

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE CONCRETO FIBROREFORZADO DE
F'C=250KG/CM2 CON FIBRA VEGETAL EN LA CIUDAD DE
JAÉN**

Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil

Autor:

RIMAY VÁSQUEZ EDWIN

Asesor:

M. en I. HECTOR ALBARINO PEREZ LOAYZA

JAÉN - PERÚ

2017

AGRADECIMIENTOS

En ningún momento de la vida estamos solos y entre las personas que nos rodean siempre habrá quien nos brinde apoyo para salir adelante. Este es el momento de agradecer a todas aquellas personas que con sus palabras, apoyo moral, económico y con el simple hecho de estar a nuestro lado nos hace la tarea más fácil.

Primeramente agradecer a Dios Todopoderoso y su hijo Unigénito Jesucristo por permitirme llegar a este punto en mi vida, por la sabiduría y entendimiento a lo largo de mi formación, una etapa que me servirá para desarrollarme en la sociedad y para seguir mi vida solo, de aquí en adelante será mi esfuerzo el que me permita salir adelante.

En segundo lugar me gustaría agradecer, de una manera especial a mi asesor de tesis y catedrático M.I. Héctor Pérez Loayza, por su aliento, sus inestimables aportaciones, por su calidad humana, trabajo y humildad.

A mis padres, hermanos y amigos que en el transcurso de mi carrera siempre estuvieron a mi lado para darme los consejos que me hicieron no salir por la puerta de atrás y continuar dando pasos hacia adelante.

Un agradecimiento especial al laboratorio de GEOCON VIAL, Gerente General Ing. Rafael Quiroz Chihuan en las que se ha llevado a cabo los ensayos presentados.

A todos y cada uno de los que por falta de memoria he olvidado mencionar, muchas gracias, por las palabras o gestos de apoyo, que sin necesidad de hacerlo, me brindaron.

DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios Todopoderoso, por darme sabiduría y entendimiento a lo largo de toda mi carrera, así mismo dedico este trabajo a:

A mis padres; Rafael Rimay Goicochea y Felicita Vásquez Torres, por estar siempre a mi lado apoyándome en todos y cada uno de los momentos dándome todo su amor, comprensión y cariño incondicional; siendo mi ejemplo a seguir de perseverancia y esfuerzo, brindándome siempre una sonrisa a pesar de las dificultades, un millón de gracias Papas, los quiero.

A mi hermano; José Rimay Vásquez quien siempre está a mi lado acompañándome en cada paso, logros, triunfos, alegrías y tristezas, demostrándome que unidos somos uno.

A dos grandes personas que el Señor puso en mi camino; Darío Cañas Gonzales (Fundador Casa Hogar Amazonas – El Muyo) y Salvador Bustamante Torrejón (Docente Matemático) quienes me apoyaron e impulsaron en mis estudios.

INDICE DEL CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
INDICE DEL CONTENIDO	4
INDICE DE TABLAS	6
INDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	14
SUMMARY	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	19
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES:.....	20
2.2 BASES TEORICAS	21
2.2.1 EL CONCRETO Y SUS PROPIEDADES	21
2.2.2 FIBRAS EN EL CONCRETO	26
2.2.2.1 <i>INTRODUCCIÓN A LAS FIBRAS</i>	26
2.2.2.2 <i>REFUERZO DEL CONCRETO CON FIBRAS</i>	26
2.2.2.3 <i>CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS</i>	28
2.2.3 FIBRAS VEGETALES	29
2.2.4 CÁSCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN	30
2.2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	32
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO	35
3.1 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS	35
3.1.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2 CANTERA EN ESTUDIO	39
3.3 PROCEDENCIA DE LA FIBRA VEGETAL (CASCARILLA DE ARROZ).....	40
3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO.....	42
3.4.1 CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS	42
3.4.2 CARACTERÍSTICAS FISCOQUIMICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ.....	50
3.4.3 CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS Y FÍSICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ	51

3.5	CARÁCTERÍSTICAS DEL CEMENTO	58
3.6	CARÁCTERÍSTICAS DEL AGUA	58
3.7	DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO PATRÓN.....	58
3.8	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO PATRON.....	64
3.9	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO PATRON.....	65
3.10	PROCEDIMIENTO PARA LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL EN LAS PROPORCIONES DE DISEÑO.	67
3.11	MEZCLADO Y ELABORACION DE LOS ESPECIMENES DE CONCRETO.....	69
3.12	CURADO DE LOS ESPECIMENES DE CONCRETO.....	71
3.12.1	CURADO INICIAL Y DESMOLDE DE LAS PROBETAS	71
3.12.2	CURADO ESTÁNDAR.....	71
3.13	ENSAYOS DE CONCRETO	72
3.13.1	ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO	72
3.13.2	ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	74
3.14	TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	78
	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
4.1	ANÁLISIS LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO.....	79
4.2	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO	81
4.3	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	82
4.4	ANÁLISIS DEL LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	85
4.5	ANÁLISIS DEL LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA	88
4.6	ANÁLISIS DEL LA FISURA DEL ESPECIMEN	91
4.7	ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ESPECÍMEN	92
4.8	ANÁLISIS DEL TIPO DE FALLA DEL ESPECÍMEN	93
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
5.1	CONCLUSIONES.....	96
5.2	RECOMENDACIONES	98
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
	ANEXOS	101
	ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND	101
	ANEXO II: NORMA NTE E.060 (5.3.3.2) PARA EL NÚMERO DE ESPECÍMENES ENSAYADOS	102
	ANEXO IV: RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	107

ANEXO V: RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA FIBRA VEGETAL (CASCARILLA DE ARROZ)	116
ANEXO VI: ANALISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE CENIZA DE LA FIBRA VEGETAL (CASCARILLA DE ARROZ)	121
ANEXO VII: INFORME DE CONTROL DE TEMPERATURA DE HORNO ARTESANAL, DEL CUAL SE OBTUVO LA CENIZA DE LA FIBRA	122
ANEXO VIII: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO EN LOS ENSAYOS	123
ANEXO IX: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	124
ANEXO X: TANDAS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE PROBRETAS	125
ANEXO XI: RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS	128
ANEXO XII: PANEL FOTOGRÁFICO	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clases de mezclas según su asentamiento (Abanto Castillo, 2001) ..	22
Tabla 2: Tipos de cemento Portland (ASTM C – 150).....	24
Tabla 3: Normas Técnicas para Ensayos de Laboratorio.....	25
Tabla 4: Porcentajes máximos de sustancias dañinas en agregados	26
Tabla 5: Aplicaciones del concreto fibroreforzado (Elaboración propia).....	27
Tabla 6: Tipos y especies de fibras vegetales (Elaboración propia).....	29
Tabla 7: Fibras más utilizadas por Países (Macías, Artola & Hernández).....	30
Tabla 8: Composición Química de la Cascarilla de Arroz (Paez, 2006)	31
Tabla 9: Características físicas de la cáscara de arroz (Chur Pérez ,2010).....	32
Tabla 10: Esquema experimental de la investigación	37
Tabla 11: Resumen del diseño de mezclas del concreto patrón	62
Tabla 12: Resumen de corrección por contenido de humedad de los agregados del diseño de mezclas del concreto patrón	63
Tabla 13: Tanda de 0.02 m ³ para la mezcla de prueba del Concreto Patrón ..	64
Tabla 14: Ajuste de Mezcla por Apariencia, Asentamiento, Agua Adicional y Contenido de Aire para la elaboración del concreto Patrón	66

Tabla 15: Ajuste de Mezcla por Resistencia debido al Grado de Hidratación, del Concreto Patrón	67
Tabla 16: Dosificaciones mínimas de fibras para el concreto (MACCAFERRI, 2007)	68
Tabla 17: Estructura del Diseño de Concreto Fibroreforzado con Fibra Vegetal (cascarilla de arroz).....	68
Tabla 18: Proporciones con diferentes adiciones de cascarilla de arroz.....	69
Tabla 19: Variación porcentual del asentamiento de las diferentes adiciones con cascarilla respecto al patrón.....	79
Tabla 20: Peso unitario del concreto fresco de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla arroz.....	81
Tabla 21: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla.....	83
Tabla 22: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido de las diferentes adiciones de cascarilla con respecto al patrón	83
Tabla 23: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días	85
Tabla 24: Variación porcentual de la resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días.....	86
Tabla 25: Resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días	89
Tabla 26: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días	89
Tabla 27: Anchos transversal de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta	91
Tabla 28: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de cascarilla de arroz según el ACI para la edad de 28 días	92
Tabla 30: Tipos y porcentaje de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.....	94

Tabla 31: Principales componentes del cemento Portland (A. M. Neville y J. J. Brooks).....	101
Tabla 32: Fuentes de materias primas usadas en la fabricación de cemento Pórtland (A. M. Neville y J. J. Brooks)	101
Tabla 33: Componentes químicos del cemento Portland (A. M. Neville y J. J. Brooks).....	101
Tabla 34: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso (NTP 400.037 – 2002)	103
Tabla 35 Cantidad Mínima de muestra para el ensayo (NTP 400.018 – 2013)	104
Tabla 36: Carga Abrasiva según gradación del agregado grueso (NTP 400.019 – 2002)	104
Tabla 37: Gradaciones de muestras de ensayo (NTP 400.019 – 2002).....	104
Tabla 38: Límites Granulométricos recomendados para Agregado Fino (NTP 400.037 – 2002)	104
Tabla 39: Número de capas requeridas por espécimen (NTP 339.183 – 2013)	105
Tabla 40: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba (NTP 339.183 – 2013).....	105
Tabla 41: Capacidad de los recipientes de medición (NTP 339.046 – 2013).	106
Tabla 42: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia (NTP 339.034 – 2013)	106
Tabla 43: Análisis Granulométricos del agregado fino- Ensayo 1	107
Tabla 44: Análisis Granulométricos del agregado fino- Ensayo 2	108
Tabla 45: Análisis Granulométricos del agregado fino- Ensayo 3	109
Tabla 46: Promedio del módulo de finura del agregado fino	109
Tabla 47: Análisis Granulométricos del agregado grueso- Ensayo 1	110
Tabla 48: Análisis Granulométricos del agregado grueso- Ensayo 2	111

Tabla 49: Análisis Granulométricos del agregado grueso- Ensayo 3	112
Tabla 50: Promedio del módulo de finura del agregado grueso	112
Tabla 51: Peso específico y absorción del agregado fino	113
Tabla 52: Peso específico y absorción del agregado grueso	113
Tabla 53: Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso	114
Tabla 54: Peso unitario suelto del agregado fino y agregado grueso.....	114
Tabla 55: Peso unitario compactado del agregado fino y agregado grueso...	114
Tabla 56: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado fino	115
Tabla 57: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado grueso	115
Tabla 58: cantidad de muestra de agregado para el ensayo de abrasión	115
Tabla 59: Porcentaje de abrasión.....	116
Tabla 60: Análisis Granulométricos de la Cascarilla de Arroz- Ensayo 1	116
Tabla 61: Análisis Granulométricos de la Cascarilla de Arroz - Ensayo 2.....	117
Tabla 62: Análisis Granulométricos de la Cascarilla de Arroz- Ensayo 3.....	118
Tabla 63: Promedio del módulo de finura de la Cascarilla de Arroz.....	119
Tabla 64: Peso específico y absorción de la Cascarilla de Arroz	119
Tabla 65: Contenido de humedad de la Cascarilla de Arroz	120
Tabla 66: Peso unitario suelto de la cascarilla de arroz	120
Tabla 67: Peso unitario compactado de la cascarilla de arroz	120
Tabla 68: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para la Cascarilla de Arroz ...	121
Tabla 69: Resistencia a la compresión promedio (NTP E-060).....	124
Tabla 70: Requerimientos de agua en L/m ³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada (Riva López, E. 2013).....	124
Tabla 71: Relación agua/cemento (a/c) del concreto por resistencia (Riva López, E. 2013).....	124

Tabla 72: Módulo de finura de la combinación de agregados “mc” (Riva López, E. 2013).....	125
Tabla 73: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 10 de Junio del 2017	125
Tabla 74: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 13 de Junio del 2017	126
Tabla 75: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 15 de Junio del 2017	126
Tabla 76: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 20 de Junio del 2017	127
Tabla 77: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 23 de Junio del 2017	127
Tabla 78: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión del concreto patrón	128
Tabla 79: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 10kg/m ³ de adición de cascarilla arroz	129
Tabla 80: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 20kg/m ³ de adición de cascarilla arroz	130
Tabla 81: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 30kg/m ³ de adición de cascarilla arroz	131
Tabla 82: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta del concreto patrón.....	132
Tabla 83: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 10kg/m ³ de cascarilla arroz.....	133
Tabla 84: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 20kg/m ³ de cascarilla arroz.....	134
Tabla 85: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 30kg/m ³ de cascarilla arroz.....	135

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comportamiento a la deflexión por carga de concreto simple y reforzado con fibra (K. Mehta & P. Monteiro, 1998)	27
Figura 2: Descripción del grano de arroz de arroz (Oryza Sativa) (De Datta, SK. 1986)	31
Figura 3: Mapa de la ubicación de La Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén	35
Figura 4: Imagen Satelital de la ubicación de la Cantera Olano.....	39
Figura 5: Ubicación y localización de la Cantera Olano	40
Figura 6: Recolección de Fibra Vegetal (Cascarilla de Arroz)	40
Figura 7: Imagen Satelital de la ubicación de la Molinera Los Cocos	41
Figura 8: Mapa de la ubicación Molinera los Cocos	41
Figura 9: Recolección de la Ceniza de Cascarilla de Arroz, para el Análisis Fisicoquímico	50
Figura 10: Fotografía satelital de la ubicación donde se recolectó la Ceniza de la Cascarilla de Arroz.....	51
Figura 11: Toma de medidas de la longitud de la Cascarilla de Arroz	52
Figura 12: Toma de las Medidas de las Probetas Cilíndricas.....	74
Figura 13: Esquema de los patrones de tipos de Fracturas (NTP 339.034 – 2013)	76
Figura 14: Ensayo de Compresión Diametral (Split Test)	77

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Esquema de la investigación	37
Gráfico 2: Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de cascarilla	80
Gráfico 3: Variación porcentual del asentamiento por influencia de la cascarilla adicionada con respecto al patrón.....	80

Gráfico 4: Peso unitario del concreto fresco de los distintos porcentajes de la adición de la cascarilla de arroz	81
Gráfico 5: Variación porcentual del Peso unitario del concreto fresco por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón.....	82
Gráfico 6: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para los distintos ensayos y porcentajes de adición de cascarilla.....	84
Gráfico 7: Variación porcentual del Peso unitario del concreto endurecido por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón.....	85
Gráfico 8: Resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregado a los 07, 14 y 28 días	86
Gráfico 9: Variación porcentual de la resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregada con respecto al concreto patrón	87
Gráfico 10: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión a diferentes edades y adiciones de cascarilla.....	87
Gráfico 11: Resistencia a compresión en el tiempo de los diferentes porcentajes de adición-cascarilla.....	88
Gráfico 12: Resistencia a la tracción indirecta por influencia de la cascarilla agregada a los 07, 14 y 28 días	89
Gráfico 13: Variación porcentual de la resistencia a la tracción indirecta por influencia de la fibra agregada con respecto al concreto patrón	90
Gráfico 14: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a tracción indirecta a diferentes edades y adición de fibra.....	91
Gráfico 15: Promedio de los anchos de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta	92
Gráfico 16: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de cascarilla de arroz según el ACI para la edad de 28 días	93
Gráfico 17: Representación de los tipos de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.....	94
Gráfico 18: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo 1	107

Gráfico 19: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo 2.....	108
Gráfico 20: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo 3.....	109
Gráfico 21: Curva granulométrica del agregado grueso- Ensayo 1.....	110
Gráfico 22: Curva granulométrica del agregado grueso- Ensayo 2.....	111
Gráfico 23: Curva granulométrica del agregado grueso- Ensayo 3.....	112
Gráfico 24: Curva granulométrica de la Cascarilla de Arroz- Ensayo 1.....	117
Gráfico 25: Curva granulométrica de la Cascarilla de Arroz - Ensayo 2.....	118
Gráfico 26: Curva granulométrica de la Cascarilla de Arroz - Ensayo 3.....	119

RESUMEN

El estudio que aquí se presenta es una iniciativa más para la utilización de residuos generados por la agricultura, como una alternativa para la utilización en la industria de los materiales de construcción, en este caso es la cascarilla de arroz. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar la influencia de sus propiedades de un concreto normal al incorporar distintos porcentajes de cascarilla de arroz. Se han realizado ensayos comparativos entre el diseño de un concreto normal $f'c= 250\text{kg/cm}^2$ y concretos adicionados de 10kg/m^3 , 20kg/m^3 y 30kg/m^3 de cascarilla de arroz, reemplazando la cantidad adicionada de cascarilla por el agregado fino para mantener el diseño a un metro cúbico. Las propiedades del concreto que se estudiaron fueron: La trabajabilidad, peso unitario del concreto fresco y endurecido, la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, fisuras y análisis del tipo de fallas de los especímenes. Estos ensayos se realizaron a 07 y 14 días, como parámetro, y a 28 días para obtener la resistencia última. El concreto en estado fresco se determinó que el asentamiento en los diseños de mezcla con adiciones de cascarilla de arroz presenta características poco trabajables (0"-2"), se observa que a medida que aumenta las adiciones al concreto la trabajabilidad disminuye, en lo que se refiere al peso unitario para las adiciones de 10kg/m^3 y 20kg/m^3 se tiene una disminución porcentual con respecto al concreto patrón de 1.31% y 3.25%, es decir la incorporación de fibras de cascarilla de arroz para estas proporciones en la mezcla no tiene efecto importante en el peso unitario del concreto. Para el concreto en estado endurecido se determinó que el concreto elaborado con 10kg/m^3 de cascarilla de arroz, presenta características de resistencia bastante cercanas a las del patrón, teniendo una disminución porcentual de 0.47% a los 28 días, es decir la resistencia a compresión no se verá afectada, al aumentar los porcentaje de adición de 20kg/m^3 y 30kg/m^3 ésta disminuye considerablemente a 4.69% y 24.81% respectivamente, en lo que respecta la resistencia a tracción indirecta para el concreto elaborado con 10kg/m^3 de cascarilla se tiene un aumento significativo de 6.34% a los 28 días respecto del patrón, pero al aumentar los porcentaje de adición de 20kg/m^3 y 30kg/m^3 ésta disminuye.

