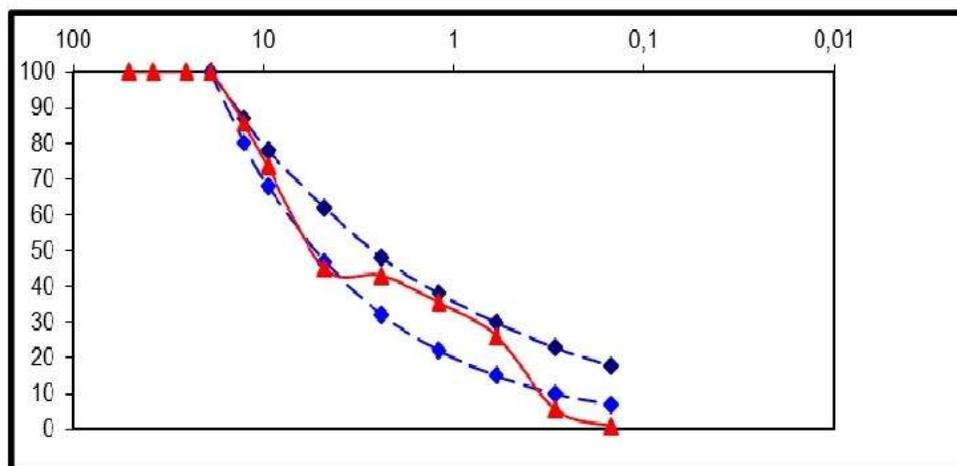
Fuente: Autores del proyecto, 2018.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

GRANULOMETRÍA

Diámetro (mm)	No. Tamiz	Agregado Grueso	Agregado Fino	Combinado
25,4	1	100,00	100,00	100,00
19	3/4	100,00	100,00	100,00
12,7	1/2	73,90	100,00	85,65
9,51	3/8	52,04	100,00	73,62
4,76	4	0,59	99,10	44,92
2,38	8	0,16	95,35	43,05
1,19	16	0,00	78,60	35,37
0,595	30	0,00	58,20	26,19
0,292	50	0,00	12,45	5,60
0,149	100	0,00	2,45	1,10
0,074	200	0,00	0,25	



OBSERVACIONES

Figura 60 Granulometría de la mezcla de los agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.2 Comparar el concreto convencional y el concreto con arcilla calcinada teniendo como parámetro la resistencia a la compresión para definir cual tiene mejor comportamiento.

Identificación de cilindros	Fecha de elaboración	Edad	Diámetro	Altura	Área cm2	volumen cm3	Asentamiento	Peso de muestra kg	Peso unitario concreto kg/m ³	Carga Rotura Kg	Resistencia calculada kg/cm2	Resistencia proyectada kg/cm2	Resistencia %	Resistencia obtenida %	Resistencia en MPa	Mezcla
1	25/06/2018	7	10,65	19,85	89,08	1768,238	7,5	3808	2,154	3085	34,632	255	153	13,581	3,396	Normal Río Algodonal
2		7	10,65	19,85	89,08	1768,238	7,5	3773	2,134	3120	35,025	255	153	13,735	3,435	
3		28	10,6	19,7	88,248	1738,476617	7,5	3802	2,187	6855	77,679	255	216,75	30,462	7,618	
4		28	10,83	19,8	92,119	1823,950301	7,5	4008	2,197	7850	85,216	255	216,75	33,418	8,357	
5							7,5									
6	26/06/2018	7	10,65	19,85	89,08	1768,238	7,5	3782	2,139	5060	56,803	255	153	22,276	5,570	50-50
7		7	10,65	19,85	89,08	1768,238	7,5	3802	2,150	5295	59,441	255	153	23,310	5,829	
8		28	10,65	19,8	88,248	1747,301371	7,5	3778	2,162	9545	108,162	255	216,75	42,416	10,607	
9		28	10,82	19,8	92,119	1823,950301	7,5	3767	2,065	9185	99,708	255	216,75	39,101	9,778	
10							7,5									
11	27/06/2018	7	10,65	19,7	89,080	1754,876	7,5	3783	2,156	4700	52,762	255	153	20,691	5,174	60-40
12		7	10,64	19,85	88,915	1764,959174	7,5	3784	2,144	6896,6	77,564	255	153	30,417	7,606	
13		28	10,7	19,9	89,920	1789,416875	7,5	3786	2,116	8695	96,697	255	216,75	37,920	9,483	
14		28	10,95	20	94,171	1883,42847	7,5	3995	2,121	8390	89,093	255	216,75	34,938	8,737	
15							7,5									
16	28/06/2018	7	10,6	19,8	88,248	1747,301371	7,5	3904	2,234	5812,8	65,869	255	153	25,831	6,460	40-60
17		7	10,79	20	91,439	1828,789763	7,5	4112	2,248	5430	59,384	255	153	23,288	5,824	
18		28	10,65	19,9	89,082	1772,732427	7,5	3920	2,211	9065	101,760	255	216,75	39,906	9,979	
19		28	10,65	19,8	89,082	1763,824224	7,5	3891	2,206	8825	99,066	255	216,75	38,849	9,715	
20							7,5									
21	05/07/2018	28	10,63	19,9	88,748	1766,080529	7,5	4021	2,277	17120	192,906	255	153	75,650	18,918	Normal E.A.T. Provias
22		7	10,72	19,09	90,257	1723,004438	7,5	4328	2,512	8465	93,788	255	153	36,780	9,197	
23		7	10,59	19,65	88,081	1730,793964	7,5	4096	2,367	9835	111,658	255	153	43,788	10,950	
24		28	10,7	19,8	89,920	1780,424831	7,5	4022	2,259	17455	194,116	255	216,75	76,124	19,036	
25							7,5									
26	06/07/2018	14	10,6	19,08	88,248	1683,76314	7,5	3997	2,374	7645	45,293	255	153	17,762	4,442	10-90
27		14	10,6	19,07	88,248	1682,880664	7,5	3992	2,372	7470	45,236	255	153	17,740	4,436	
28		28	10,62	19,7	88,581	1745,043095	7,5	3910	2,241	15935	179,892	255	216,75	70,546	17,641	
29		28	10,62	19	88,581	1683,036487	7,5	3913	2,325	14240	160,757	255	216,75	63,042	15,765	
30							7,5									
31	09/07/2018	14	11	19,9	95,033	1891,16466	7,5	4151	2,195	14115	148,527	255	153	58,246	14,565	20-80
32		14	10,69	19,7	89,752	1768,123244	7,5	3952	2,235	13010	144,954	255	153	56,845	14,215	
33		28	10,71	19,7	90,089	1774,745423	7,5	3928	2,213	16935	187,982	255	216,75	73,718	18,435	
34		28	10,63	18,1	88,748	1606,334551	7,5	3881	2,416	18100	203,949	255	216,75	79,980	20,001	
35							7,5									
36	10/07/2018	14	10,61	19,8	88,414	1750,600	7,5	3891	2,223	13415	151,729	255	153	59,502	14,880	30-70
37		14	10,63	19,8	88,748	1757,205752	7,5	3952	2,249	12040	135,665	255	153	53,202	13,304	
38		28	10,83	19,5	92,119	1796,31469	7,5	4170	2,321	21555	233,992	255	216,75	91,761	22,947	
39		28	10,67	17,5	89,417	1564,796206	7,5	3956	2,528	17100	191,239	255	216,75	74,996	18,754	
40							7,5									