Palabras claves: Concreto, fibra vegetal, cascarilla de arroz, resistencia.

SUMMARY

The study presented here is a further initiative for the use of waste generated by agriculture, as an alternative for the use of construction materials in the industry, in this case rice husk. The present research aims to study the influence of its properties of a normal concrete by incorporating different percentages of rice husks. Comparative tests between the design of a standard concrete $f'c = 250\text{kg/cm}^2$ and concrete added of 10kg/m^3 , 20kg/m^3 and 30kg/m^3 of rice husk have been carried out, replacing the added amount of husk by the fine aggregate for keep the design to one cubic meter. The concrete properties that were studied were: workability, unit weight of fresh and hardened concrete, compressive strength, indirect tensile strength, cracking and failure type analysis of the specimens. These tests were carried out at 07 and 14 days, as a parameter, and at 28 days to obtain the ultimate resistance. The concrete in the fresh state was determined that the settlement in the mix designs with additions of rice husk presents little workable characteristics (0 "-2"), it is observed that as the additions to the concrete increases, the workability decreases, which refers to the unit weight for additions of 10kg/m^3 and 20kg/m^3 , there is a percentage decrease with respect to the standard concrete of 1.31% and 3.25%, that is to say the incorporation of rice husks fibers for these proportions in the mixture has no significant effect on the unit weight of the concrete. For the concrete in the hardened state, it was determined that the concrete made with $10\text{kg} / \text{m}^3$ of rice husk, presents resistance characteristics quite close to the pattern, having a percentage decrease of 0.47% at 28 days, ie the compressive strength will be affected, increasing the percentage of addition of 20kg/m^3 and 30kg/m^3 , this decreases considerably to 4.69% and 24.81% respectively, with respect to the indirect tensile strength for concrete made with 10kg/m^3 of husk a significant increase of 6.34% at 28 days compared to the standard, but with an increase in the addition percentage of 20kg/m^3 and $30\text{kg} / \text{m}^3$, this decrease.

Key words: Concrete, vegetable fiber, rice husk, resistance.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

La utilización de fibras en el concreto como refuerzo se viene dando a partir de 1990, la más utilizada el acero, pero tienen alto costo y su producción nos lleva a más industrialización causando más contaminación al medio ambiente; además en países con economías emergentes como el nuestro se debe optar por tecnologías nuevas y producir concretos autosustentables utilizando recursos renovables como fibras naturales, para disminuir costos y menos impacto negativo en el medio ambiente, como el uso de la cáscara del arroz que es un producto residual de la cosecha de arroz en nuestro medio. Actualmente, en este campo, se trabaja mucho en Cuba y Brasil, mientras que en Colombia se han tenido algunas experiencias en la utilización del concreto fibroreforzado en tejas para cubierta, lo cual aporta más resistencia y durabilidad. En nuestro país y en nuestro medio no se ha realizado trabajos de naturaleza similar, razón por la cual se plantea ejecutar la presente investigación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del contexto de buscar recursos renovables en la construcción, esta investigación se basa en determinar propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzándolo con fibras vegetales, en este caso con “cascarilla de arroz” proveniente de la agricultura en la zona de Jaén, la ventaja de utilizar materiales naturales mejora las propiedades del concreto a menores costos y con menores impactos ambientales. Se puede sintetizar la problemática mediante la siguiente interrogante: ¿De qué modo influye la adición de cascarilla de arroz en las propiedades físicas y mecánicas del concreto normal?

1.3. HIPOTESIS

La adición de la cáscara de arroz en la obtención del concreto genera un incremento del 15% de la resistencia mecánica a la compresión del concreto.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia en las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibras vegetales (cascarilla de arroz).

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.
- Determinar las propiedades físicas y químicas de la fibra vegetal (cascarilla de arroz).
- Determinar las cantidades óptimas de fibra vegetal para reforzar el concreto.
- Determinar el incremento de resistencia del concreto reforzado con fibras vegetales; respecto a un concreto normal.

1.5. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

El uso de la cascarilla de arroz como fibra en el concreto, puede aumentar su resistencia y disminuir su costo de producción por m³ y consecuentemente ser accesible a los horizontes sociales de bajos recursos económicos. Además, no existen trabajos de naturaleza similar ejecutados en nuestro medio. Todo esto justifica la ejecución del presente trabajo de investigación.

La investigación se realizó reforzando al concreto con fibras vegetales (cascarilla de arroz) provenientes de las molineras de la ciudad de Jaén, y determinar su comportamiento físico y mecánico del concreto, previo estudio de los agregados provenientes de la cantera Olano de la ciudad de Jaén.

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Las adiciones de cascarilla de arroz

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Propiedades físicas y mecánicas del concreto fibroreforzado en estado fresco y endurecido.

1.7. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. ESPACIAL

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca – Sede Jaén y en el Laboratorio “GEOCONVIAL”. Por consiguiente, se trató de mantener condiciones reales durante la realización de los ensayos.

1.7.2. TEMPORAL

La investigación se llevó a cabo en el periodo comprendido entre los meses de Marzo del 2017 y Julio del 2017.

1.7.3. CIENTÍFICA

El proyecto de investigación se enmarcado en el área de la Ingeniería Civil, específicamente en el área de la Tecnología de los Materiales, y se realizó apoyándose en los postulados teóricos de investigadores, así como de normas tanto peruanas como extranjeras (NTP, ASTM Y ACI), con el objetivo de analizar el comportamiento mecánico del concreto con adiciones fibra y comparar la resistencia a la compresión con un concreto convencional.

1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **De tipo aplicativa:**

Porque utilizó los conocimientos obtenidos en las diferentes investigaciones para llegar al objetivo.

- **De tipo proyectiva:**

Porque está orientada a elaborar una propuesta dirigida a solucionar un problema existente.

- **De tipo experimental:**

Debido a la naturaleza de los datos e información a analizar, puesto que manipularemos las variables para llegar a los objetivos trazados.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Bizzotto, M.B, Natalini, M. B. & Gomez, G. M. (1998). En su investigación en la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina: *“Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular”*, concluyen que La cascarilla de arroz, por ser un elemento orgánico, al conformar la mezcla interfiere el proceso químico de endurecimiento del cemento, impidiendo su aglomeración como componente granular, afirmando que esto se controla incorporando al agua de amasado una formulación compuesta de aditivos químicos de acción múltiple que mineraliza las partículas granulares de origen orgánico. Además concluyen que los materiales conglomerados (Morteros o Minihormigones) que desarrollaron no tienen elevada resistencia mecánica, pero el uso de cascarilla de arroz como agregado granular los hace livianos y económicos (ref. 1).

- Juarez Alvarado, C. A. (2002). En su tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería con especialidad en Materiales en la Universidad Autónoma de Nueva León, México: *“Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lecheguilla), como materiales para construcción en México”*, concluye que La resistencia inicial del concreto con fibras naturales disminuye cuando se expone tanto a ciclos de humedecimiento y secado, como a los ambientes agresivos de cloruros y sulfatos. El ambiente estable sin cambios de humedad y temperatura no afecta al concreto con fibras naturales (ref. 2).

- Molina Salas, E. (2010). En su proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción en el Instituto Tecnológico de Costa Rica: *“Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto”*, concluye que La cascarilla de arroz en estado puro, es decir, sin ningún tipo de procesamiento no aporta beneficios de resistencia ni absorción para los bloques de concreto (ref. 3).

- Chur Pérez, G. (2010). En su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad de san Carlos de Guatemala: *“Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería”*, concluye que en los ensayos a compresión, tensión y adherencia que a mayor cantidad de cascarilla de arroz, las propiedades mecánicas de los morteros disminuyen, por lo que es importante establecer un nivel medio en la aplicación de este componente (ref. 4).

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES:

- Villegas Martínez, C. (2012). En su tesis para optar el grado de maestro en tecnología de la construcción en la Universidad Nacional de Ingeniería: *“Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo”*, En la elaboración de bloquetas de concreto, reemplazando ceniza de cascará de arroz por el 10% de cemento se obtuvo a los 28 días una resistencia superior al 11% respecto a la muestra de control, con la adición del 15% se obtiene una resistencia a los 28 días del 103% respecto a la muestra de control y con 20% se obtiene a los 28 días el 91% de la resistencia de control. En conclusión se recomienda adicionar hasta en un 15% de ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento en la elaboración de bloquetas de concreto (ref. 5).
- Reyna Pari, C. A. (2016), en su tesis para optar del grado académico de maestro en Ingeniería Ambiental, en la escuela de posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo, tesis titulada: *“Reutilización de plásticos pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la construcción de viviendas de bajo costo”*, se pudo determinar que el concreto conteniendo 5% de plástico pet presento la mejor resistencia a la compresión. También se determinó que conforme se aumenta el contenido de los residuos en el concreto su resistencia a la compresión disminuye (ref. 5).

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 EL CONCRETO Y SUS PROPIEDADES

2.2.1.1 DEFINICIÓN DEL CONCRETO

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando vacíos entre ellas (E. Harmsen, 2005).

El hormigón (concreto en varios países de Ibero-América) es una mezcla de: cemento, agua y áridos como componentes principales. Además pueden añadirse adiciones (hasta un 35% del peso de cemento, dependiendo del tipo de adición) y aditivos (<5% del peso de cemento). El objetivo de las adiciones y de los aditivos es mejorar alguna de las propiedades del hormigón aunque en la práctica las adiciones se emplean sobre todo para abaratar el precio final del hormigón (Hernández & Gil, 2007).

2.2.1.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO

El concreto posee dos estados: el estado fresco y el estado sólido. Cada uno de estos posee distintas propiedades ya que varían en comportamiento y uso.

2.2.1.2.1 CONCRETO FRESCO

El concreto presenta las siguientes propiedades:

a) Trabajabilidad

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia (Abanto Castillo, 2001)

b) Consistencia

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada (Abanto Castillo, 2001).

Los norteamericanos clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla fresca. El método de determinación empleado es conocido como método del cono de Asentamiento, método del cono de Abrams, o método de slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o en milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactado en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica (Rivva López, 2013).

Tabla 1: Clases de mezclas según su asentamiento (Abanto Castillo, 2001)

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

c) Exudación o Sangrado

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Éste fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado. La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación (Abanto Castillo, 2001).

2.2.1.2.2 CONCRETO ENDURECIDO

Este estado se da una vez que la mezcla ya ha fraguado y presenta las siguientes propiedades:

a) Resistencia

Es la capacidad que tendrá el concreto de resistir a las diferentes solicitaciones siendo las principales: Resistencia a la compresión, flexión y tracción. La propiedad sobresaliente del concreto es la resistencia a la compresión, sin embargo la resistencia a la tracción, comparándolo con la compresión, es de 10%; es por ello que se le añade acero al concreto, el

cual aumenta características para resistir a la tracción. Trabaja en conjunto con el concreto para darle un mejor comportamiento frente a estos dos esfuerzos. Cabe resaltar que la resistencia está estrechamente ligada con la relación agua-cemento (Montalvo, 2015).

b) Resistencia del concreto a la compresión

Este parámetro es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6" (15cm) de diámetro y 12" (30cm) de altura. El espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada, sin embargo este periodo puede alterarse si se especifica. (E. Harmsen, 2005).

c) Impermeabilidad y estanquidad

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse con frecuencia reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad (Abanto Castillo, 2001).

d) Durabilidad

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto puede atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación (Abanto Castillo, 2001).

Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácidos acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro desintegran o dañan el concreto (Abanto Castillo, 2001).

2.2.1.3 COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.1.3.1 CEMENTO

Se denomina cemento a un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas que posteriormente son molidas, y tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua (Hernández ,2011).

Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada hormigón (en España, parte de Sudamérica y el Caribe hispano) o concreto (en México y parte de Sudamérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil (Hernández ,2011).

El cemento es un Clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas. (Hernández ,2011).

Tabla 2: Tipos de cemento Portland (ASTM C – 150)

Tipo de cemento	Características
Tipos I	Portland normal
Tipos II	Portland moderada resistencia a los sulfatos
Tipos III	Portland fraguado rápido, alta resistencia inicial
Tipos IV	Portland bajo calor de hidratación
Tipos V	Portland alta resistencia a los sulfatos

2.2.1.3.2 AGUA

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla (E. Harmsen, 2005).

El agua que se añade junto a distintos materiales al elaborar el concreto, tiene las siguientes funciones: Es el elemento por medio del cual el cemento desarrolla sus propiedades aglutinantes, experimentando reacciones químicas y dándole a la vez características principales de hidratación, fraguado y endurecimiento, actuar como lubricante, haciendo posible que la masa fresca sea trabajable,

crear espacios en la pasta para los productos resultantes de la hidratación del cemento. (Méndez ,2012).

2.2.1.3.3 AGREGADOS

La norma técnica peruana de concreto armado E 0.60, define a los agregados de la siguiente manera:

“Agregado: Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la norma ITINTEC 400.037.” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento 2006:242)

Los agregados se dividen en Agregados Gruesos y Agregados Finos. El primero se define como el material retenido en el tamiz N4 (4.75 mm), en cambio los agregados finos son las partículas pasantes del tamiz N4.

2.2.1.3.4 BASE LEGAL

Tabla 3: Normas Técnicas para Ensayos de Laboratorio

DESCRIPCIÓN	ASTM	NTP
A. Agregados		
Muestreo de agregados	D-75	400.010
Peso específico y absorción	C-127	400.021
	C-128	400.022
Contenido de humedad	C-566	339.185
Análisis granulométrico	C-136	400.012
Cantidad de material fino que pasa el Tamiz N° 200	C-117	339.132
Peso Unitario	C-29	400.017
Resistencia a la Abrasión	C-131	400.019
B. Concreto		
Muestreo de concreto fresco	C-172	339.036
Asentamiento – Slump	C-143	339.035
Peso Unitario, Rendimiento	C-138	339.046
Elaboración y curado de muestras de concreto para ensayos de laboratorio	C-192	339.183
Resistencia a compresión	C-39	339.034
Testigos cilíndricos		
Resistencia a tracción indirecta	C-496	339.084
C. Cemento		
Densidad del cemento portland	C-188	334.005

Tabla 4: Porcentajes máximos de sustancias dañinas en agregados

Norma	Descripción	Agregados	
		Fino	Grueso
ASTM C123	Partículas deleznable	3%	5%
ASTM C117	Material más fino que el tamiz N° 200	5%	1%

2.2.2 FIBRAS EN EL CONCRETO

2.2.2.1 INTRODUCCIÓN A LAS FIBRAS

La idea de reforzar con materiales fibrosos manufacturas resistentes pero de elevada fragilidad se remonta a muchos años atrás; en el antiguo Egipto se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después de la cocción al sol (Maccaferri, 2007).

La orientación científica al problema del fibrorefuerzo es indudablemente más reciente. Son de los años '50 los primeros estudios sobre la utilización de fibras en acero y en vidrio en el hormigón; en los años '60 en cambio aparecen los primeros estudios sobre hormigones fibroreforzados con fibras sintéticas (Maccaferri, 2007).

2.2.2.2 REFUERZO DEL CONCRETO CON FIBRAS.

Las fibras con una adecuada resistencia mecánica a la tracción, homogéneamente distribuidas dentro de un hormigón, constituyen una micro-armadura la cual, por un lado se muestra extremadamente eficaz para contrastar el muy conocido fenómeno de la fisuración por retracción y, por otro lado, confiere al hormigón una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia misma de las fibras y su cantidad, confiriendo además al hormigón en tales circunstancias una gran tenacidad (Maccaferri, 2007)

Figura 1: Comportamiento a la deflexión por carga de concreto simple y reforzado con fibra (K. Mehta & P. Monteiro, 1998)

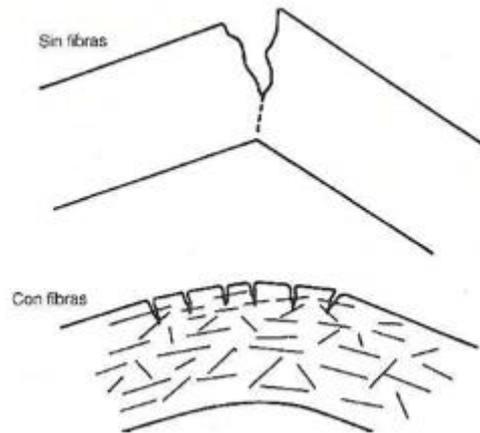


Tabla 5: Aplicaciones del concreto fibroreforzado (Elaboración propia)

ESTRUCTURAS		VENTAJAS
PISOS Y PAVIMENTOS	Pavimentación industrial Pavimentación aeroportuaria Pavimentación portuaria Pavimentación de avenidas Fundación para maquinas vibratorias Reparación de superficies	Más rápida y económica Mayor resistencia al impacto Mayor resistencia a la variación térmica Mejor comportamiento a la fatiga Sección resistente y homogénea en todo su espesor
PREFABRICADOS	Paredes prefabricados Paneles de cierre prefabricados Tuberías Dovelas para túneles Tanques de agua Elementos resistentes al fuego	Reducción de grietas Mayor capacidad de deformación (más dúctil)
CONCRETO POYECTADO	Revestimiento primario de túneles Revestimiento definitivo De túnenles	Ahorro de Material Mayor capacidad productiva Mayor seguridad

2.2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

2.2.2.3.1 POR MATERIAL

a) FIBRAS METÁLICAS

Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero, en general de bajo contenido de carbón (Sika Colombia S.A.S, 2014).

b) FIBRAS SINTÉTICAS

Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliester etc (Sika Colombia S.A.S, 2014).

c) FIBRAS DE VIDRIO

Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali (Sika Colombia S.A.S).

d) FIBRAS NATURALES

Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12% (Sika Colombia S.A.S, 2014).

2.2.2.3.2 POR FUNCIONALIDAD, GEOMETRÍA Y DOSIFICACIÓN

a) MICROFIBRAS

Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes entre 0.03% a 0.15% del mismo (Sika Colombia S.A.S, 2014).

b) MACROFIBRAS

Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm. La relación de aspecto (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100 (Sika Colombia S.A.S, 2014).

2.2.3 FIBRAS VEGETALES

2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las fibras son estructuras unidimensionales sólidas y flexibles, con una longitud normalmente muy superior a su diámetro.

Son estructuras compuestas básicamente por Lignina y Celulosa.

Ligninas: impermeabilizan y proporcionan dureza y resistencia.

Celulosa: elemento esencial que aporta resistencia a tracción y flexibilidad.

Las fibras vegetales leñosas y no leñosas: Se diferencian básicamente por su procedencia y en la proporción contenida de Lignina y Celulosa.

(Cobrerros R.)

2.2.3.2 TIPOS Y ESPECIES DE FIBRAS VEGETALES

Existen alrededor de 50 tipos de especies de plantas conocidas como fuentes de fibras vegetales útiles para la construcción (Cobrerros R.)

Tabla 6: Tipos y especies de fibras vegetales (Elaboración propia)

ESPECIE DE PLANTA	PROCEDENCIA DE LA FIBRA
ALGODÓN (Gossypium)	Del fruto
CÁÑAMO (Cannabis Sativa)	Del fruto
LINO (Linum usitatissimum)	Del fruto
SISAL(Agave Sisalana)	De la hoja
YUTE (Corchorus Olitorius)	Del tallo
CEREALES: Trigo, Cebada, Avena, Centeno y Arroz.	Del tallo y de la cáscara del fruto
MAÍZ (Zea Mais)	Del tallo
CAÑA (Arundo Donax L)	Del tallo (bagazo)
COCO (cocos nocifera)	De la cáscara del fruto
BAMBÚ	Del tallo
MADERA	De la pulpa

2.2.3.3 FIBRAS VEGETALES COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Los trabajos de investigación en el campo de las fibras naturales como refuerzo de hormigones y morteros han estado muy determinados por las fibras propias que posee cada país, totalmente con carácter local, y se ha trabajado en la búsqueda de soluciones de cubiertas y en estudiar la durabilidad fundamentalmente (Macías, Artola & Hernández).

Tabla 7: Fibras más utilizadas por Países (Macías, Artola & Hernández)

PAIS	FIBRAS MAS UTILIZADAS
Australia	Coco, Bambú, Celulosa, Algodón
Bangladesh	Bambú
Botswana	Sisal
Brasil	Bambú
Dinamarca	Celulosa
Rep. Dominicana	Sisal
México	Henequén, Maguey, Lechugilla
El Salvador	Celulosa
Cuba	Henequén

2.2.4 CÁSCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN

2.2.4.1 DEFINICIÓN

La cáscara de arroz constituye un subproducto del proceso agroindustrial con aplicaciones reducidas, que en la práctica puede considerarse como un material de desecho. (Chur Pérez ,2010).

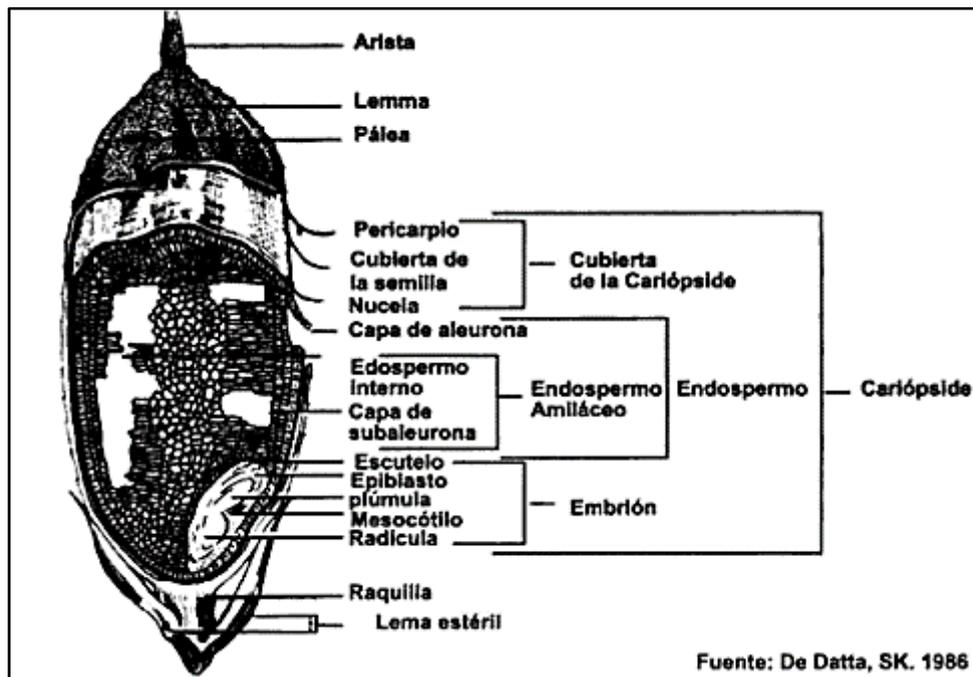
2.2.4.2 GENERALIDADES

El beneficio del cultivo de arroz genera un residuo, denominado cascarilla, tan sólo un 5% se está aprovechando. La combustión de la corteza de arroz produce una media del 20% de cenizas con un gran porvenir ya que es un claro sustituto o aditivo del cemento en la formulación de concretos o morteros. Por sus características físicas y químicas la cáscara de arroz resulta poco biodegradable

y se convierte en un desecho altamente contaminante en especial para las fuentes de agua (Chur Pérez ,2010).

Se estima que por cada tonelada de arroz se generan 200 kg de cascarilla y de ésta se pueden producir 40 kg de cenizas con un contenido del orden del 90% en sílice (Chur Pérez ,2010).

Figura 2: Descripción del grano de arroz de arroz (Oryza Sativa) (De Datta, SK. 1986)



2.2.4.3 COMPOSICIÓN

Es un tejido vegetal constituido por celulosa (40% aproximadamente) y sílice, presenta un alto contenido de dióxido de silicio (SiO_2), al fundirse con otros óxidos metálicos genera diferentes variedades de vidrio y se utiliza en la fabricación de cementos y materiales cerámicos (Chur Pérez ,2010).

Tabla 8: Composición Química de la Cascarilla de Arroz (Paez, 2006)

COMPUESTO	SiO_2 (%)	CO_2 (%)	AlO_3 (%)
Superficie Externa	55.25	44.77	0.00
Superficie Interna	35.48	58.24	6.27

Tabla 9: Características físicas de la cáscara de arroz (Chur Pérez ,2010)

Parámetro	Valor		
	Perú	Argentina	
		Tratada	Sin tratar
Peso específico (kg/m ³)	780.0	980.0	1290.0
Densidad aparente sin compactar (kg/m ³)	110.0	102.0	125.0
Densidad aparente compactada (kg/m ³)	140.0	142.0	220.0
Diámetro máximo (mm)	--	2.3	
Módulo de finura		3.74	

2.2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Absorción:** Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas de le expresa como porcentaje de la masa seca. (NTP 400.021- Revisada el 2013).
- **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011. Se les llama también áridos. (NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013).
- **Agregado fino:** Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. (NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013).
- **Agregado grueso:** Agregado grueso retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de roca. (NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013).
- **Compactación:** Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de mortero o de concreto (concreto) fresco. (NTP 339.047-2006).

- **Concreto patrón:** En la presente investigación, se refiere al concreto elaborado únicamente con materiales convencionales (cemento, agregados y agua) y no contiene ningún aditivo o material de adición.
- **Contenido de aire:** Volumen total de vacíos de aire, sea incluido o atrapado, en la pasta de cemento, mortero u concreto (concreto). El aire incluido aumenta la durabilidad del mortero u concreto (concreto) endurecido sometido a congelación-deshielo y aumenta la trabajabilidad de las mezclas frescas. (NTP 39.047-2006).
- **Curado:** Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u concreto (concreto). (NTP 339.047-2006).
- **Curva granulométrica:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. (NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013).
- **Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. (NTP 339.047-2006).
- **Peso específico:** Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. (ASTM C-127).
- **Peso específico aparente:** Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.
- **Peso específico saturado superficialmente seco:** Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

- **Peso unitario compactado:** Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas.
- **Peso unitario suelto:** Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos, en la condición de acomodo de las partículas sin compactar
- **Tamaño máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso (NTP 400.011-2008, Revisada el 2013).
- **Tamaño nominal máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido (NTP 400.011-2008, Revisada el 2013).

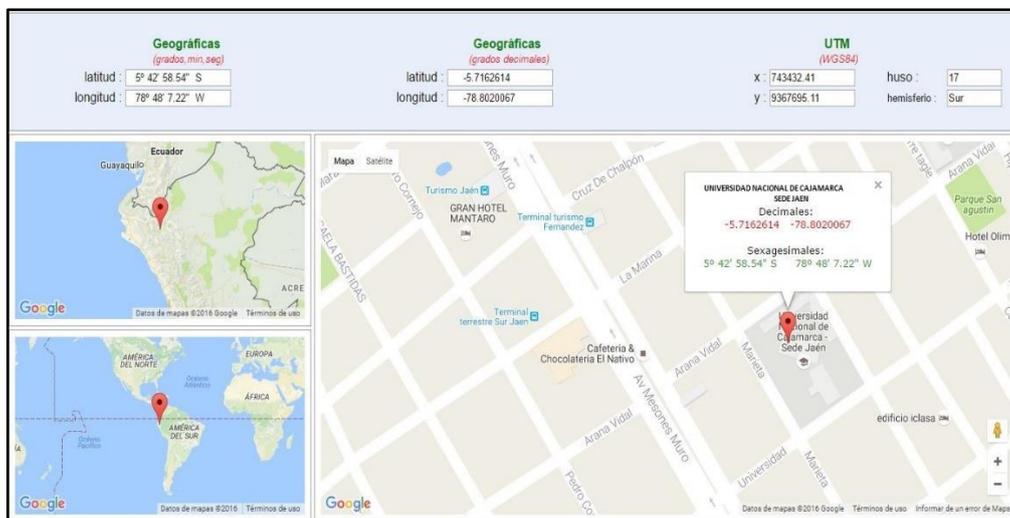
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en la ciudad de Jaén, para ello se utilizó el Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén, **figura 2** y los laboratorios de la empresa GEOCON VIAL, ubicado en la calle Capitán Juan Porcel N° 212 - Jaén.

Figura 3: Mapa de la ubicación de La Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén



Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

3.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.2.1 MATERIALES

- **Cemento:** El cemento utilizado es del Tipo Extraforte Ico, con peso específico relativo de 3,05.
- **Agua:** El agua utilizada provino de la red de abastecimiento de agua potable de la Empresa EPS Marañón S.R.L. de la ciudad de Jaén.
- **Agregados:** El agregado fino y agregado grueso se extrajeron de la Cantera Olano. Para la presente investigación se tomó los agregados obtenidos de forma artificial; el agregado fino denominado “arena procesada” y el agregado grueso denominado “piedra chancada”
- **Fibra Vegetal (cascarilla de arroz):** La fibra vegetal para la presente

investigación proviene de la planta de arroz (*oryza sativa*), La fibra denominada “cascarilla de arroz” es el residuo de la molienda de la espiga de arroz, la cual fue obtenida de la Molinera Los Cocos.

3.1.2.2 EQUIPOS

- Tamices para la selección del agregado.
- Balanza electrónica.
- Máquina de los Ángeles para el ensayo a la abrasión.
- Probeta graduada.
- Estufa de laboratorio.
- Cono de Abrams, varilla de fierro de 60 cm de largo y 5/8” de diámetro, semi-redondeado en un extremo.
- Carretilla Buggy.
- Mezcladora Trompo.
- Olla Washington.
- Máquina de ensayo de compresión.

3.1.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto de investigación se estudió y analizó la resistencia a la compresión y tracción indirecta de especímenes de concreto normal y con adición de Fibra Vegetal (Cascarilla de Arroz), así como la trabajabilidad y peso unitario del concreto, recolectando datos a través del tiempo en periodos especificados. En el diseño de mezcla se disminuyó la misma cantidad de agregado fino que el peso de la cantidad de cascarilla de arroz. Todo esto relacionándose con la normativa vigente en el país y otras características precisas que definen la elaboración de la propuesta.

Así mismo el presente proyecto de investigación obedece a un diseño básico del tipo experimental y con diseño específico del tipo muestras separadas. Por lo tanto, el esquema del diseño experimental queda modelado de la siguiente manera:

Tabla 10: Esquema experimental de la investigación

VARIABLE	NIVELES	TRATAMIENTOS	CÓDIGOS
Concreto Patrón	-	Concreto Convencional	CP-0
Fibra Vegetal (Cascarilla de Arroz)	10kg/m ³	Concreto con 10kg/m ³ de FV	CFR-10
	20kg/m ³	Concreto con 20kg/m ³ de FV	CFR-20
	30kg/m ³	Concreto con 30kg/m ³ de FV	CFR-30

Donde:

CP-0 = Concreto Patrón

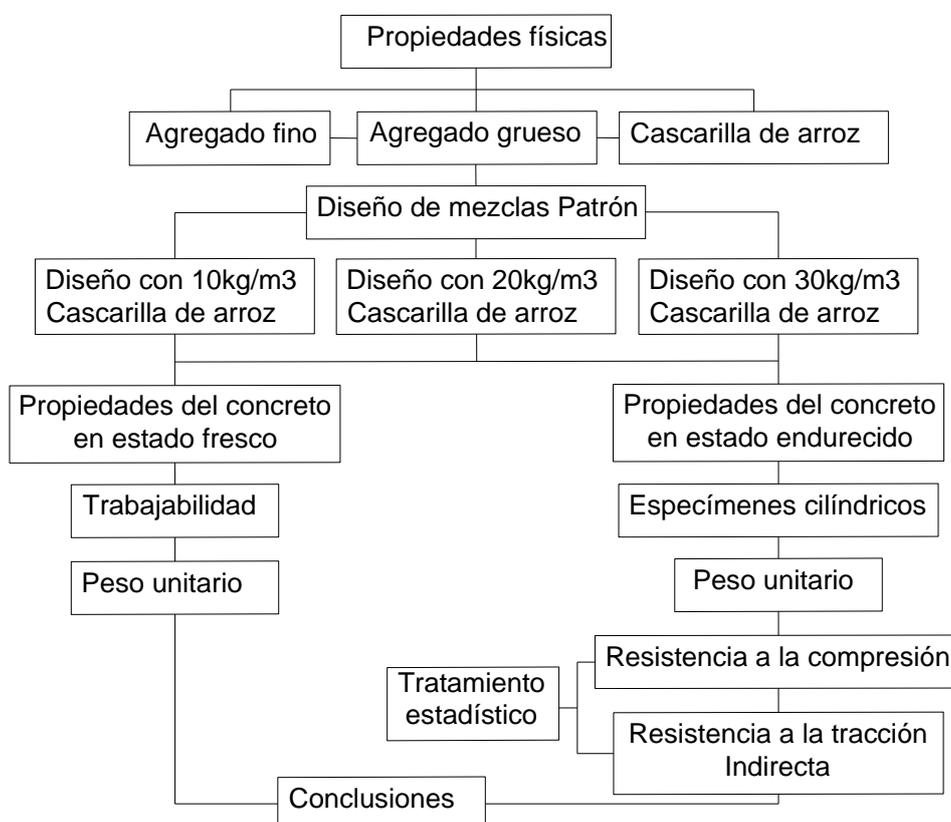
CFR-10 = Concreto Fibroreforzado con Fibra Vegetal (cascarilla de arroz 10kg/m³)

CFR-20 = Concreto Fibroreforzado con Fibra Vegetal (cascarilla de arroz 20kg/m³)

CFR-30 = Concreto Fibroreforzado con Fibra Vegetal (cascarilla de arroz 30kg/m³)

Para esta investigación se procedió a elaborar probetas cilíndricas de concreto, sin incorporación y con incorporación de cascarilla de Arroz de 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³, para ser evaluada a los 07, 14 y 28 días.

Gráfico 1: Esquema de la investigación



3.1.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.4.1 POBLACION

Especímenes cilíndricos, del concreto normal y reforzados con Cascarilla de Arroz en porcentajes de 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³.

3.1.4.2 MUESTRA

Estuvo constituido por 168 especímenes de concreto, probetas cilíndricas, con y sin fibra vegetal (cascarilla de arroz), distribuidos de la siguiente manera:

Se elaboró un total de 84 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a **COMPRESIÓN**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 21 especímenes con 0% de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.
- 21 especímenes con 10kg/m³ de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.
- 21 especímenes con 20kg/m³ de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.
- 21 especímenes con 30kg/m³ de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.

Se elaboró un total de 84 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a **TRACCIÓN INDIRECTA**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 21 especímenes con 0% de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.
- 21 especímenes con 10kg/m³ de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.
- 21 especímenes con 20kg/m³ de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.
- 21 especímenes con 30kg/m³ de adición de fibra vegetal, los cuales fueron probados; 7 a los 07 días, 7 a los 14 días y 7 a los 28 días.

Para la elección del número de muestras se tomó como referencia lo estipulado en la norma NTE E.060 que está basado en la norma ASTM C-192 “Práctica Normalizada para preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo en laboratorio” en donde indica que; para un análisis no estadístico deben moldearse mínimo tres o más especímenes para cada edad de ensayo (07, 14 y 28 días).

Eligiendo por la naturaleza de nuestro estudio, 07 especímenes de concreto ensayados a diferentes edades y adiciones de cascarilla de arroz, superando de esta manera el número de probetas mínima estipulada por norma, para tener una mejor garantía de los resultados obtenidos.