Figura 61 Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.2.1 Resistencia a la compresión del concreto convencional.

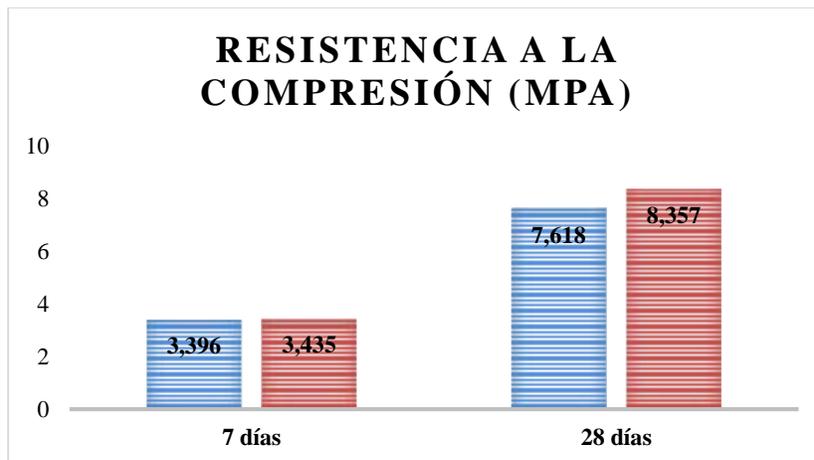


Figura 62 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los datos obtenidos se puede observar que la resistencia a la compresión es muy mínima, no alcanza ni el 50% de la resistencia esperada; esto se debe al mal estado de la arena que era muy fina y el agregado grueso era muy alargado y liso lo cual le resta a la resistencia del concreto.

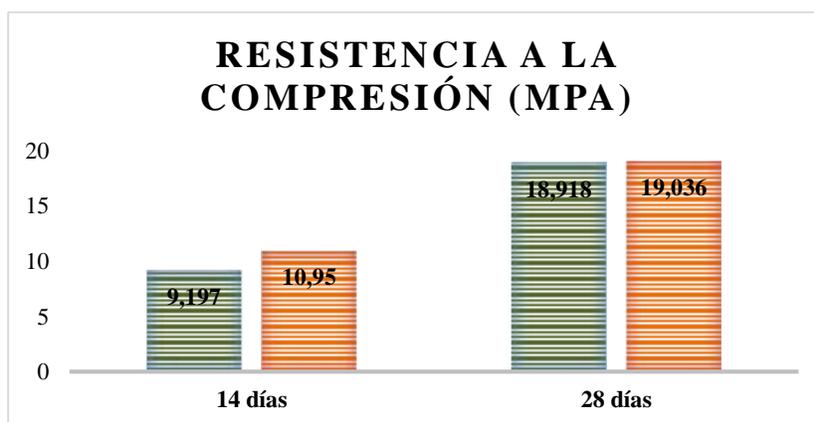


Figura 63 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de la EAT Provías, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según la información anterior se puede deducir que la resistencia con el material de Provias mejoró significativamente con respecto a la del río algodonal; alcanzando un valor mayor a 17 MPA, lo cual indica que puede ser usado como concreto estructural.

5.2.2 Resistencia a la compresión del concreto con arcilla calcinada.

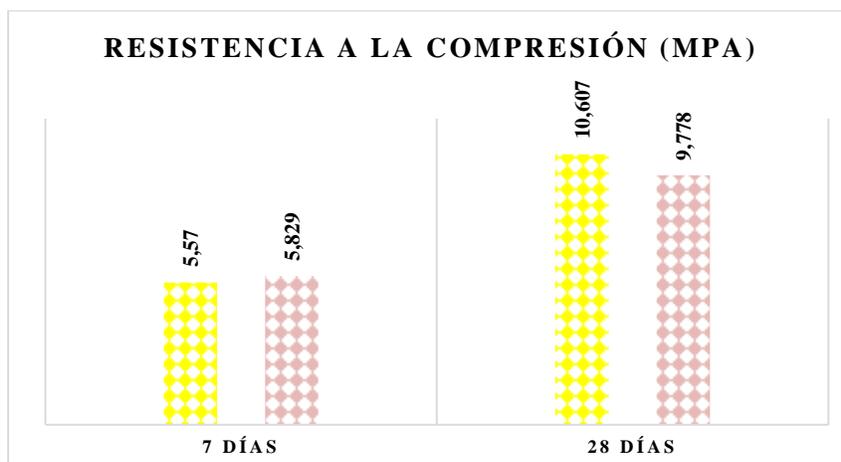


Figura 64 Resistencia a la compresión de la mezcla 50:50 de arcilla calcinada con agregados del río algodonal, Ocaña N.S.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los datos arrojados en la figura anterior la resistencia alcanzó el doble que la de los 7 días, sin embargo, no se alcanzó la resistencia esperada