3.2 CANTERA EN ESTUDIO

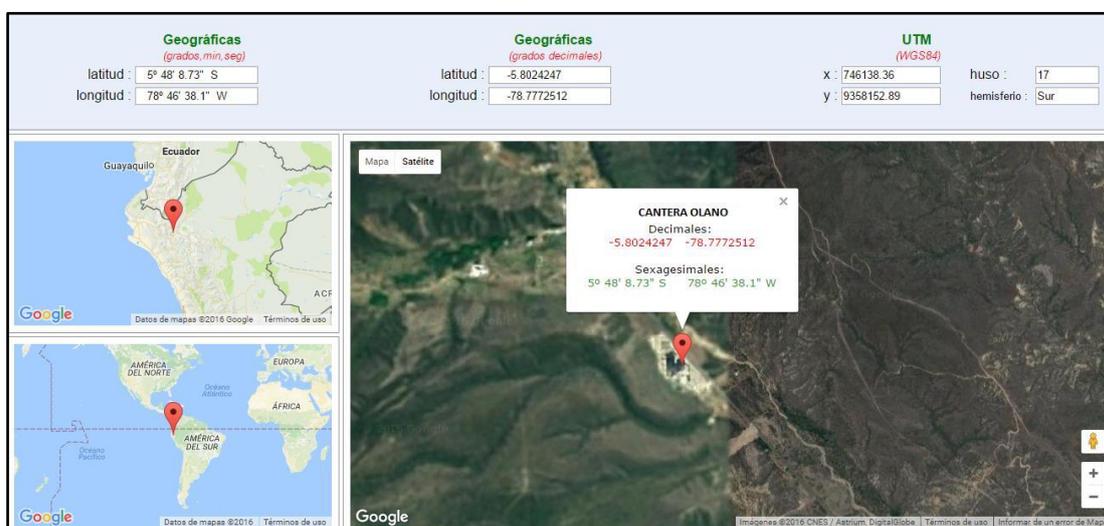
3.2.1 ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO.

Teniendo en cuenta a las normas NTP, ASTM, los materiales utilizados para la elaboración de los especímenes del presente trabajo de investigación fueron de origen procesado, tanto el agregado fino (arena) como el agregado grueso (piedra chancada); provinieron de la “Cantera Olano”.

3.2.2 UBICACIÓN.

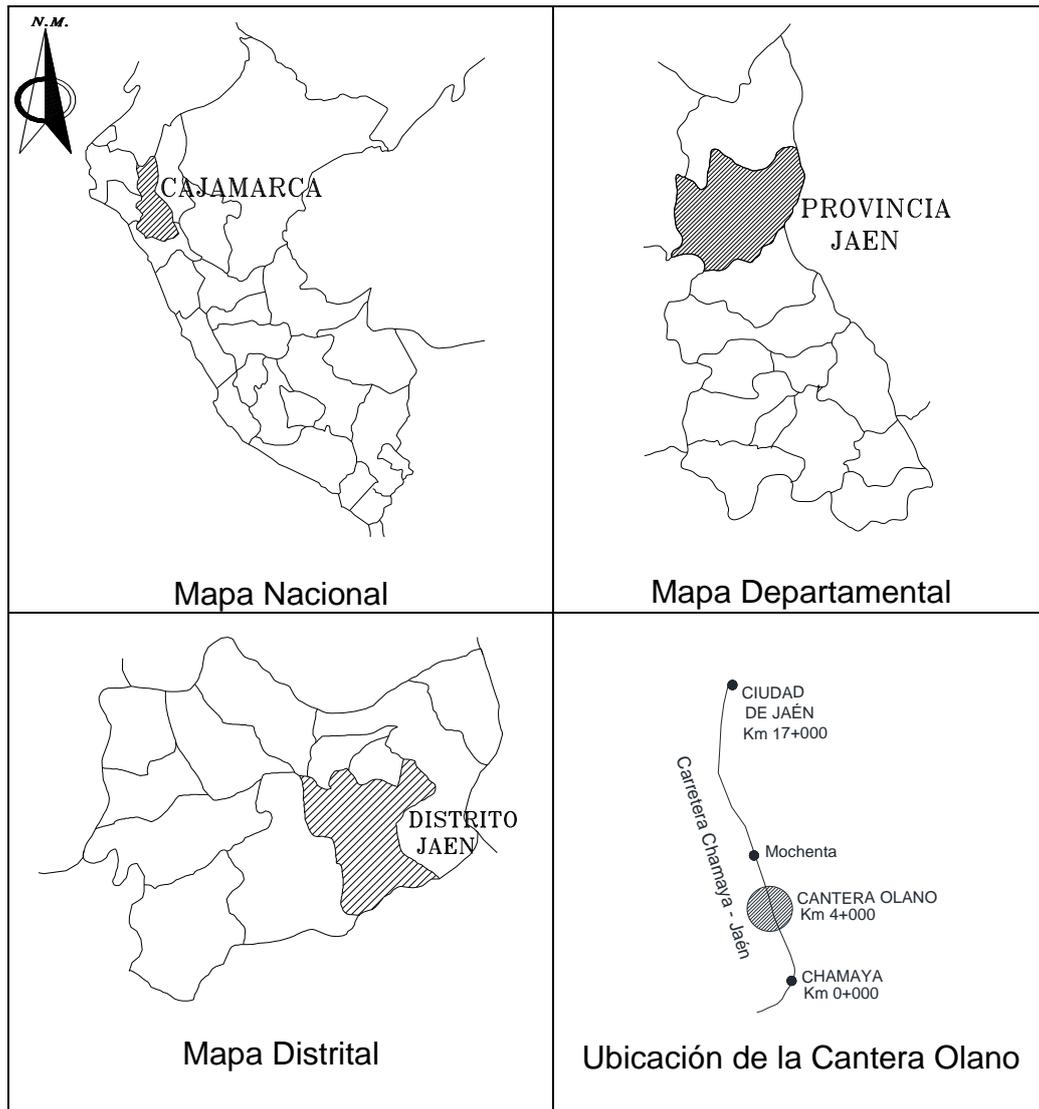
Los agregados fueron obtenidos de la Cantera Olano, ubicada en el km 4+000 de la carretera Chamaya - Jaén, en el distrito y provincia de Jaén de la región Cajamarca, **figuras 3 y 4.**

Figura 4: Imagen Satelital de la ubicación de la Cantera Olano



Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>.

Figura 5: Ubicación y localización de la Cantera Olano



3.3 PROCEDENCIA DE LA FIBRA VEGETAL (CASCARILLA DE ARROZ)

3.3.1 RECOLECCIÓN

La fibra vegetal (cascarilla de arroz) es un residuo, producto de la pilada de los granos de arroz.

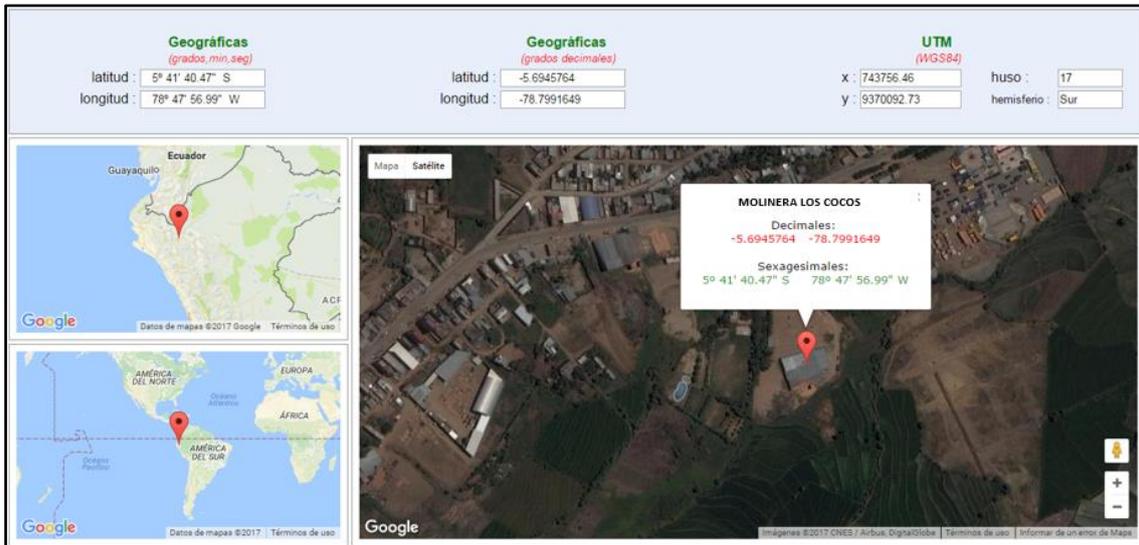
Figura 6: Recolección de Fibra Vegetal (Cascarilla de Arroz)



3.3.2 UBICACIÓN

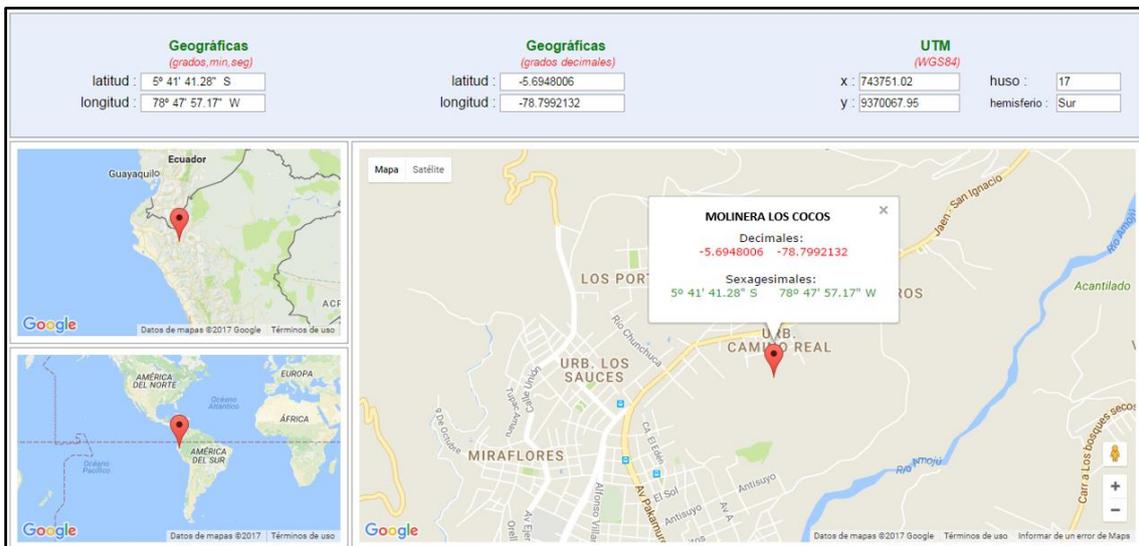
La fibra vegetal (cascarilla de arroz) se obtuvo de la **Molinera Los Cocos**, ubicado en Carretera Jaén - San Ignacio Km 21+000 ubicado en el sector Linderos – Jaén.

Figura 7: Imagen Satelital de la ubicación de la Molinera Los Cocos



Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

Figura 8: Mapa de la ubicación Molinera los Cocos



Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

3.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

A. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global según la NTP 400.012 – 2013 y ASTM C 136.

Equipos

- Balanzas: Electrónicas con aproximación 0,1gramos.
- Tamices: 3/4", 1/2", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- Horno: Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C.

Muestreo

Se tomó la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010, se cuartea y se reduce a la cantidad necesaria para obtener una muestra representativa.

Se escogió aproximadamente 6 Kg para que sea la muestra de prueba para agregado grueso y 500 g para el agregado fino.

Procedimiento

- a) Se secó la muestra hasta que su masa sea constante a una temperatura de 110 °C.
- b) Se colocaron los tamices en orden decreciente de tamaño. Luego se puso la muestra desde la parte superior de los tamices y se agitaron manualmente.
- c) Después del cribado general se dio un cribado individual (por tamiz). La operación terminó cuando en el transcurso de un minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido en cada tamiz.
- d) Finalmente se determinó y registró la masa retenida en cada tamiz en gramos.

Cálculos

- a) Se realizó una tabla con cinco columnas, en la primera se escribió los números de los tamices en orden decreciente.
- b) En la segunda columna se anotaron las masas retenidas en los respectivos tamices.
- c) En la tercera columna se anotaron los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra, mediante la fórmula 1.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_N}{\sum W_T} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

% Retenido = Porcentaje retenido en la malla N respecto a la masa original, en %.

W_N = Masa del material retenido en la malla N, en gramos.

$\sum W_T$ = Suma de las masas retenidas de la columna 2, en gramos.

d) En la cuarta columna se anotaron los porcentajes retenidos acumulados de la siguiente manera:

$$\% \text{ Ret. Acum.} = \text{Ret. en la malla N} + \% \text{ Ret. Acum. en la malla anterior} \dots (2)$$

e) En la columna cinco se anotaron los porcentajes que pasa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Que pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado en la malla N} \dots (3)$$

El módulo de fineza de la arena se calculó dividiendo la sumatoria de los % retenidos acumulados de la cuarta columna, de los tamices N°100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8 y N° 4 entre 100.

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. acum. tamices (N}^\circ_4, N^\circ_8, N^\circ_{16}, N^\circ_{30}, N^\circ_{50}, N^\circ_{100})}{100} \dots \dots \dots (3)$$

B. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado NTP 339.185 - 2002 y ASTM C 566

Equipos

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramos.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 °C.

Procedimiento

a) Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito y se determinó dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).

- b) Se colocó el recipiente con la muestra a una estufa y se secó durante 24 horas a una temperatura de 110°C.
- c) Luego se pesó el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente + muestra seca) y se determinó la cantidad del agua evaporada y peso de la muestra seca.

H = (peso del recipiente + muestra húmeda) - (peso del recipiente + muestra seca)

MS = (peso del recipiente + muestra seca) - (Peso del recipiente)

Cálculos

$$\% W = \frac{H}{MS} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

H= Peso del agua evaporada o contenido de agua

MS = Peso de la muestra seca

%W= porcentaje de humedad

C. Método de ensayo para determinar pesos unitarios, sueltos y compactados según la NTP 400.017 – 2011 y ASTM C 29.

Equipos

- Balanza: Con aproximación de 1 gramo.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipiente de Medida: Cilíndricos metálicos con precisión en sus medidas interiores y de volumen conocido.
- Cuchara de Mano: Para verter el agregado en el molde.

Procedimiento para el peso unitario compactado

- a) Se tomó el agregado y se cuarteó para obtener una muestra representativa.

- b) Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano.
- c) Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes.
- d) Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando una regla metálica.
- e) Al compactar la primera capa, se procuró que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se empleó la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.
- f) Se determinó el peso del recipiente más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registraron los pesos con una aproximación 1 gramo.

Determinación del peso unitario suelto

- a) El recipiente de medida se llenó con una cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 2" por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se eliminó y luego se niveló la superficie usando la barra lisa.
- b) Luego se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido y también el peso del recipiente solo y se registraron los pesos con una aproximación de 1g.

Cálculos

El peso unitario compactado o suelto, se calcula como sigue:

$$M = \frac{G - T}{V} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en g/cm³.

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en g.

T = Peso del recipiente de medida en g.

V = Volumen de la medida en cm³.

D. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso según la NTP 400.021-2002 y ASTM C 127.

Equipo

- Balanza: Sensible a 0,1 g y con capacidad de 5000 gramos y Equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura de tamiz N° 6.
- Depósito de agua: Para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Horno: De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C.
- Una franela

Procedimiento

- a) Se colocó aproximadamente 3 a 4 Kg de material en un depósito. Seguidamente se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente por un lapso de 24 h.
- b) Después de transcurrido el tiempo de reposo, se decantó el depósito y se escurrió el agua, quedando el material húmedo y saturado. Luego se sacó la muestra del agua y se hizo rodar sobre una franela, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible de la superficie del agregado.
- c) Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca y con una aproximación de 0,1 g.
- d) Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua (a una temperatura de 23°C), densidad 1 g/cm³. Mientras se sumergía se sacudió la malla para remover todo el aire atrapado.

e) talmente se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 110°C y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 h, hasta que la temperatura era cómoda al tacto (aproximadamente 50°C) y luego se pesó.

Cálculos

Peso específico (Pe)

$$Pe = \frac{A}{B - C} \dots \dots \dots (6)$$

Peso específico saturado superficialmente seco (Pe.sss)

$$Pe.sss = \frac{B}{B - C} \dots \dots \dots (7)$$

Peso específico aparente (Pe.a)

$$Pe.a = \frac{A}{A - C} \dots \dots \dots (8)$$

Absorción (a)

$$a(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en gramos.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gramos.

C = Peso en el agua de la muestra saturada en gramos.

E. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino según la NTP 400.022 – 2013 y ASTM C 128.

Equipo

- Balanza: Sensible a 0,1g del peso medio y con capacidad de 1000 g.
- Frasco: Picnómetro volumétrico de 500 cm³ de capacidad.
- Molde Cónico: Metálico de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.
- Barra Compactadora de metal: De 340g de peso con un extremo de superficie plano circular de 25 mm de diámetro.

- Horno: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C.

Preparación de muestra

- a) Se colocó en un depósito aproximadamente 500g del agregado fino, obtenido por método del cuarteo.
- b) Se cubrió la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas.
- c) Luego se extendió sobre un recipiente plano y amplio y se puso a secar a temperatura ambiente. Se removió la muestra con frecuencia para garantizar un secado uniforme.
- d) Se siguió con esta operación hasta que los granos de agregado no se adherían marcadamente entre sí.
- e) Luego se colocó el agregado fino en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levantó el molde verticalmente. Como el cono del agregado fino mantenía su forma dio a entender que aun la muestra estaba húmeda, entonces se siguió con el secado, revolviendo constantemente y se probó a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbó al quitar el molde. Esto significó que el agregado fino alcanzó una condición de superficie seca.

Procedimiento de ensayo

- a) Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500g del material preparado, se llenó de agua cerca de la marca de 500 cm³ a una temperatura aproximada de 23°C.
- b) En seguida se agitó el frasco hasta eliminar todas las burbujas de aire, después se colocó en un baño de agua a temperatura aproximada de 23°C.
- c) Después de una hora se llenó con agua hasta los 500 cm³ y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0,1 gramos.
- d) Se sacó el agregado fino del frasco, se secó en el horno a una temperatura de 110°C, luego se enfrió a temperatura ambiente durante una hora y se pesó.

Cálculos:

Peso específico (Pe)

$$Pe = \frac{A}{B + D - C} \dots\dots\dots (10)$$

Peso específico saturado superficialmente seco (Pe.sss)

$$Pe.sss = \frac{D}{B + D - C} \dots\dots\dots (11)$$

Peso específico aparente (Pe.a)

$$Pe.a = \frac{A}{A + B - C} \dots\dots\dots (12)$$

Absorción (a)

$$a(\%) = \frac{D - A}{A} \times 100 \dots\dots\dots (13)$$

Dónde:

A=Peso de la muestra secada al horno, en gramos.