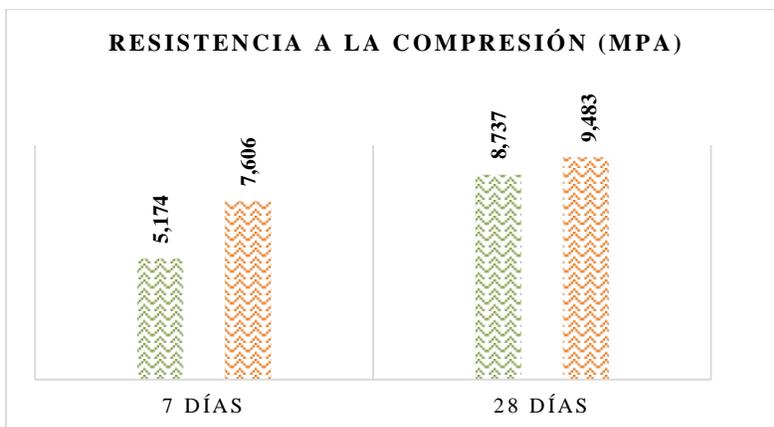


Figura 65 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodónal, Ocaña N.S y la mezcla 60:40.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los resultados obtenidos por el grafico, la resistencia a los 28 días no alcanzó ni el 1% de los 7 días

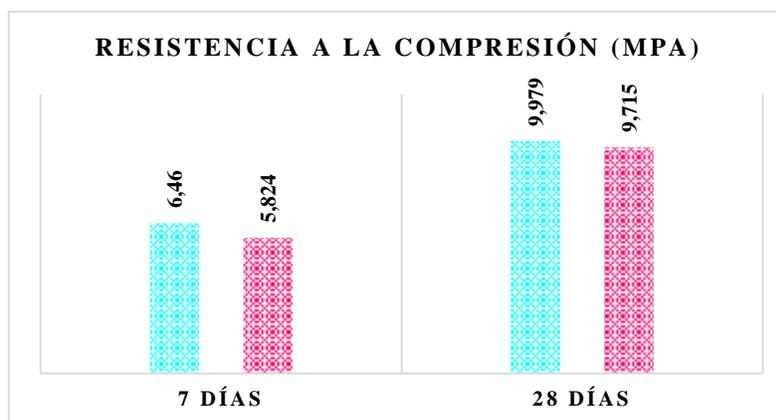


Figura 66 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodónal, Ocaña N.S y la mezcla 40:60.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Se puede observar que los valores de la resistencia fueron muy bajos, sin embargo, se logra apreciar que con la adición de la arcilla se mejoró la resistencia.

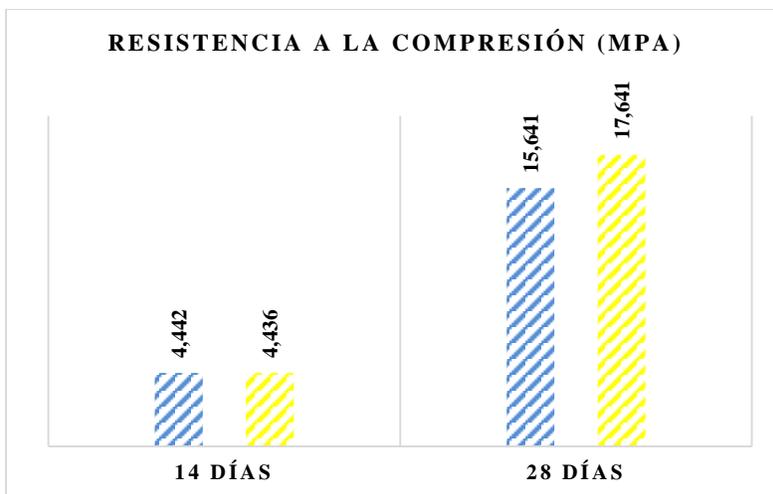


Figura 67 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de E.A.T Provías, Ocaña N.S y la mezcla 10:90.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

La resistencia mejoró significativamente alcanzando un 28% más a la de los 14 días

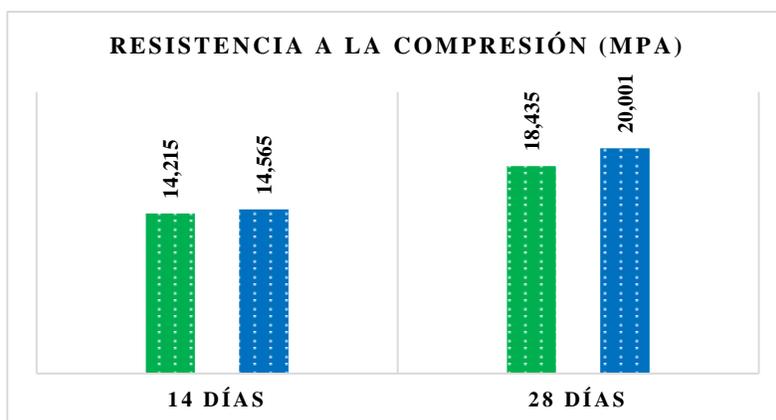


Figura 68 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S y la mezcla 20:80.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según el valor de la resistencia, se puede notar que la resistencia con esta adición muestra un comportamiento aceptable

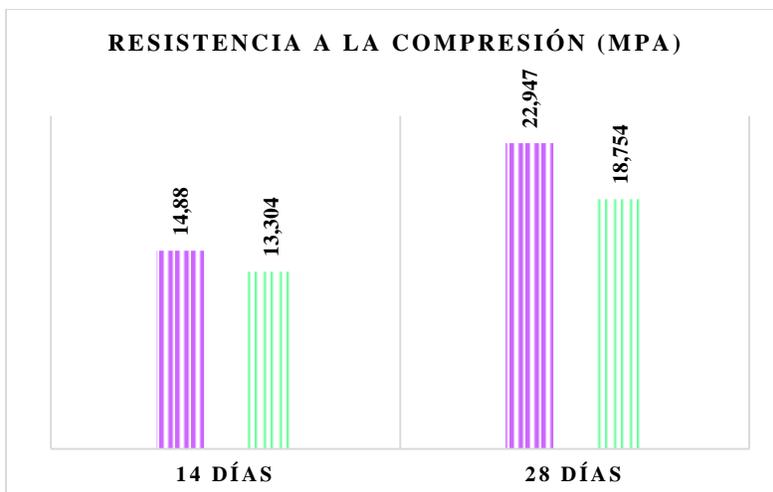


Figura 69 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de E.A.T Provías, Ocaña N.S y la mezcla 30:70.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