B=Peso del picnómetro y agua al ras, en gramos.

C=Peso del picnómetro, muestra y agua al ras en gramos.

D=Peso de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

F. Abrasión por la máquina de los ángeles (ASTM C-131).

a. Materiales y Equipos

- Máquina de los Ángeles.
- Balanza con sensibilidad a 1g.

b. Procedimiento

Se coloca la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles y se gira a una velocidad de 30 a 33 r.p.m durante 500 revoluciones. La máquina estará accionada y equilibrada de manera tal, que mantenga una velocidad periférica sustancialmente uniforme, puesto que de lo contrario puede arrojar resultados diferentes. Cumplido el número de revoluciones prescritas se descarga el material y se hace una separación preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura sea mayor que el tamiz N°12. Luego se

cierte la porción más fina en el tamiz N° 12, para evitar que le porcentaje de desgaste resulte aproximadamente un 0,2% menor que el valor real, y luego se saca a temperatura de 105° a 110 °C hasta un peso sustancialmente constante y se pesa con aproximación de 1 g.

El porcentaje de desgaste (De) está dado por la diferencia entre el peso original (Wo) y el peso final (Wf), expresado como porcentaje del primero.

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots \dots \dots (14)$$

Dónde:

Wo = peso original de la muestra (g)

Wf= peso final de la muestra (g)

De= porcentaje de desgaste (%)

3.4.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ

El análisis fisicoquímico de la fibra vegetal, se realiza a partir de la muestra como ceniza después de la incineración de la fibra, aclaramos que la ceniza sólo se ha utilizado para dicho análisis mas no para elaborar especímenes de concreto.

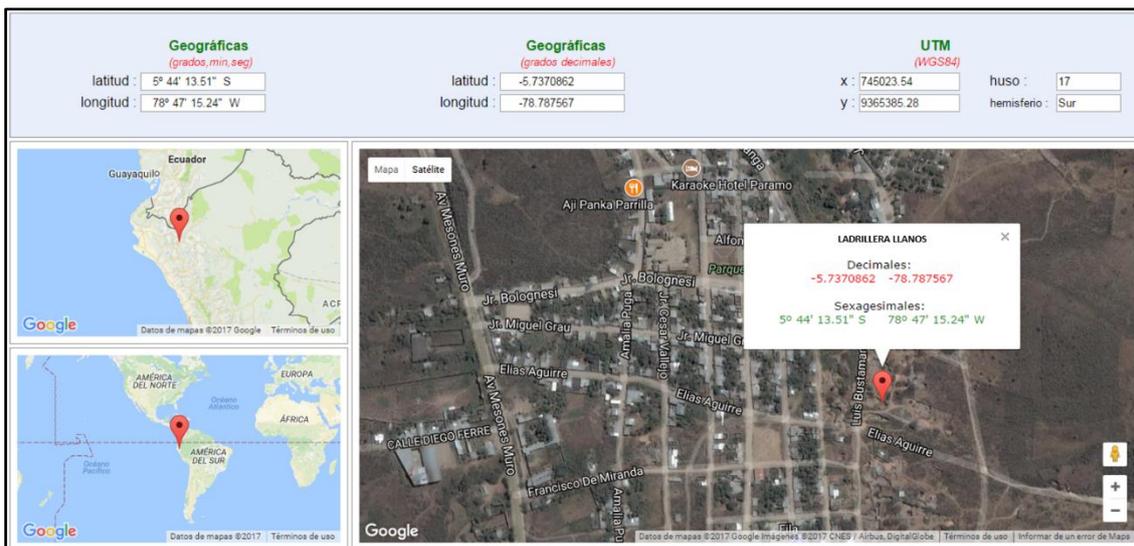
3.4.2.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRA

La cascarilla de arroz es utilizada como combustible para la cocción de ladrillos artesanales, La ceniza de la fibra vegetal (cascarilla de arroz) se obtuvo de los hornos de cocción de ladrillos artesanales en el sector Fila Alta.

Figura 9: Recolección de la Ceniza de Cascarilla de Arroz, para el Análisis Fisicoquímico



Figura 10: Fotografía satelital de la ubicación donde se recolectó la Ceniza de la Cascarilla de Arroz



3.4.2.2 COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ

El análisis se realizó en el laboratorio químico: "OIKOSLAB SAC." propiedad del Ingeniero Químico y docente de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén. Ing. Jorge A. Delgado Soto, ubicado en pasaje San Pedro 113 - Morro Solar - Jaén - Cajamarca.

En el **ANEXO VI** se muestra un resumen con las características fisicoquímicas más importantes de la ceniza.

En el **ANEXO VII** se muestra un informe de Control de Temperatura del Horno Artesanal del cual se obtuvo la ceniza; para conocer la temperatura aproximada a la que fue reducido a ceniza la fibra.

3.4.3 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y FÍSICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ

3.4.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

A. Forma de la cascarilla de arroz

Forma Longitudinal	Tipo de Sección	Superficie
 Irregular	 Variable	Lisa

3.4.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Para determinar las características como granulometría, humedad, pesos unitarios y peso específico de la cascarilla de arroz se ha considerado los métodos normalizados para el agregado fino.

A. Largo de la cascarilla de arroz

La longitud promedio de la cascarilla de arroz es aproximadamente 1.00cm.

Figura 11: Toma de medidas de la longitud de la Cascarilla de Arroz



B. Diámetro equivalente de la cascarilla de arroz

Se utilizó el **Método gravimétrico** indicado por MACCAFERRI para fibras con sección variable y cualquiera que sea la forma longitudinal, según la fórmula:

$$D_e = \sqrt{\frac{4. m. 10^6}{\pi. L. \rho}} \dots \dots \dots (15)$$

Donde

L (mm)= Longitud media de la fibra

m (g)= Peso medio de la fibra

r (g/cm³) = Masa volumétrica de la fibra

Reemplazando

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \times 0.25 \times 10^6}{\pi \times 1.0 \times 0.63}}$$

$$D_e = 2.25\text{mm}$$

C. Relación de aspecto (λ)

Está definida por la expresión:

$$\lambda = \frac{L}{D_e} \dots \dots \dots (16)$$

Donde

L = Longitud media de la fibra

D_e = Diámetro equivalente de la fibra

Reemplazando

$$\lambda = \frac{100}{2.25}$$

$$\lambda = 44.44$$

D. Análisis granulométrico de la Fibra Vegetal (cascarilla de arroz), según la NTP 400.012 - 2013 y ASTM C 136.

Equipos

- Balanzas: Electrónicas con aproximación 0,1gramos.
- Tamices: N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- Horno: Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C.

Muestreo

Se tomó la muestra de Fibra Vegetal de acuerdo a la NTP 400.010, se cuartea y se reduce a la cantidad necesaria para obtener una muestra representativa.

Se escogió aproximadamente 150 gr de muestra de prueba.

Procedimiento

- a) Se secó la muestra hasta que su masa sea constante a una temperatura de 110 °C.
- b) Se colocaron los tamices en orden decreciente de tamaño. Luego se puso la muestra desde la parte superior de los tamices y se agitaron manualmente.
- c) Después del cribado general se dio un cribado individual (por tamiz). La operación terminó cuando en el transcurso de un minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido en cada tamiz.
- d) Finalmente se determinó y registró la masa retenida en cada tamiz en gramos.

Cálculos

Se utilizó las fórmulas descritas del agregado fino líneas arriba.

E. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de la fibra vegetal (cascarilla de arroz) por secado NTP 339.185 - 2002 y ASTM C 566

Equipos

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramos.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 °C.

Procedimiento

- a) Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito y se determinó dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).
- b) Se colocó el recipiente con la muestra a una estufa y se secó durante 24 horas a una temperatura de 110°C.
- c) Luego se pesó el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente + muestra seca) y se determinó la cantidad del agua evaporada y peso de la muestra seca.

Cálculos

Se utilizó las fórmulas descritas del agregado fino líneas arriba.

F. Método de ensayo para determinar pesos unitarios, sueltos y compactados de la fibra vegetal (cascarilla de arroz) según la NTP 400.017 – 2011 y ASTM C 29.

Equipos

- Balanza: Con aproximación de 1 gramo.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipiente de Medida: Cilíndricos metálicos con precisión en sus medidas interiores y de volumen conocido.
- Cuchara de Mano: Para verter el agregado en el molde.

Procedimiento para peso unitario compactado

g) Se tomó la fibra vegetal y se cuarteó para obtener una muestra representativa.

h) Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano.

i) Se apisonó la capa de fibra con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes.

j) Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; la fibra sobrante se eliminó utilizando una regla metálica.

k) Al compactar la primera capa, se procuró que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se empleó la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

l) Se determinó el peso del recipiente más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registraron los pesos con una aproximación 1 gramo.

Determinación del peso unitario suelto

c) El recipiente de medida se llenó con una cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 2" por encima de la parte superior del recipiente. La fibra sobrante se eliminó y luego se niveló la superficie usando la barra lisa.

d) Luego se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido y también el peso del recipiente solo y se registraron los pesos con una aproximación de 1g.

Cálculos

Se utilizó las fórmulas descritas del agregado fino líneas arriba.

G. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción de la fibra vegetal (cascarilla de arroz) según la NTP 400.022 – 2013 y ASTM C 128.

Equipo

- Balanza: Sensible a 0,1g del peso medio y con capacidad de 1000 g.
- Frasco: Picnómetro volumétrico de 500 cm³ de capacidad.
- Molde Cónico: Metálico de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.
- Barra Compactadora de metal: De 340g de peso con un extremo de superficie plano circular de 25 mm de diámetro.
- Horno: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C.

Preparación de muestra

Se tomó la muestra de Fibra Vegetal de acuerdo a la NTP 400.010, se cuarteó y se reduce a la cantidad necesaria para obtener una muestra representativa. Se escogió aproximadamente 100 gr de muestra de prueba.

Procedimiento

e) Se secó la muestra hasta que su masa sea constante a una temperatura de 110 °C.

f) De la muestra seca se pesó 50gr y se colocó en un depósito y

se cubrió la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas.

g) Luego se extendió sobre un recipiente plano y amplio y se puso a secar a temperatura ambiente. Se removió la muestra con frecuencia para garantizar un secado uniforme.

h) Se siguió con esta operación hasta que los granos de agregado no se adherían marcadamente entre sí.

i) Luego se colocó la fibra vegetal (cascarilla de arroz) en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levantó el molde verticalmente. Como el cono del agregado fino mantenía su forma dio a entender que aun la muestra estaba húmeda, entonces se siguió con el secado, revolviendo constantemente y se probó a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbó al quitar el molde. Esto significó que la fibra vegetal alcanzó una condición de superficie seca.

Procedimiento de ensayo

e) Se pesó la muestra saturada superficialmente seca y se introdujo de inmediato al frasco, se llenó de agua cerca de la marca de 500 cm³ a una temperatura aproximada de 23°C.

f) En seguida se agitó el frasco hasta eliminar todas las burbujas de aire, después se colocó en un baño de agua a temperatura aproximada de 23°C.

g) Después de una hora se llenó con agua hasta los 500 cm³ y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0,1gramos.

Cálculos

Se utilizó las fórmulas descritas del agregado fino líneas arriba.

3.5 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO

El cemento que se empleó para elaborar las dosificaciones de estudio, fue Cemento Pacasmayo Tipo ICo de Cementos Pacasmayo S.A.A. destinado para uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales. Que cumple con los requisitos de las normas técnicas **NTP 334.009 y ASTM C 150**.

En el **ANEXO VIII** se presenta la ficha técnica del Cemento Tipo ICo de Cementos Pacasmayo S.A.A.

3.6 CARÁCTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue tomada de la Red de Agua Potable de la Empresa EPS. MARAÑON SRL, cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma NTP **339.088**.

3.7 DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO PATRÓN

El procedimiento realizado para la selección de las proporciones del concreto es el establecido por el método de **Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados**. Este método de diseño considera las tablas empleadas por el comité 211 del ACI para la selección de los materiales que intervienen en la pasta, sin embargo para la selección de las proporciones de los agregados se emplea un módulo denominado de combinación de los agregados, que no es mas que la representación del índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado si éste fuese global.

Se realizó el diseño de mezclas, para un concreto de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. En primer lugar se realizó una mezcla de prueba, posteriormente se confeccionó una mezcla para el ajuste de las proporciones. Teniendo las proporciones de la mezcla ya corregidas se diseñó en primer lugar una mezcla Patrón (sin fibra) y posteriormente mezclas con tres (03) porcentajes de fibra de Cascarilla de Arroz; 10kg/m^3 , 20kg/m^3 y 30kg/m^3 del volumen de concreto.

Los pasos para obtener el proporcionamiento de los componentes del concreto (Diseño) según el método antes mencionado es:

1° Selección la resistencia promedio (f'_{cr}) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada (f'_c), debido a que se desconoce el valor de la desviación estándar y asumiendo un grado de control aceptable en obra se utilizó la Tabla 67, del ANEXO IX.

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$f'_{cr} = 250 + 84$$

$$f'_{cr} = 334\text{kg/cm}^2$$

2° Selección del tamaño máximo nominal. Se escogió de acuerdo a la granulometría del agregado grueso presentada en el ANEXO IV.

$$\text{TMN} = 1''$$

3° Elección de la consistencia de la mezcla. Deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica (Trabajable) tomando como referencia la Tabla 1

$$\text{Asentamiento} = 3'' \text{ a } 4''$$

4° Determinación del volumen de agua de mezclado. Se utilizó la tabla 68 del Anexo IX, ingresando con el asentamiento, el TMN y la presencia o no de aire incorporado (para nuestro caso será concreto sin aire incorporado).

$$\text{Agua de mezclado} = 193\text{lt/m}^3$$

5° Determinar el porcentaje de aire atrapado. Se utilizó la Tabla 68, del Anexo IX, ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado se obtiene el porcentaje de aire.

$$\text{Aire atrapado} = 1.5\%$$

6° Seleccionar la relación agua – cemento (a/c) requerida para obtener la resistencia deseada. Se tuvo en consideración la resistencia promedio seleccionada así como también algunas condiciones de durabilidad, se ingresó a la Tabla 69, del Anexo IX, con f'_{cr} y para un concreto sin aire incorporado se determinó el a/c .

$$\text{Relación agua / cemento (a/c)} = 0.50$$

7° Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua / cemento seleccionada y del volumen unitario de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Agua de mezclado}}{\text{Relacion a/c}} \dots\dots\dots (17)$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{193\text{lt/m}^3}{0.50}$$

$$\text{Factor cemento} = 386\text{kg/m}^3$$

8° Determinación del volumen absoluto de cemento. El volumen absoluto está en función del factor cemento y del peso específico del cemento, en nuestro caso el cemento Pacasmayo tipo Ico tiene un peso específico de 3.05 gr/cm³. El volumen absoluto del cemento se encontró de dividir el factor cemento por el peso específico de este (3.05 gr/cm³).

$$\text{Volumen absoluto del cemento} = \frac{386}{3.05 * 1000}$$

$$\text{Volumen absoluto del cemento} = 0.127\text{m}^3$$

9° Determinación del volumen de la pasta. El volumen de la pasta se encontró al sumar el volumen absoluto de cemento más el agua de mezclado dividida entre su peso específico más el porcentaje de aire atrapado.

$$\text{Volumen de la pasta} = \text{Vol. cemento} + \text{Vol. agua} + \text{Aire atrapado} \dots\dots (18)$$

$$\text{Volumen de la pasta} = 0.127 + 0.193 + 0.015$$

$$\text{Volumen de la pasta} = 0.335\text{m}^3$$

10° Determinación del volumen absoluto de los agregados. El volumen absoluto de los agregados se encontró de restar de la unidad cúbica de concreto el volumen de la pasta.

$$\text{Vol. Absoluto de los agregados} = 1 - 0.335$$

$$\text{Vol. Absoluto de los agregados} = 0.665\text{m}^3$$

11° Cálculo de la incidencia del agregado fino y grueso respecto del agregado global. En este paso es donde interviene el Método Del Módulo De Finura De La Combinación De Agregados, se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} * 100 \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

mg : Módulo de finura del agregado grueso.

mf : Módulo de finura del agregado fino.

mc : Módulo de la combinación de agregados.

rf : Porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.