5.2.3 Comparar la resistencia a la compresión del concreto convencional y el concreto con arcilla calcinada.

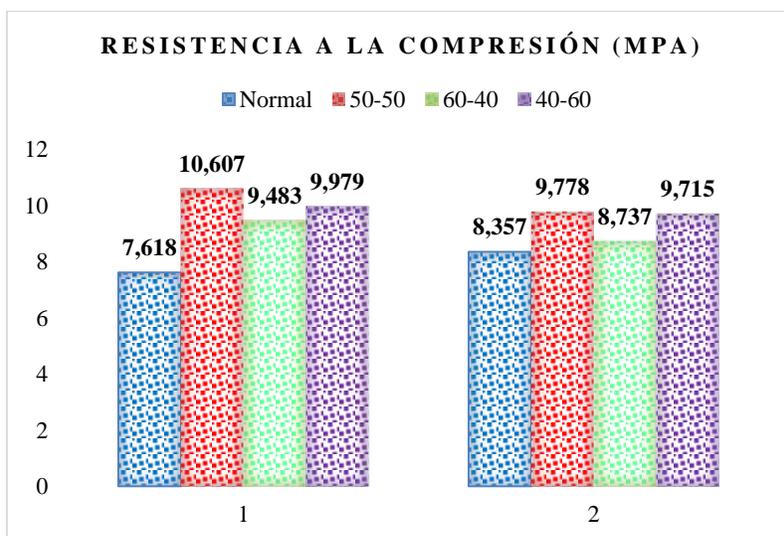


Figura 70 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados del río algodonal, Ocaña N.S y arcilla calcinada.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los resultados obtenidos los cilindros elaborados con los materiales del río algodonal, no alcanzaron ni el 50% de la resistencia deseada; lo cual indica que es un material de mala calidad, no apto para construir y mucho menos ser utilizado como concreto estructural.

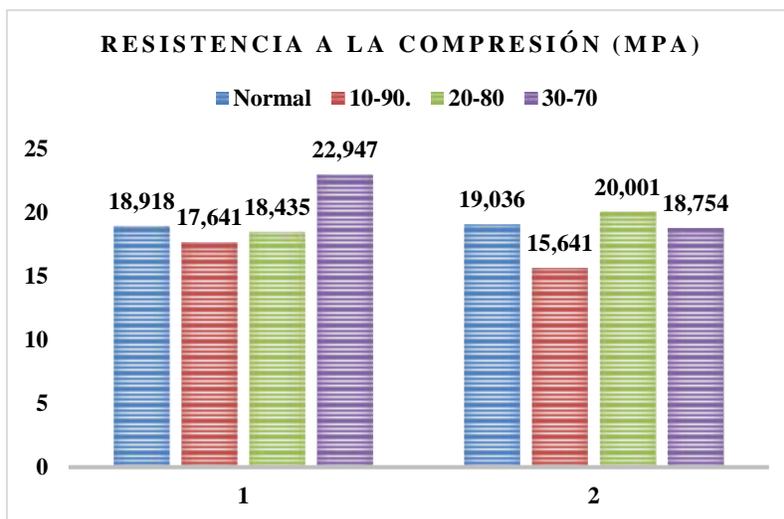


Figura 71 Resistencia a la compresión de la mezcla con agregados de E.A.T Provías, Ocaña N.S y arcilla calcinada.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los resultados obtenidos se puede apreciar que los cilindros elaborados con los materiales de Provias alcanzaron una mayor resistencia, pero contando que al adicionarle arcilla su resistencia mejoró; lo que indica que es viable utilizar la adición parcial de arcilla calcinada en el concreto.

5.3 Definir presupuestalmente la producción de concreto con adición de arcilla para su uso en la construcción.

5.3.1 Presupuesto de la producción de la arcilla calcinada y del concreto convencional

Tabla 6

Presupuesto de 1m³ de concreto convencional con agregados del río algodonal, Ocaña, N.S.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 60.000	0,59	\$ 35.400
Triturado	m3	\$ 90.000	0,582	\$ 52.380
Cemento	kg	\$ 486	408	\$ 198.288
Agua	lt	\$ 0,944	178	\$ 168
TOTAL				\$ 286.236

Fuente: Autores, 2018

Tabla 7

Presupuesto de 1m³ de concreto convencional con agregados de E.A.T. Provías, Ocaña N.S.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 50.000	0,492	\$ 24.600
Triturado	m3	\$ 70.000	0,671	\$ 46.970
Cemento	kg	\$ 486	408	\$ 198.288
Agua	lt	\$ 0,944	188	\$ 177
TOTAL				\$ 270.035

Fuente: Autores, 2018

Tabla 8

Presupuesto de 1m³ de la producción de la arcilla calcinada.

Descripción	Valor
Arcilla	\$ 17.000
Calcinación	\$ 48.000
Trituración	\$ 36.600
Mano de obra	\$ 18.400
TOTAL	\$ 120.000

Fuente: Autores, 2018

5.3.2 Presupuesto de la producción de las mezclas de concreto con adiciones de arcilla

Tabla 9

Presupuesto de 1m³ de concreto de la mezcla 50:50 con agregados del río algodonal, y arcilla calcinada.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 60.000	0,282	\$ 16.920
Triturado	m3	\$ 90.000	0,582	\$ 52.380
Arcilla calcinada	m3	\$ 120.000	0,282	\$ 33.840
Cemento	kg	\$ 486	408	\$ 198.288
Agua	lt	\$ 0,944	206	\$ 194
TOTAL				\$ 284.702

Fuente: Autores, 2018

Tabla 10

Presupuesto de 1m³ de concreto de la mezcla 40:60 con agregados del río algodonal, y arcilla calcinada.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 60.000	0,285	\$ 17.100
Triturado	m3	\$ 90.000	0,698	\$ 62.820
Arcilla calcinada	m3	\$ 120.000	0,19	\$ 22.800
Cemento	kg	\$ 486	408	\$ 198.288