Para hallar el valor de “mc”, ingresamos a la Tabla 70 del Anexo IX, con el número de bolsas de cemento por metro cúbico y el tamaño máximo nominal del agregado (TMN) y encontramos “mc”. Luego se encontró el porcentaje del agregado grueso por simple diferencia y posteriormente los volúmenes de los agregados multiplicando el porcentaje por el volumen absoluto de los agregados.

$$mc = 5.5$$

$$rf = \frac{7.37 - 5.5}{7.37 - 2.64} * 100$$

$$rf = 39.53\%$$

$$\text{Vol. absoluto del Agr. fino} = 0.3953 * 0.665 = 0.263\text{m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto del Agr. grueso} = 0.665 - 0.263 = 0.402\text{m}^3$$

12° Cálculo de los pesos secos de los agregados, se encontró multiplicando el volumen de cada uno de los agregados por su respectivo peso específico.

$$\text{Agregado fino seco} = 0.263 * 2.66 * 1000$$

$$\text{Agregado fino seco} = 699.80\text{kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso seco} = 0.402 * 2.63 * 100$$

$$\text{Agregado grueso seco} = 1058.20\text{kg/m}^3$$

Tabla 11: Resumen del diseño de mezclas del concreto patrón

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO	
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	250.00 kg / cm2
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm2
Incremento	86.70 kg / cm2 84
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	334.00 kg / cm2
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	
AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso unitario suelto seco (kg/m3) : 1595.00	Peso unitario suelto seco (kg/m3) : 1366.00
Peso unitario seco compactado (kg/m3) : 1648.00	Peso unitario seco compactado (kg/m3) : 1502.00
Peso específico de masa (gr/cm3) : 2.66	Peso específico de masa (gr/cm3) : 2.63
Absorción (%) : 1.45	Absorción (%) : 0.84
Contenido de Humedad (%) : 2.56	Contenido de Humedad (%) : 0.38
Módulo de Finura : 2.64	Módulo de Finura : 7.37
CEMENTO	FIBRA
Norma : NTP 334.009-2013	Tamaño máximo Nominal (Pulg.) : 1"
Tipo de Cemento : Pacasmayo Tipo Ico	Perfil del Agregado : Angular
Peso Específico (gr/cm: 3.05	Peso específico de masa (gr/cm3) : 0.63
AGUA	Absorción (%) : 72.00
Norma : NTP 334.009-2013	Contenido de Humedad (%) : 10.20
Peso Específico (gr/cm: 1.00	
DISEÑO DE MEZCLA	
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia : Plástica Asentamiento : 3" - 4"
Tipo de Concreto a diseñar	Concreto sin Aire Incorporado
Volumen unitario de Agua	193.00 lt/m3
Contenido de aire total	1.50 %
Relación Agua / Cemento	0.50
Factor cemento	Cantidad de Cemento : 386.00 Kg/m3 Factor Cemento : 9.08 Bolsas/m3
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta	Cemento : 0.127 m3
	Agua : 0.193 m3
	Aire : 0.015 m3
	Suma de Volúmenes : 0.335 m3
	Volumen absoluto : 0.665 m3
Volumen absolutos de los Agregados.	Volumen absoluto : 0.665 m3
Módulo de finura de la Combinación de Agregados	Contenido de Cemento : 9.1 Bolsas/m3
	TMN : 1"
	MFCA : 5.50
Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado.	% de Agregado Fino : 39.53 %
Volúmenes absolutos de los Agregados.	Agregado Fino : 0.263 m3
	Agregado Grueso : 0.402 m3
Peso Seco de los Agregados.	Agregado Fino : 699.80 Kg/m3
	Agregado Grueso : 1058.20 Kg/m3
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.	Cemento : 386.00 Kg/m3
	Agua de diseño : 193.00 lt/m3
	Agregado Fino seco : 699.80 Kg/m3
	A. Grueso seco : 1058.20 Kg/m3
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.50 Kg/bls
	Agua de diseño : 21.25 lt/bls
	Agregado Fino seco : 77.05 Kg/bls
	Agregado Grueso seco : 116.51 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado	Cemento : 1
	Agregado fino seco : 1.81
	Agregado grueso seco : 2.74
	Agua de Diseño : 21.3 lt/bls

13° Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño

Peso húmedo del:

$$\text{Agregado fino} = 699.80 * 1.0256 = 717.70\text{kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1058.20 * 1.0038 = 7062.20\text{kg/m}^3$$

Humedad superficial del:

$$\text{Agregado fino} = 2.56\% - 1.45\% = 1.11\%$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.38\% - 0.84\% = -0.46\%$$

Aporte de humedad del:

$$\text{Agregado fino} = 1.11 * 699.80 = 7.80\text{lt/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = -0.0046 * 1058.20 = -4.90\text{lt/m}^3$$

$$\text{Aporte Total} = 2.90\text{lt/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 - 2.90 = 190.10\text{lt/m}^3$$

Tabla 12: Resumen de corrección por contenido de humedad de los agregados del diseño de mezclas del concreto patrón

Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	2.56 %
	Agregado Grueso	:	0.38 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.45 %
	Agregado Grueso	:	0.84 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	:	717.70 Kg/m ³
	Agregado Grueso	:	1062.20 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	1.11 %
	Agregado Grueso	:	-0.46 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	7.80 lt/m ³
	Agregado Grueso	:	-4.90 lt/m ³
	Aporte Total	:	2.90 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva	:	190.10 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento	:	386.00 Kg/m ³
	Agua Efectiva	:	190.10 lt/m ³
	Agregado Fino Húmedo	:	717.70 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo	:	1062.20 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva		:	0.49
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	:	42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva	:	20.9 lt/bls
	Agregado fino húmedo	:	79.0 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	:	117.0 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento	:	1
	Agregado fino húmedo	:	1.86
	Agregado grueso húmedo	:	2.75
	Agua Efectiva	:	20.9 lt / saco

3.8 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO PATRON

Para la mezcla de prueba solamente se consideró la realización de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el que define la resistencia especificada (250 Kg/cm²).

Con los pesos de los materiales húmedos, se procedió a determinar la cantidad de material en volumen a ser empleado para realizar la mezcla de prueba.

El volumen de la tanda para 03 especímenes cilíndricos de concreto los cuales tienen un diámetro aproximado de 15 cm, con una altura aproximada de 30 cm, del cual se desprende el volumen:

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = \frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30 = 0.005301 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol.}_{\text{tanda}} = 3 \times 0.005301 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol.}_{\text{tanda}} = 0.015904 \text{ m}^3$$

Considerando los desperdicios de mezclado y otros, se aumentó el volumen en un 25 %, teniendo un volumen final:

$$\text{Vol.}_{\text{tanda}} = 1.25 \times 0.015904 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol.}_{\text{tanda}} = \mathbf{0.020 \text{ m}^3}$$

Tabla 13: Tanda de 0.02 m³ para la mezcla de prueba del Concreto Patrón

Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	3.45 %
	Agregado Grueso	:	0.52 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.45 %
	Agregado Grueso	:	0.84 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	2.00 %
	Agregado Grueso	:	-0.32 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m³)	Cemento	:	7.72 Kg/tanda
	Agua de diseño	:	3.86 lt/tanda
	Agregado Fino seco	:	14.00 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco	:	21.16 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m³)	Cemento	:	7.72 Kg/tanda
	Agua Efectiva	:	3.80 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	:	14.35 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	:	21.24 Kg/tanda

3.9 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO PATRON

El diseño de mezcla que mencionamos sirve para calcular las proporciones de los diferentes materiales que componen el concreto, permiten conocer unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas. Sin embargo, existen algunos factores de los materiales que no se detectan en los ensayos y que traen como consecuencia un concreto con propiedades algo diferentes a las esperadas.

Por esto es necesario comprobar las cantidades teóricas por medio de mezclas de prueba. A dicha mezcla se le verifica el peso unitario, cantidad de agua añadida, Slump o asentamiento, el rendimiento volumétrico del concreto, así como el contenido de aire y la resistencia a compresión de los especímenes de concreto a los 28 días. También se debe observar que el concreto tenga la trabajabilidad y el acabado adecuado y que no se presente exudación ni segregación. De acuerdo a ello, se puede llevar a cabo los ajustes pertinentes con las proporciones de las mezclas subsecuentes siguiendo el procedimiento sugerido que se indica a continuación:

- **Agua de mezclado:** La cantidad de agua de mezclado estimada para obtener el mismo asentamiento que las tandas de prueba, deberá ser igual al volumen neto del agua de mezclado empleado dividido entre el rendimiento de la mezcla de ensayo expresado en metros cúbicos.
- **Corrección por asentamiento:** La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cubico de concreto deberá ser incrementada en dos (02) litros por cada incremento de 1 cm de asentamiento hasta obtener el asentamiento deseado.
- **Corrección por contenido de aire:** Para ajustar la mezcla a fin de compensar los efectos de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba con aire incorporado, reducir o incrementar el contenido de agua de mezclado en 3 litros por metro cúbico por cada 1 % en el cual, el contenido de aire se incrementa o disminuye en relación con el de la mezcla de ensayo.
- **Corrección por apariencia de la mezcla:** cuando la mezcla tiene la apariencia sobregravosa el volumen del agregado grueso por metro cubico deberá disminuirse en un 10 - 15 %, si tiene apariencia sobrearenosa se

aumentara el 10 - 15 % del agregado grueso. Las proporciones de los agregados se calculará respecto al “*rf*”; porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.

- **Peso unitario:** Si la base del proporcionamiento de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto ha sido el peso estimado por metro cúbico del concreto fresco, el peso unitario recalculado del concreto fresco a ser empleado para efectuar el ajuste de las mezclas de prueba será igual al peso unitario medido en la tanda de ensayo, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución en el contenido de aire de la tanda ajustada de la primera mezcla de prueba.

Tabla 14: Ajuste de Mezcla por Apariencia, Asentamiento, Agua Adicional y Contenido de Aire para la elaboración del concreto Patrón

Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia	: Sobregavosa
	Asentamiento	: 4.50 cm
	Agua adicional	: 55.00 cm ³
	Contenido de Aire	: 2.50 %
	Peso Unitario del Concreto	: 2361.84 Kg/m ³
Tanda de mezclado	Cemento	: 7.72 Kg/tanda
	Agua Añadida	: 3.86 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	: 14.35 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	: 21.24 Kg/tanda
	Peso de la Colada	: 47.18 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimiento de la tanda	: 0.0200 m ³ /tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino	: 0.28 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso	: -0.07 lt/tanda
	Agua Añadida	: 3.86 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda	: 4.07 lt/tanda
Agua de mezclado por m ³ , corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m ³	: 203.62 lt/m ³
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado	: 9.00 cm
	Asentamiento obtenido	: 4.50 cm
	Incrementar asentamiento en	: 4.50 cm
	Incrementar agua de mezcla en	: 9.00 lt/m ³
Agua de mezclado por m ³ , corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m ³	: 212.62 lt/m ³
Corrección por contenido de aire (Incremento de 2 lt por cada disminución de 1 % en el contenido de aire)	Contenido de aire deseado	: 1.50 %
	Contenido de aire obtenido	: 2.50 %
	Disminuir el aire en	: -1.00 %
	Incrementar agua de mezcla en	: 2.00 lt/m ³
Agua de mezclado por m ³ , corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m ³	: 214.62 lt/m ³
Corrección por apariencia de la mezcla (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño	: 0.2146 m ³
	Cemento	: 0.1407 m ³
	Aire atrapado	: 0.0150 m ³
	Agregado grueso	: 0.3427 m ³
	Agregado fino	: 0.2870 m ³
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño	: 214.60 lt/m ³
	Cemento	: 429.14 Kg/m ³
	Agregado grueso	: 901.30 Kg/m ³
	Agregado fino	: 763.42 Kg/m ³
	Aire atrapado	: 1.50 %

- **Corrección por resistencia:** Como se obtuvieron especímenes cuya resistencia promedio ensayada a los 7 días está por debajo por encima del

80% de la resistencia requerida $f'c$, se reajustó la relación agua/cemento debido a la hidratación del concreto como sigue, considerando que la resistencia a los 28 días fue considerada como 1.4 veces la resistencia a los 7 días, para esto se utilizó la Ley de Powers:

$$R = 2380 * X^3 \quad ; \quad X = \frac{(0.647 * \alpha)}{\left(0.319 * \alpha + \frac{a}{c}\right)} \dots\dots\dots (20)$$

Dónde:

R= Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm²)

X= Relación gel / espacio

α = Grado de hidratación

a/c= Relación agua/cemento

Reemplazando:

$$\sqrt[3]{\frac{367.09}{2380}} = \frac{(0.647 * \alpha)}{(0.319 * \alpha + 0.50)}$$

$$\alpha = 0.56$$

Tabla 15: Ajuste de Mezcla por Resistencia debido al Grado de Hidratación, del Concreto Patrón

Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días	Resistencia del espécimen 01	: 269.04 kg/cm2
	Resistencia del espécimen 02	: 256.52 kg/cm2
	Resistencia del espécimen 03	: 261.07 kg/cm2
	Resistencia de 03 especím.	: 262.21 kg/cm2
Probable resistencia a los 28 días (1.4 de la Resist. a los 7 días)	Resistencia probable a 28 días	: 367.09 kg/cm2
Resistencia deseada a los 28 días	Resist. deseada a 28 días $f'c$	: 250.00 kg/cm2
Relación a/c empleada en el diseño original	Relación a/c diseño original	: 0.50
Grado de hidratación del C° bajo las condiciones de curado	Grado de hidratación (α)	: 0.56
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c corregida por hidrat.	: 0.59
Volumenes Absolutos de los Nuevos Materiales de Diseño (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño	: 0.2146 m3
	Cemento	: 0.1193 m3
	Aire atrapado	: 0.0150 m3
	Agregado grueso	: 0.3544 m3
	Agregado fino	: 0.2967 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño	: 214.60 lt/m3
	Cemento	: 363.73 Kg/m3
	Agregado grueso seco	: 932.07 Kg/m3
	Agregado fino seco	: 789.34 Kg/m3
	Aire atrapado	: 1.50 %

3.10 PROCEDIMIENTO PARA LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL EN LAS PROPORCIONES DE DISEÑO.

Las dosificaciones de cascarilla de arroz como fibra se han seleccionado tomando como referencia las recomendaciones realizadas por MACCAFERRI (2007) en su manual Técnico: “Fibras como Elemento Estructural para el refuerzo del Hormigón”.

Tabla 16: Dosificaciones mínimas de fibras para el concreto (MACCAFERRI, 2007)

Dosificación mínima de fibras		Elementos
En peso	En volumen	
20kg/m ³	0.25%	No estructurales
25kg/m ³	0.30%	Estructurales

En base a ésta referencia se eligió adicionar cascarilla de arroz al concreto normal en las proporciones de 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³. La cascarilla de arroz se adicionó en forma natural al concreto, previo tamizado por la malla N° 04 (4.76mm) para eliminar elementos residuales como tallos, ramas y hojas de la planta de arroz que vienen mezclados con la cascarilla de arroz.

En la **Tabla 18** se muestra las cantidades de los materiales en un metro cúbico con los diferentes porcentajes de las adiciones. La cantidad del cemento, agua y agregado grueso se conservan en cada adición, el agregado fino se disminuyó la misma cantidad que el peso de la cantidad de cascarilla de arroz adicionado, para mantener el diseño a un metro cúbico; la estructura se detalla en la **Tabla 17**

Tabla 17: Estructura del Diseño de Concreto Fibroreforzado con Fibra Vegetal (cascarilla de arroz)

MATERIALES	DISEÑO PATRON (m ³)	CONCRETO FIBROREFORZADO (m ³)
Cemento	a	a
Agua	b	b
Agregado fino	c	c-e
Agregado grueso	d	d
Cascarilla de Arroz	-	e
Volumen	1.00	1.00

Tabla 18: Proporciones con diferentes adiciones de cascarilla de arroz

PROPORCIONES CON LAS DIFERENTES ADICIONES						
Materiales		Concreto Patrón	Adición Cascarilla de Arroz(Kg/m3)			
			10	20	30	
Materiales de Diseño en volumen	Cemento	:	0.119	0.119	0.119	m3
	Agua de diseño	:	0.215	0.215	0.215	m3
	Agregado Fino seco	:	0.297	0.290	0.282	m3
	Agregado Grueso seco	:	0.354	0.354	0.354	m3
	Adición	:	0.000	0.016	0.032	m3
	Aire atrapado	:	0.015	0.015	0.015	m3
	Volumen de agregados	:	0.651	0.635	0.619	m3
Materiales de Diseño	Cemento	:	363.73	363.73	363.73	Kg/m3
	Agua de diseño	:	214.60	214.60	214.60	lt/m3
	Agregado Fino seco	:	789.34	770.10	750.86	Kg/m3
	Agregado Grueso seco	:	932.07	932.07	932.07	Kg/m3
	Adición	:	0.00	10.00	20.00	30.00	Kg/m3

3.11 MEZCLADO Y ELABORACION DE LOS ESPECIMENES DE CONCRETO

La elaboración de los especímenes de concreto se realizó según la NTP 339.183. Para lo cual se confeccionó especímenes de concreto cilíndricos para pruebas de compresión, tracción indirecta (probetas cilíndricas graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto), según el diseño de cada una de las adiciones (dosificaciones) de fibra descritas anteriormente.

3.11.1 PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO

- a) Pesar los agregados separadamente (agregado grueso y agregado fino) en estado húmedo.
- b) Homogenizar separadamente los dos agregados mediante una palana, para que así ellos presenten un estado de humedad uniforme.
- c) Tomar muestras de los agregados pesados y determinar su contenido de humedad en ese momento.
- d) Corregir por humedad el peso de los agregados y del agua.
- e) Pesar el cemento, agua total (corregida por humedad de los agregados) y la fibra.
- f) Preparar la mezcladora, humedeciéndola antes de cargar los materiales.
- g) Cargar el agregado grueso y el agregado fino en la mezcladora, agregando una fracción del agua total (un 80% aproximadamente).

- h) Revolver los agregados durante 30 segundos para humedecerlos completamente.
- i) Cargar el cemento en la mezcladora.
- j) Cargar el agregado fino en la mezcladora
- k) Adicionar la cascarilla en la mezcladora y dejar mezclar durante unos 15 segundos más, la cascarilla se introdujo sin tratar; en estado natural.
- l) Amasar los materiales durante 3 minutos, agregando el agua y agregados restantes con la fibra adicionada hasta entonces.
- m) Revolver manualmente la mezcla verificando su estado (asegurándose de que no quede material sin mezclar adherido al fondo y en las paredes de la mezcladora).
- n) Amasar durante otros 3 minutos.
- o) Descargar en carretillas, previamente humedecidas para evitar que estas consuman el agua de la mezcla.
- p) Revolver manualmente la mezcla verificando su estado (asegurándose de que la fibra se haya mezclado uniformemente y que no haya grumos de fibras).
- q) Amasar durante 1 minuto más.
- r) Una vez amasados todos los hormigones, medir la docilidad de cada uno de ellos mediante el cono de Abrams.
- s) Determinar el peso unitario del concreto fresco.
- t) Poner la tanda de concreto en las probetas (cilíndricas o prismáticas según sea el caso) correspondientes para los ensayos planificados del concreto.

3.11.2 FABRICACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS

Una vez obtenida la docilidad requerida para la mezcla de hormigón reforzado con fibra de cascarilla de arroz se procedió a la confección de los especímenes cilíndricos de concreto. La mezcla de material se añadió en tres capas (Según la Norma NPT 339.183, ver la **Tabla 37, del Anexo III** de espesor similar dentro de los moldes de 15 cm de diámetro, debidamente engrasados. Luego de depositar una capa ésta era apisonada con una varilla graduada de 60 cm de largo y 5/8" de diámetro, distribuyendo los golpes en toda la sección del molde, 25 golpes

por capa ver la **Tabla 38 del Anexo III** Al terminar el apisonado de cada capa se golpeó con un mazo de goma dando 12 golpes, al terminar la tercera capa se procedió al alisado de la superficie para que este no interfiera con los ensayos de compresión y tracción destinados para el concreto. El proceso total de llenado del molde tomó aprox. 3 minutos.