Agua	lt	\$	0,944	209	\$	197
TOTAL					\$	284.105

Fuente: Autores, 2018

Tabla 11

Presupuesto de 1m³ de concreto de la mezcla 60:40 con agregados del río algodonal, y arcilla calcinada.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 60.000	0,193	\$ 11.580
Triturado	m3	\$ 90.000	0,698	\$ 62.820
Arcilla calcinada	m3	\$ 120.000	0,289	\$ 34.680
Cemento	kg	\$ 486	408	\$ 198.288
Agua	lt	\$ 0,944	200	\$ 189
TOTAL				\$ 295.977

Fuente: Autores, 2018

Tabla 12

Presupuesto de 1m³ de concreto de la mezcla 10:90 con agregados de E.A.T. Provías, y arcilla calcinada.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 60.000	0,4212	\$ 25.272
Triturado	m3	\$ 90.000	0,696	\$ 62.640
Arcilla calcinada	m3	\$ 120.000	0,0468	\$ 5.616
Cemento	kg	\$ 486	408	\$ 198.288
Agua	lt	\$ 0,944	223	\$ 211
TOTAL				\$ 266.755

Fuente: Autores, 2018

Tabla 13

Presupuesto de 1m³ de concreto de la mezcla 20:80 con agregados de E.A.T. Provías, y arcilla calcinada.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 60.000	0,3744	\$ 22.464

Triturado	m3	\$	90.000	0,696	\$	62.640
Arcilla calcinada	m3	\$	120.000	0,0936	\$	11.232
Cemento	kg	\$	486	408	\$	198.288
Agua	lt	\$	0,944	224	\$	211
TOTAL					\$	272.371

Fuente: Autores, 2018

Tabla 14

Presupuesto de 1m³ de concreto de la mezcla 30:70 con agregados de E.A.T. Provías, y arcilla calcinada.

Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor
Arena	m3	\$ 60.000	0,3066	\$ 18.396
Triturado	m3	\$ 90.000	0,732	\$ 65.880
Arcilla calcinada	m3	\$ 120.000	0,1314	\$ 15.768
Cemento	kg	\$ 486	408	\$ 198.288
Agua	lt	\$ 0,944	224	\$ 211
TOTAL				\$ 280.147

Fuente: Autores, 2018

5.3.3 Comparar presupuestalmente la producción de los diferentes tipos de concreto estructural.

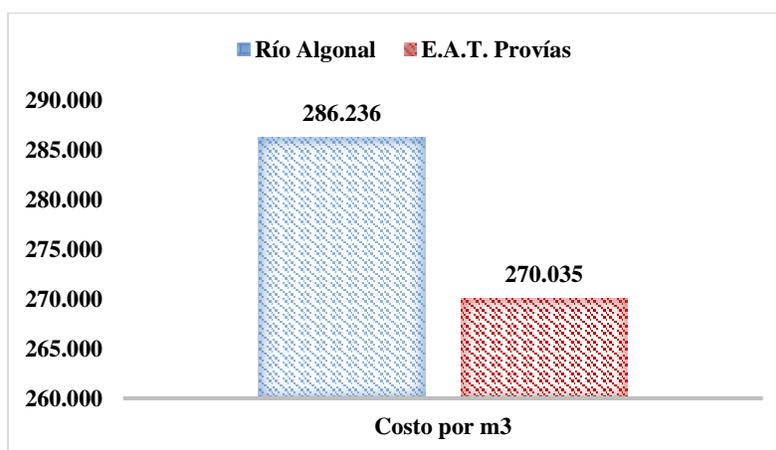


Figura 72 Presupuesto de la producción de los concretos convencionales

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según la gráfica anterior se puede observar que con los materiales de la planta Provias se obtuvo un valor de \$286.236 y con los del río Algodonal \$270.035, es decir una diferencia de 5,66%; lo cual indica que es más viable utilizar los agregados de la planta, debido a que la arena del río es muy fina, por lo cual se hace necesario usar más cuantía de cemento.

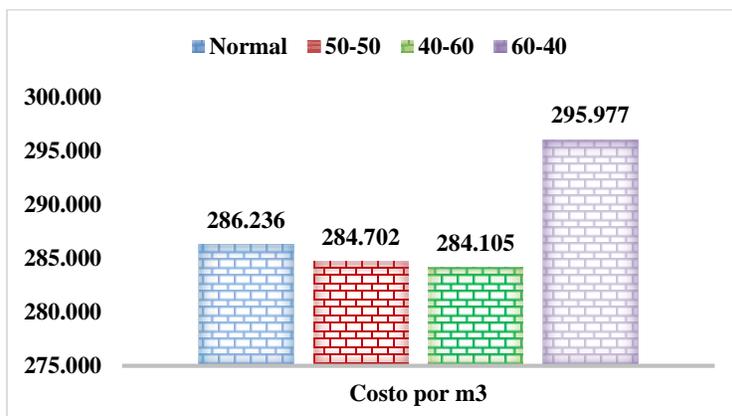


Figura 73 Presupuesto de la producción del concreto con las diferentes adiciones de arcilla calcinada y agregados del río Algodonal

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Según los resultados la mezcla 50-50 y 40-60 con respecto a la convencional es más económica un 0,56%, pero la 60-40 excede en costos a la mezcla normal en un 3,1%.

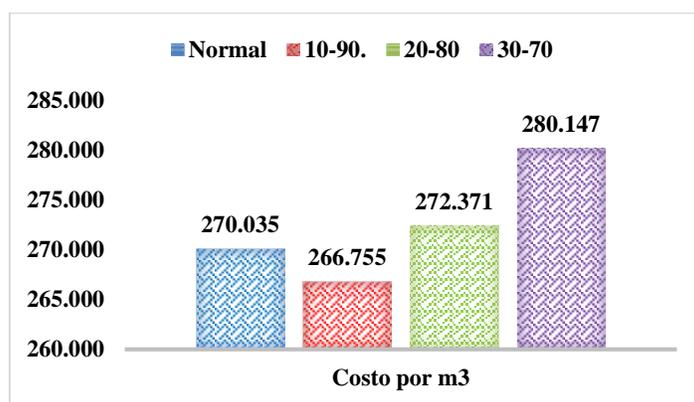


Figura 74 Presupuesto de la producción del concreto con las diferentes adiciones de arcilla calcinada y agregados de la E.A.T Provias

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

De acuerdo al contenido de agregado fino que se le adicionó a cada mezcla se incrementaron los costos, debido a que la arcilla calcinada había que producirla; siendo el más costoso el de la proporción 30-70, debido a que es la mezcla con mayor contenido de agregado fino.

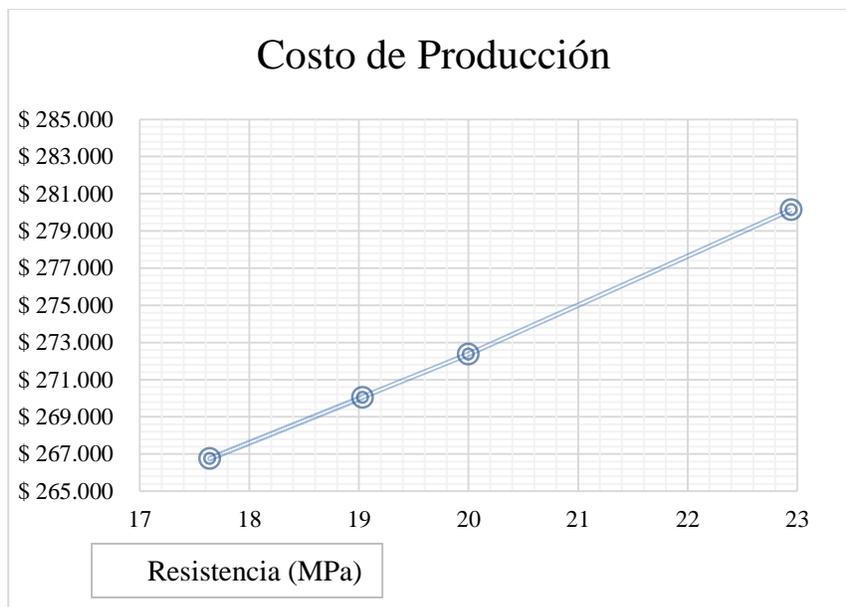


Figura 75 Resistencia vs Costos de producción del concreto con las diferentes adiciones de arcilla calcinada y agregados de la E.A.T. Provías

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Teniendo en cuenta los costos de producción y las resistencias obtenidas, se puede afirmar que es recomendable diseñar concretos con materiales de ésta empresa, ya que los resultados obtenidos por la E.A.T. Provías son buenos, a su vez podemos concluir que son directamente proporcionales, ya que a mayor resistencia, mayor costo de producción.

Capítulo 6. Conclusiones.

Según los resultados obtenidos de las muestras de arcilla se pudo clasificar según la AASTHO y SUCS, como arcillas amarillentas con vetas grises de alta plasticidad, A-7-5 Y CH, según el valor del límite líquido e índice de plasticidad. Además, se pudo clasificar como una arcilla medianamente expansiva no crítica según el valor de expansión 0,08 arrojado con los ensayos de expansión por probeta y de lambe.

Los porcentajes de arcilla calcinada térmicamente en cada mezcla de concreto, ayudó en la adherencia, puesto que con el material del río algodonal, las partículas no se adhirieron completamente generando pequeñas bolsas de aire, disminuyendo la resistencia, y al adicionar la arcilla se notó como esta mejoró significativamente el comportamiento del concreto.

La arcilla calcinada al adicionarla a la mezcla de concreto, aportó a su resistencia, hasta un 50% con respecto al concreto convencional, lo que indica que es un material viable, el cual ayuda a mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto, y a su vez ayuda a contra restar el impacto de la arena debido a su módulo de finura tan bajo (1,42).

Con el análisis de costos de producción del concreto convencional y con arcilla calcinada, se pudo identificar que con la proporción 10-90 se obtuvo el menor costo con un valor de \$266.755, y con la 60-40 el mayor costo con un valor de \$295.977, es decir una diferencia de 9,87%; esto se debe a que la arena del río algodonal es muy fina lo cual obliga usar una mayor

cuantía de cemento; además se logró apreciar que los costos con arcilla calcinada no exceden a un valor significativo a los convencionales , aunque se tengan costos extra por la producción del agregado.

Con la implementación de este agregado artificial se ayuda a reducir el impacto ocasionado por la extracción de los materiales pétreos del río algodonal, y de igual manera su adición en el concreto ayuda a mejorar su resistencia mecánica lo cual genera una nueva alternativa para la industria de la construcción.

Recomendaciones.

Para la elaboración de concretos a partir de arcillas calcinadas se debe tener en cuenta sus características físico-mecánicas, para luego proceder con la producción del agregado calcinado, teniendo en cuenta todos los parámetros establecidos en la NSR-10 para concretos estructurales.

Para los distintos porcentajes de arcilla adicionada a la mezcla se recomienda, buscar el que más se ajuste a la curva granulométrica; porque entre mejor estén distribuidas las partículas se obtendrá un mejor desempeño en el concreto.

Se pide la aplicación de este material para poder ofrecer concretos más resistentes y garantizar una mejor calidad en las construcciones a realizar en el municipio de Ocaña; debido a que la arena extraídas por algunas empresas tienen un módulo de finura muy bajo lo que hace que la mezclas sean más segregables y disminuyan la resistencia del concreto e incrementen los costos.

Se recomienda utilizar este tipo de concreto con arcilla calcinada en bancas de parque y adoquines, ya que este tipo de estructura requiere un valor mínimo de resistencia de 21 MPA, lo cual se puede alcanzar utilizando este material, pudiendo con esto reducir la demanda de materiales pétreos empleados para este tipo de estructuras y además se sugiere usar la arcilla como agregado grueso para aligerar y poder usarlo en cimentaciones.

Se sugiere seguir trabajando con diferentes arcillas de la zona que cumplan con las especificaciones y seguir produciendo el agregado grueso y fino de este material para así mitigar la problemática ambiental por la explotación de estos recursos.