3.12 CURADO DE LOS ESPECIMENES DE CONCRETO

El curado de todos los especímenes de concreto se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183.

3.12.1 CURADO INICIAL Y DESMOLDE DE LAS PROBETAS

Una vez concluido el proceso de llenado de los moldes, se cubrió la superficie de éstos con plástico para evitar la evaporación del agua superficial y la contaminación de estos.

Las probetas fueron desmoldadas a las 24 horas de haberlas confeccionado. El traslado de estas en el laboratorio se hizo de manera tal que las superficies y aristas de las probetas no fueran alteradas.

3.12.2 CURADO ESTÁNDAR

Al terminar el curado inicial y entre los 30 minutos y 1 hora después de haber sacado los especímenes de los moldes, estos se almacenaron en una poza de curado de concreto cubiertos con agua a temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, Dependiendo de la edad de los especímenes de concreto requerida para los ensayos, las probetas estuvieron 7, 14 y 28 días sumergidos.

3.13 ENSAYOS DE CONCRETO

3.13.1 ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO

3.13.1.1 ASENTAMIENTO O SLUMP

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.04.

El método de determinación empleado, es el ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump" (Norma NTP 339.035 ó ASTM C143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría.

3.13.1.2 PESO UNITARIO DEL CONCRETO

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.046 – Revisada el 2013.**

Según Norma específica que este ensayo consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del rendimiento de los componentes del concreto.

El peso unitario se calcula de la siguiente manera:

- **Densidad (Peso Unitario):** Se calculó este parámetro como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m} \dots \dots \dots (21)$$

Dónde:

D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m³).

M_c = Masa del recipiente de medida lleno de concreto (kg).

M_m = Masa del recipiente vacío (kg).

V_m = Volumen del recipiente (m³).

- **Rendimiento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$Y = \frac{M}{D} \dots \dots \dots (22)$$

Dónde:

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).

D = Densidad de masa (Peso Unitario) del concreto (kg/m³).

- **Rendimiento relativo:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots \dots \dots (23)$$

Dónde:

R_y = Rendimiento relativo, un exceso de este valor mayor a 1 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

Y_d = Volumen de diseño de concreto producido por tanda (m³).

- **Contenido de cemento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots \dots \dots (24)$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento (kg/m³)

C_b = Masa del cemento en el lote (kg)

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

3.13.2 ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

3.13.2.1 MEDICIÓN DE LAS PROBETAS

La medición de las probetas se llevó a cabo siguiendo el protocolo que a continuación se detalla:

- Se coloca las probetas cilíndricas con la cara de llenado en un plano vertical lo más cerca posible a donde se efectuará el ensayo.
- Se miden los diámetros de las dos caras laterales de la probeta (a_1 , a_2 , b_1 y b_2) aproximadamente en el eje horizontal de cada diámetro.
- Se mide las alturas de los dos lados de la probeta cilíndrica (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.
- Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.5 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.

Figura 12: Toma de las Medidas de las Probetas Cilíndricas



3.13.2.2 PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.034 - Revisada el 2013**, la presente norma establece la fórmula para determinar la densidad de los especímenes de concreto con aproximación de 10 Kg/cm^3 como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (25)$$

Donde:

W = Masa del espécimen (Kg).

V = Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua (m³).

3.13.2.3 RESISTENCIA COMPRESIÓN

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.034 - Revisada el 2013**, la presente norma establece un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

En la presente tesis se realizó el ensayo a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto con las diferentes adiciones de fibra en el tiempo.

Se calculó la resistencia a la compresión del concreto mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (26)$$

Donde:

R_c = Resistencia a compresión (Kg/cm²).

S = Superficie de carga (cm²).

P = Carga máxima (Kg).

Posición de las probetas

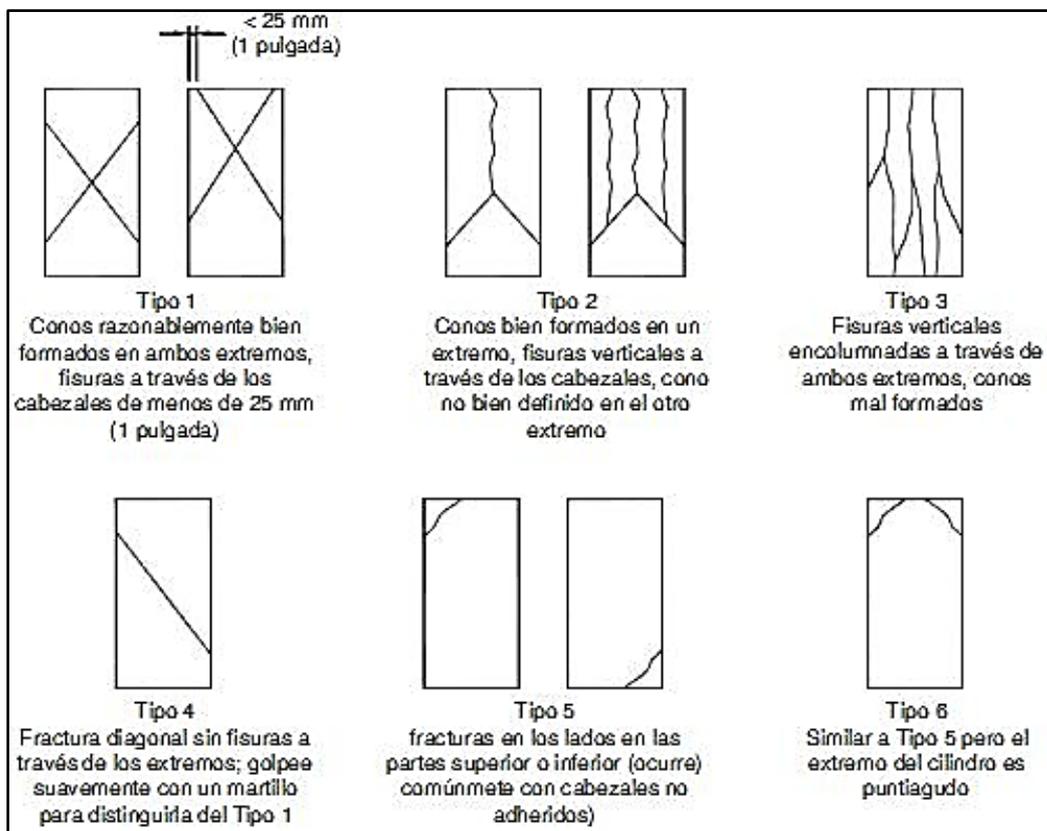
Se coloca la probeta con su cara de llenado en un paralelo a la placa inferior de la máquina compresora.

Aplicación de la carga

La carga se deberá aplicar en forma continua y sin choques, a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 +- 0.05 Mpa/s (2.5 kg/cm²). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la primera mitad final de la fase de carga anticipada. Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada

de manera controlada. No se debe hacer ajustes durante la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen. Al aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente, el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido el cual debe ser observado, anotado así como debe también registrarse la carga máxima “P” expresada en toneladas.

Figura 13: Esquema de los patrones de tipos de Fracturas (NTP 339.034 – 2013)



3.13.2.4 RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA

La resistencia a tracción indirecta del concreto se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto con las diferentes adiciones de fibra en el tiempo. El ensayo se realizó usando la prueba brasilera o split-test, consiste en cargar lateralmente el cilindro estándar, a lo largo de uno de sus diámetros hasta que se rompa. El procedimiento está especificado en la norma NTP

339.084 ó ASTM-C-496-96. En la **figura 14** se muestra los esfuerzos que se generan a largo del diámetro cargado. La resistencia a la tensión es igual a:

$$S_t = \frac{2 * P}{\pi * t * d} \dots \dots \dots (27)$$

Donde:

S_t = Resistencia a la Tracción Indirecta (Kg/cm²).

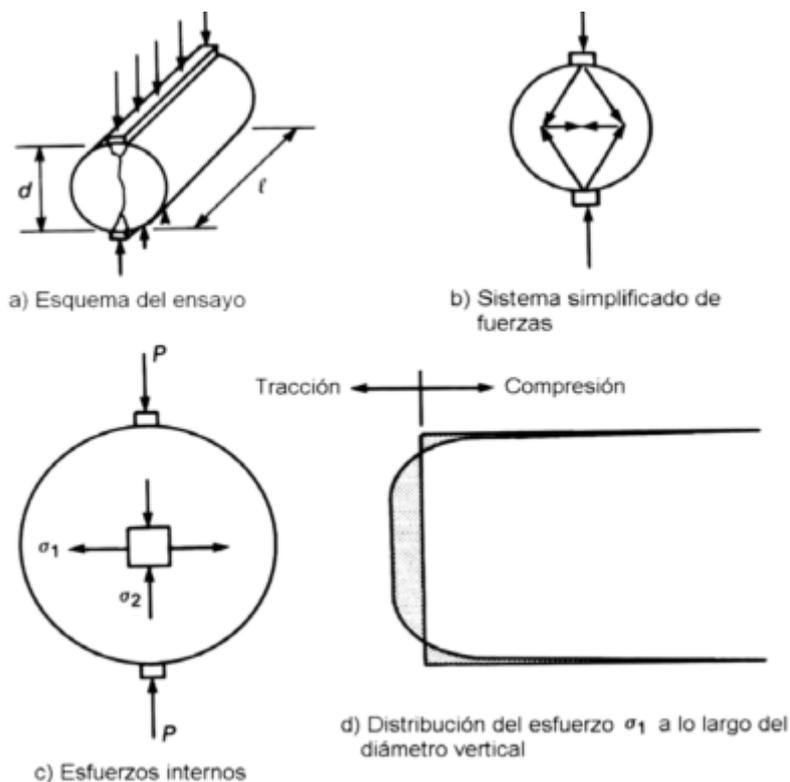
P = Carga máxima (Kg).

t = Altura de la probeta (cm).

d = Diámetro de la probeta (cm).

π = Pi, número adimensional con valor de 3.1416.

Figura 14: Ensayo de Compresión Diametral (Split Test)



Aplicación de la carga

La carga se aplicó en forma similar que para el ensayo a compresión; de forma continua y sin choques, a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 +-

0.05 MPa/s (2.5 kg/cm²). Al aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente, el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido el cual debe ser observado, anotado así como debe también registrarse la carga máxima “P”.

3.13.2.5 MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Para Concretos de Peso Normal (aproximadamente 2,300 kg/m³) el ACI y la Norma Peruana permiten estimar E_c mediante:

$$E_c = 15000 \times \sqrt{f'c} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (28)$$

3.14 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Antes del tratamiento, análisis de los datos y presentación de resultados, según el diseño de la investigación, se obtuvo y presentó los resultados de las características de los materiales utilizados en la mezcla tanto en los especímenes con concreto patrón (0% de fibra) como aquellos en los que se le adicionó diferentes porcentajes de fibra de vegetal (10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³).

Para recopilar la información se usaron los Métodos Cuantitativo y Cualitativo.

El Método Cuantitativo se usó para medir las variables cuantitativas de estudio de las dosificaciones de concreto elaboradas; para lo cual se emplearon equipos e instrumentos del laboratorio tales como:

- Máquina de ensayo a compresión.
- Máquina de ensayo a tracción indirecta.
- Moldes adecuados para la elaboración de los especímenes de concreto (cilíndricos)
- Tamices compatibles con las NTP y ASTM correspondientes.
- Balanzas, reglas, varillas, cucharones, badilejo, plancha, etc.

El Método Cualitativo se usó para describir algunas propiedades o variables cualitativas de las dosificaciones de concreto, para lo cual se empleó la observación directa en el laboratorio, tales como:

- Apariencia del concreto.
- Trabajabilidad del concreto.
- Tipo de fractura y modo de falla.
- Espesor de la abertura.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO

Con el ensayo de trabajabilidad se logra apreciar una clara influencia de la presencia de las adiciones en el concreto fresco, observándose una disminución de la docilidad de la mezcla a medida que aumentaba el porcentaje de adición.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla 19**, y su representación se aprecia en los **Gráfico 2**

Tabla 19: Variación porcentual del asentamiento de las diferentes adiciones con cascarilla respecto al patrón

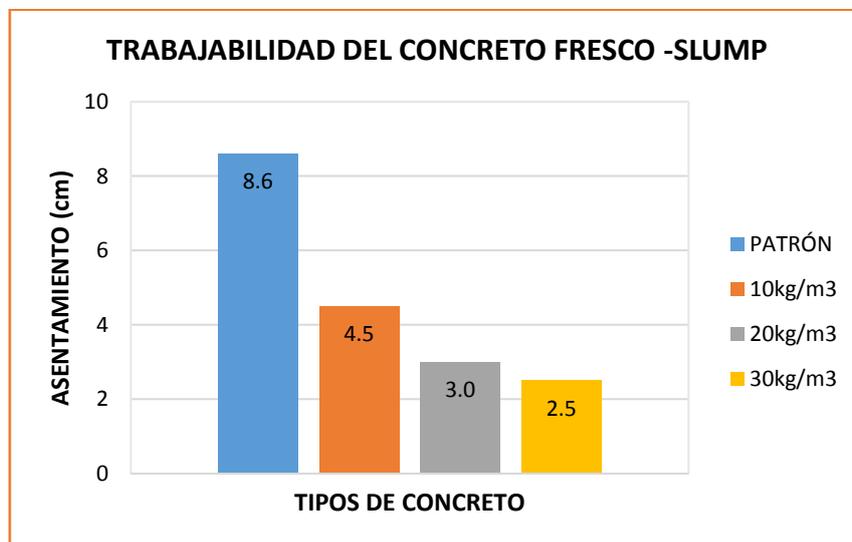
% DE ADICIÓN CASCARILLA DE ARROZ	ASENTAMIENTO (cm.)	VARIACIÓN DEL ASENT. CON RESPECTO AL PATRÓN
PATRÓN	8.6	---
10kg/m3	4.5	47.67%
20kg/m3	3.0	65.12%
30kg/m3	2.5	70.93%

A medida que aumenta la cantidad de adiciones a la mezcla de concreto, el asentamiento es menor. Se observa, entonces, una proporcionalidad inversa entre la cantidad adicionada y el asentamiento. Es decir, a mayor porcentaje de adición, menor será el asentamiento del cono.

En el caso de la cascarilla el mayor asentamiento correspondió al concreto patrón con 8.6 cm, mientras que la menor alcanzó los 2.5 cm, es decir, 6.1 cm

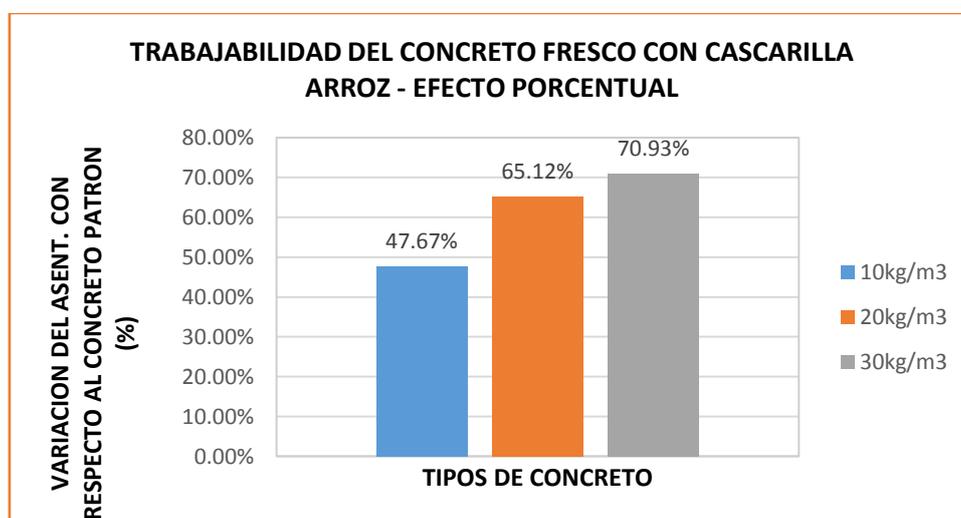
de diferencia respecto del mayor. Este último valor correspondió al concreto con 30kg/m³ de cascarilla de Arroz, como se indica en la **Tabla 19**.

Gráfico 2: Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de cascarilla



El menor porcentaje de variación entre un concreto con cascarilla y el concreto patrón lo obtuvo el concreto que contiene 10kg/m³ de cascarilla. Esta variación con respecto al concreto patrón disminuyó en 47.67%, tal como puede ser apreciado en el **Gráfico 3**. Por su parte la máxima variación con respecto al concreto patrón correspondió al concreto que contiene 30kg/m³ de cascarilla. Dicha variación correspondió al 70.93%. El concreto con 20kg/m³ de fibra ocupó el valor intermedio, obteniendo variaciones de 65.12%.

Gráfico 3: Variación porcentual del asentamiento por influencia de la cascarilla adicionada con respecto al patrón



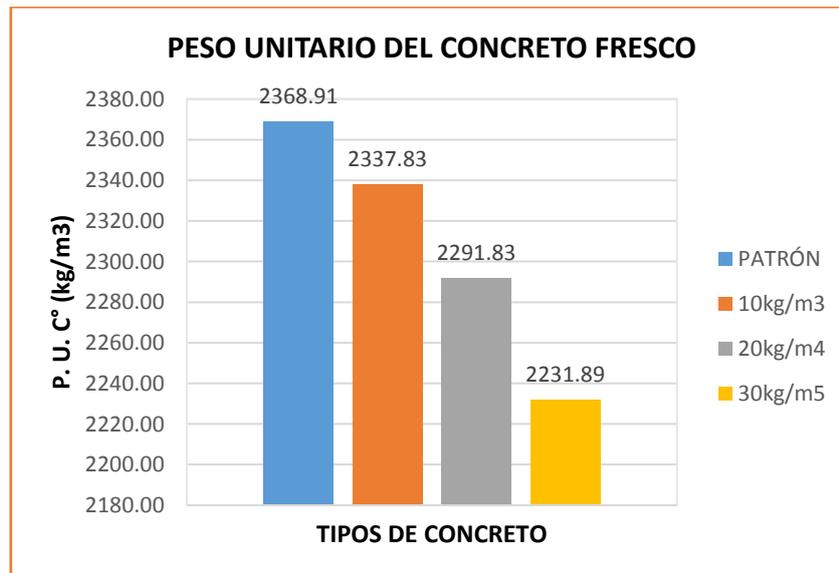
4.2 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

Para el caso del concreto con cascarilla, en la **Tabla 20** se observa los pesos unitarios del concreto fresco de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla, teniendo un peso unitario de 2368.91 Kg/m³ para el concreto patrón, 2337.83 Kg/m³ para el concreto con adición de 10kg/m³ de fibra, 2291.83 Kg/m³ para el concreto con adición de 20kg/m³ de fibra y 2231.89 Kg/m³ para el concreto con adición más alta igual a 30kg/m³ de fibra.