Se recomienda estudiar el impacto ambiental producido por la extracción de materiales pétreos del río algodonal y el uso de la arcilla calcinada.

Referencias

- Acevedo Agudelo, H., Vásquez Hernández , A., & Ramirez Cardona , D. A. (13 de mayo de 2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en colombia. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825/30933>
- Aramayo Cruz, G., Buncuga, V., Cahuapé Casaux, M., Forgione, F., & Navarrete, A. (2003). Hormigones con Agregados Livianos. Obtenido de 03.01.03-Hormigones con Agregados Livianos.doc: <https://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/Monografias/03.01.03-Hormigones%20con%20Agregados%20Livianos.PDF>
- ARQHYS, E. d. (2012). Revista ARQHYS. Obtenido de DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO: <https://www.arqhys.com/contenidos/mezcla-concreto.html>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). Título C- Concreto estructural. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, 28.
- Bedoya, C., & Dzul, L. (agosto de 2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732015000200002
- Chan Yam, J. L., solís Carcaño, R., & Moreno , E. I. (7 de febrero de 2003). Influencia de los agregados petreos en las características del concreto. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/467/46770203/>
- CONKRETAR. (2015). Concreto estructural. Obtenido de Concreto estructural- ConKretar: <http://conkretar.com/nuestros-productos/concreto-estructural/>

- espectador, E. (2016). El espectador. Obtenido de extracción de material del río Algodonal en Norte de Santander: <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/suspenden-extraccion-de-material-del-rio-algodonal-nort-articulo-615277>
- García Romero, E., & Suárez Barrios, M. (2007). Geología de Arcillas. Obtenido de LAS ARCILLAS: PROPIEDADES Y USOS: <http://campus.usal.es/~delcien/doc/GA.PDF>
- Gutierrez, L. (marzo de 2003). El concreto y otros materiales para la construcción . Obtenido de http://bdigital.unal.edu.co/6167/5/9589322824_Parte1.pdf
- Patiño, O., & Méndez, R. (s.f.). CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO. Obtenido de RIDTEC - Vol 4 no 1 y 2: revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/download/134/pdf
- Revista Ingeniería de construcción . (abril de 2011). Estudio de la adición de arcillas calcinadas en la durabilidad de hormigones. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732011000100002&script=sci_arttext
- Rivera L, G. (2013). Concreto Simple. Obtenido de 8. Dosificación de mezclas de concreto: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearnilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20-%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2008%20-%20Dosificacion%20de%20mezclas%20de%20concreto.pdf>
- Rivera L., G. (2013). Concreto Simple. Obtenido de 1-Materiales Conglomerantes: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearnilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20-%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2001%20-%20Materiales%20conglomerantes.pdf>

Rivera L., G. (2013). Concreto Simple. Obtenido de 2-Agregados:

<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2002%20-%20Agregados%20para%20mortero%20y%20concreto.pdf>

Rodriguez García, R., Vera Toro, J., & Blandon Alzate, S. (2015). Ensayo de compresión en concreto. Obtenido de Laboratorio concreto:

https://issuu.com/eduardo125/docs/laboratorio-concreto__1_

SIAC. (s.f.). Agua- IDEAM. Obtenido de SIAC: <http://www.siac.gov.co/aguaques>

Valdés Vidal, G., Reyes Ortiz, O. J., & González Peñuela, G. (enero de 2011). Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. Obtenido de

<http://www.redalyc.org/html/852/85222642003/>

Valdez Guzmán, L. F., Suárez Alcívar, G. E., & Proaño Cadena, G. (s.f.). Hormigones Livianos .

Obtenido de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10056/1/Hormigones%20Livianos.pdf>

Zapata Mera, J., & Ouedraogo Guayasamin, I. (2014). CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE VIDRIO E INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE BRA ADICIONADO. Obtenido de

características:

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12095/CARACTER%20C3%8DSTI%20CAS.pdf?sequence=1>

Apéndices.

Apéndice A Ensayos realizados a la arcilla en su estado natural.

Contenido de humedad

En la norma INV E-122-07, explica que este ensayo se debe realizar tomando tres recipientes los cuales están marcados respectivamente, luego estos deben pesarse y colocar en cada uno la muestra de la arcilla y se pesa nuevamente con el material. Seguidamente de esto se llevan al horno a una temperatura de 105 °C por un tiempo, después de esto se saca la muestra del horno y se pesa para conocer su peso seco.



Figura 76 Ensayo de humedad de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Límite líquido

Según la norma INV E-125-07, se toma una cantidad de la muestra triturada para pasarla por el tamiz #40 y se deposita en una tara para adicionarle agua y se mezcla con una espátula, esta mezcla se disuelve hasta que tome una apariencia consistente y se lleva a la cazuela de casa

grande y se le hace una abertura, luego se le da vuelta a la polea hasta que se cierre la mezcla en 25 golpes.

Luego cada porción de la muestra es pesada obteniendo su peso húmedo y su peso seco expuesta a una temperatura de 105°C en el horno durante 18 horas.



Figura 77 Ensayo de límite líquido de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Límite Plástico

Según la norma INV E-126-07, el ensayo consiste en disolver la muestra y pasarla por el tamiz #40, y se le adiciona agua hasta que tenga una textura consistente, se toma una pequeña porción de la muestra y se hacen rollitos con diámetro aproximadamente de 3 mm, hasta que se hagan grietas hasta romperse. Luego se toman tres recipientes los cuales están pesados y enumerados y se depositan las muestras para así obtener el peso

Húmedo, después se lleva al horno a una temperatura de 105°C durante 18 horas, para conocer el peso seco.



Figura 78 Ensayo de límite plástico de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Límite de contracción

Según la norma INV E-127-07, la muestra para este ensayo debe presentar una consistencia moldeable la cual se logra después de haber pasado el material disgregado por el tamiz # 40 y ser adicionada agua de forma gradual, esta muestra se lleva a un recipiente metálico pesado, y lubricado para que no se pegue la muestra, luego se apisona con golpes sobre un papel para evitar los vacíos, luego se pesa para obtener el peso húmedo del espécimen, luego se lleva al horno para obtener el peso seco.

Después de esto se coloca el recipiente metálico dentro de una tara y se le vierte el mercurio y se presiona por una placa de vidrio, se retira y se pesa de nuevo el recipiente con la pérdida del mercurio.



Figura 79 Ensayo de límite de contracción de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Presión de expansión de Lambe

Según la norma INV E-120-07, el ensayo consiste en obtener un número de capas y un número de golpes dependiendo la humedad de la muestra la cual es disgregada y pasada por el tamiz #10 va a tener 3 capas cada una con 4 golpes. Se compacta la muestra en el anillo se pesa y se realiza el montaje del aparato del lambe, el cual está previamente calibrado con una lectura inicial dial de 1,2 mm y con un volumen de agua contenido por un segundo anillo de pasta permitiendo la absorción y expansión de la muestra después de un tiempo de 2 horas.

Luego se pesa la muestra para obtener su peso húmedo y su peso seco después de ser expuesta durante 18 horas en un horno a 105°C.



Figura 80 Ensayo de presión de Lambe de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Expansión libre en probeta

Según la norma INV E 132-07, para el ensayo se utilizan dos probetas cada una de 100ml de agua y ACPM respectivamente, en cada una de estas fueron depositados 12 g de la muestra en estado seco pasada por el tamiza # 40 durante un tiempo de 24 horas.



Figura 81 Ensayo de expansión libre de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Gravedad específica de los sólidos

Según la norma INV E-128-07, el procedimiento para este ensayo es disgregar la muestra y pasarla por el tamiz # 40 y tomar 100 gramos, los cuales se mezclan con agua durante 10 minutos, luego se deposita en un picnómetro y se coloca dentro de un recipiente hirviendo hasta alcanzar una temperatura de 80 °C. Después se coloca a enfriar durante una hora, luego se echa en una tara y se mete al horno.



Figura 82 Ensayo de gravedad específica de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Análisis granulométrico- Método del hidrómetro

Según la norma INV E-124-07, se disgrega la muestra y se pasa por el tamiz #10 y se toma una cantidad de 50 g. Esta muestra se coloca en el horno y se deja secar durante un tiempo de 24 horas con una temperatura de 105 °C. Luego se prepara una solución de 150 g de Hexametáfosfato sódico, 375 ml de agua y a cada muestra de 50 g se le adiciona 125 ml de esta solución. Se deja durante un tiempo de 24 horas y se mezcla durante 10 minutos para colocarla

en una probeta de 1000 ml. Después se toman diferentes lecturas con el hidrómetro a diferentes tiempos.



Figura 83 Ensayo de límite líquido de la arcilla en su estado natural

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Apéndice B Procedimiento para la producción de la arcilla calcinada.

Para la producción de la arcilla calcinada se tomó la muestra en estado natural y se llevó a las muflas exponiéndolas a una temperatura de 1200 °C, durante 24 horas, luego para poder usarla como agregado se molió la arcilla hasta un tamaño pasante por el tamiz #4



Figura 84 Calcinación y trituración de la arcilla.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Apéndice C Ensayos realizados a los agregados y a la arcilla calcinada.

Granulometría- Agregado fino

Para la realización de la granulometría se utilizó la NTC 77 la cual me indica que la cantidad de material es 500 g y que los tamices a utilizar son (#4, #8, #16, #30, #50, #100, #200); luego se pesa la cantidad de material retenido en cada tamiz.



Figura 85 Granulometría del agregado fino.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Granulometría- Agregado grueso

Para la realización de la granulometría se utilizó 5300 g pasado por los tamices (3/4, #1/2, 3/8, #4, #8, #16, #30 #50, #100, #200); luego se pesó la cantidad de material retenido en cada tamiz.



Figura 86 Granulometría del agregado grueso.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Masa unitaria suelta y compacta

La norma NTC 92, indica que para realizar la masa unitaria suelta se toma un molde de forma cilíndrica con volumen conocido y se introduce la muestra hasta llenar el molde y se obtiene el peso correspondiente. Para realizar la masa unitaria compactada se toma un molde de forma cilíndrica con volumen conocido y se introduce la muestra, en 3 capas compactando cada capa con 25 golpes con una varilla lisa de punta redondeada de 3/8" y se obtiene el peso correspondiente.



Figura 87 Masa unitaria suelta y compacta

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Densidad y absorción del agregado fino natural y calcinado

La norma NTC 237, establece que se debe tomar 1 kg de muestra y dejarlo en una tara con agua durante 24 horas, luego se le saca el agua y se coloca a secar la muestra hasta que quede este superficialmente seca. Esto se determina usando un cono en el cual introduzco la arena si esta queda completamente armada luego de quitar el cono, toca dejar que se seque más.

Luego de tener el material superficialmente seco se procede a llevar la muestra a un picnómetro con agua hasta 100 ml, y se pesa. Seguidamente se coloca la mezcla en una tara y se introduce al horno.



Figura 88 Densidad y absorción del agregado fino.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Densidad y absorción del agregado grueso

Se debe tomar 1 kg de muestra y dejarlo en una tara con agua durante 24 horas, luego se le saca el agua y se seca superficialmente la muestra luego de esto se sumerge dentro del agua con la balanza y tomo el peso.



Figura 89 Densidad y absorción del agregado grueso.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.

Luego de tener el material superficialmente seco se procede a llevar la muestra a un picnómetro con agua hasta 100 ml, y se pesa. Seguidamente se coloca la mezcla en una tara y se introduce al horno.

Apéndice D Producción de concreto estructural convencional y con adiciones de arcilla calcinada.

El procedimiento para realizar los diferentes concretos es el siguiente.



Figura 900 Materiales para la mezcla de concreto con adición de arcilla

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 91 Materiales para la mezcla de concreto convencional

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 92 Mezcla de los materiales

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 93 Chequeo del asentamiento

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 94 Cilindros de las mezclas de concreto

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 95 Marcar los cilindros para su identificación

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 96 Sumergir los cilindros para su posterior ensayo.

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 97 Ensayo de compresión de los cilindros

Fuente: Autores del proyecto, 2018.



Figura 98 Falla de los cilindros

Fuente: Autores del proyecto, 2018.