Tabla 20: Peso unitario del concreto fresco de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla arroz

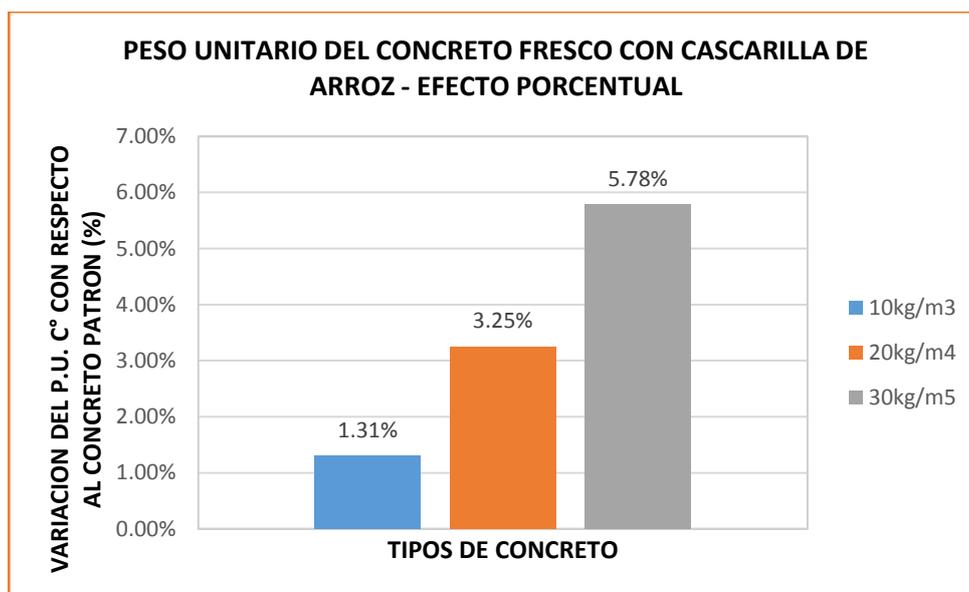
% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° FRESCO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN
PATRÓN	2368.91	---
10kg/m ³	2337.83	1.31%
20kg/m ³	2291.83	3.25%
30kg/m ³	2231.89	5.78%

Gráfico 4: Peso unitario del concreto fresco de los distintos porcentajes de la adición de la cascarilla de arroz



El porcentaje de variación entre un concreto con cascarilla y el concreto patrón va disminuyendo desde 1.31% a 5.78% de menor a mayor porcentaje de adición como se puede observar en el **Gráfico 5**.

Gráfico 5: Variación porcentual del Peso unitario del concreto fresco por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón



4.3 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

Para determinar el peso unitario del concreto endurecido, se tomó el promedio de los pesos unitarios de los 56 especímenes de concreto realizados para todos los ensayos realizados para cada adición, a los 28 días de su fabricación.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla 21 y Tabla 22**, y su representación se aprecia en los **Gráfico 6 y Gráfico 7**.

Tabla 21: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla

ENSAYO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO EN (Kg/m ³) - 28 DIAS				
	PROBETA	PATRÓN	10kg/m ³ DE CASCARILLA	20kg/m ³ DE CASCARILLA	30kg/m ³ DE CASCARILLA
COMPRESIÓN	N° 01	2360.48	2340.54	2279.90	2267.57
	N° 02	2351.19	2340.38	2275.58	2261.34
	N° 03	2360.14	2340.19	2317.58	2264.99
	N° 04	2367.17	2340.42	2271.83	2269.65
	N° 05	2378.48	2342.30	2292.72	2269.21
	N° 06	2373.11	2341.10	2314.07	2257.14
	N° 07	2369.61	2340.65	2349.50	2265.54
TRACCIÓN	N° 01	2359.90	2342.53	2282.24	2287.71
	N° 02	2359.14	2347.91	2301.33	2224.86
	N° 03	2372.62	2338.69	2321.85	2292.13
	N° 04	2362.57	2336.98	2320.62	2240.84
	N° 05	2371.28	2339.99	2313.65	2262.32
	N° 06	2368.02	2343.29	2295.78	2279.89
	N° 07	2364.56	2337.13	2270.30	2267.39
PROMEDIO		2365.59	2340.86	2300.50	2265.04

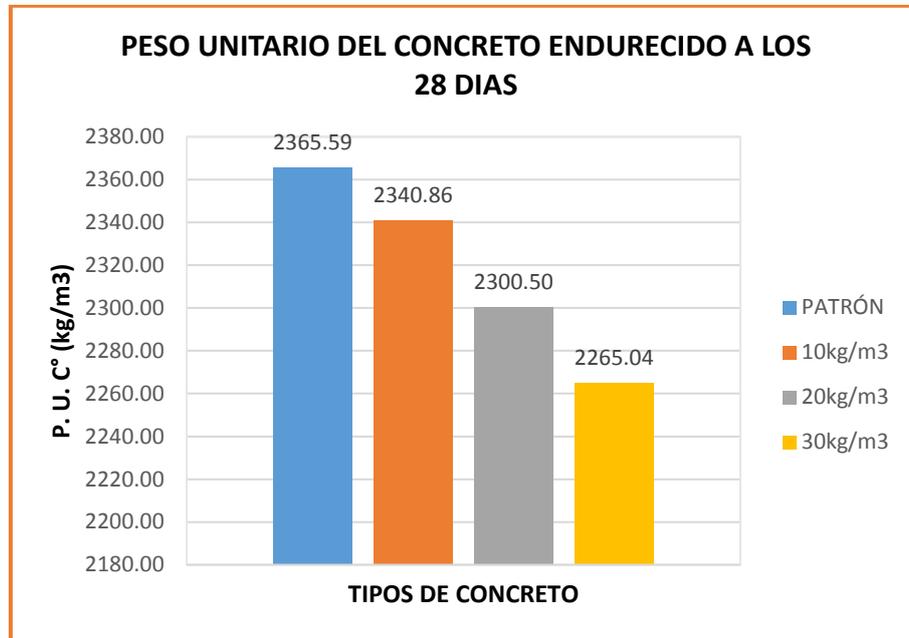
Tabla 22: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido de las diferentes adiciones de cascarilla con respecto al patrón

% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDUR. A LOS 28 DÍAS (Kg/m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° ENDU. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2365.59	---
10kg/m ³	2340.86	1.05%
20kg/m ³	2300.50	2.75%
30kg/m ³	2265.04	4.25%

En la **Tabla 22** se observa los pesos unitarios promedios del concreto endurecido de diferentes porcentajes de adición de cascarilla de arroz, teniendo un peso unitario de 2365.59 Kg/m³ para el concreto patrón, 2340.86 Kg/m³ para el concreto con adición de 10kg/m³ de cascarilla, 2300.50 Kg/m³ para el concreto

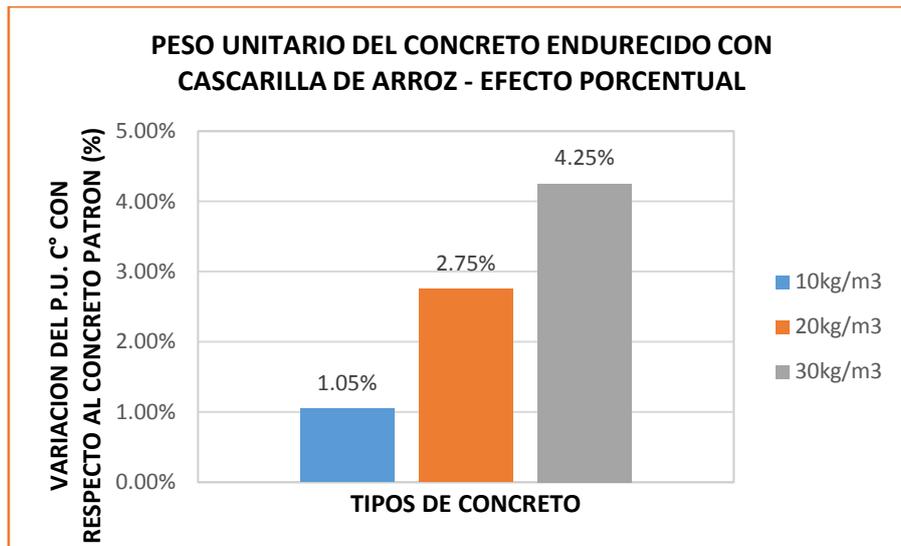
con adición de 20kg/m³ de cascarilla y 2265.04 Kg/m³ para el concreto con adición más alta igual a 30kg/m³

Gráfico 6: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para los distintos ensayos y porcentajes de adición de cascarilla



Para el caso de la adición de cascarilla, el porcentaje de variación entre un concreto con cascarilla y el concreto patrón es poco significativo. La mínima variación lo obtuvo el concreto que contiene 10kg/m³ de cascarilla. Esta variación con respecto al patrón alcanzó al 1.05%, tal como puede ser apreciado en el **Gráfico 7**. Por otra parte la máxima variación con respecto al patrón correspondió al concreto que contiene 30kg/m³, dicha variación correspondió al 4.25%. El concreto con 20kg/m³ ocupó el valor intermedio, con una variación de 2.75 %.

Gráfico 7: Variación porcentual del Peso unitario del concreto endurecido por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón



Como se observa la adición no influye significativamente en el peso unitario del concreto en estado endurecido, ya que todos los promedios se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales que van desde 2200kg/m³ (Concreto liviano) a 2400kg/m³(Concreto pesado).

4.4 ANÁLISIS DEL LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Al realizar el ensayo de compresión a los 07 especímenes de concreto a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de adiciones de cascarilla de arroz, teniendo un total de 84 (63 con cascarilla y 21 patrón) especímenes ensayados a compresión, se obtienen los valores que se indican en las **Tabla 23** y **Tabla 24**.

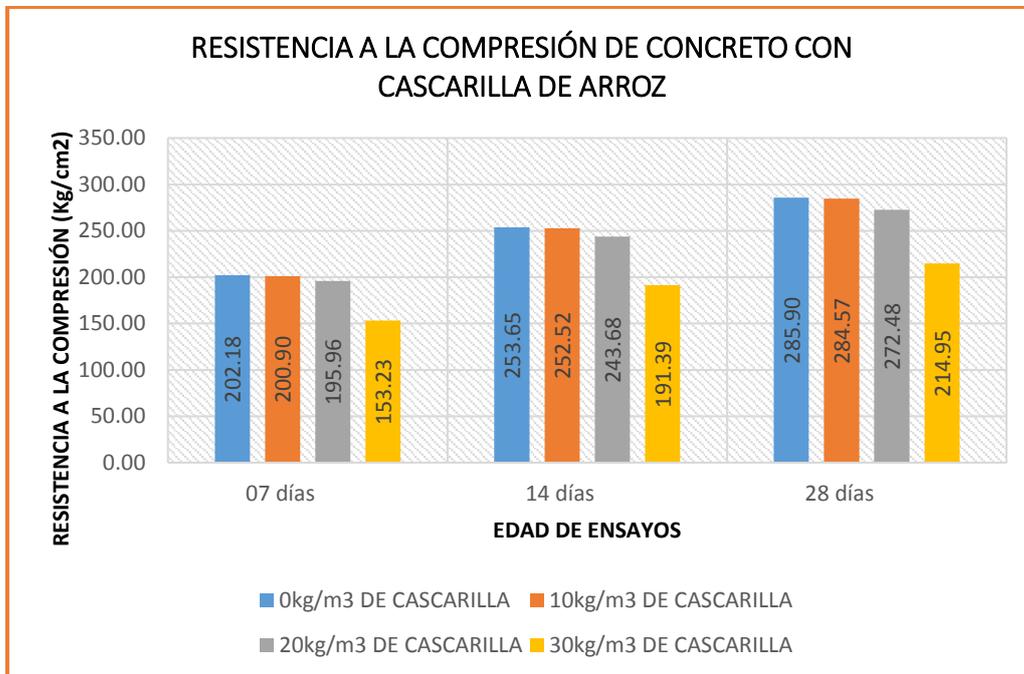
Tabla 23: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días

% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN Kg/cm ²		
	07 días	14 días	28 días
PATRÓN	202.18	253.65	285.90
10kg/m³	200.90	252.52	284.57
20kg/m³	195.96	243.68	272.48
30kg/m³	153.23	191.39	214.95

Tabla 24: Variación porcentual de la resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días

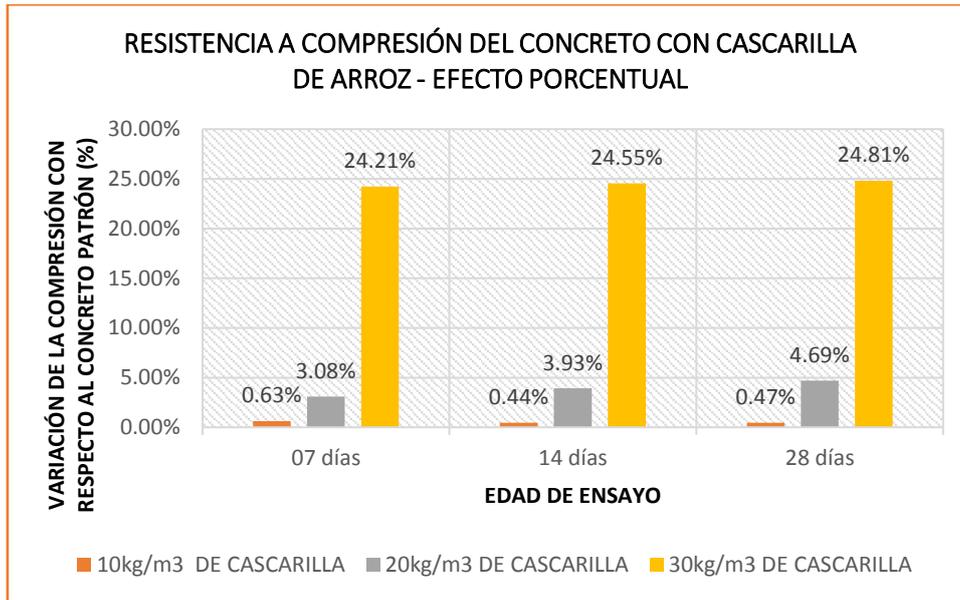
% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
PATRÓN	0.00%	0.00%	0.00%
10kg/m3	0.63%	0.44%	0.47%
20kg/m3	3.08%	3.93%	4.69%
30kg/m3	24.21%	24.55%	24.81%

Gráfico 8: Resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregado a los 07, 14 y 28 días



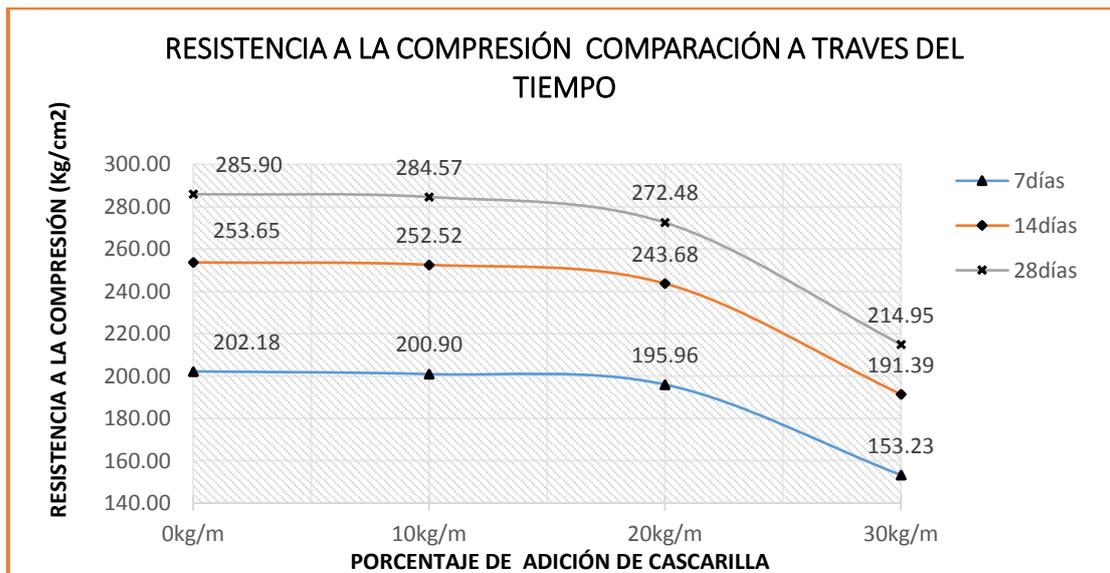
En la **Tabla 23**, se aprecia en el ensayo a los 7 días el mayor es 202.18 kg/cm², correspondiendo al patrón, el menor valor fue con la adición de 30k/m³ con 153.23kg/cm². Así mismo, en el ensayo a los 14 días el mayor es 253.65 kg/cm², correspondiendo al patrón, el menor valor fue con la adición de 30k/m³ con 191.39kg/cm². A los 28 días igualmente el más alto valor fue del patrón con 285.90kg/cm² y el menor el concreto con 30kg/m³ de cascarilla con 214.95kg/m². Los concretos con adición de 10 y 20kg/m³, obtuvieron valores intermedios entre el patrón y el concreto con adición de 30kg/m³ de fibra, tanto en el ensayo a 07 días, 14 días como en el ensayo a 28 días.

Gráfico 9: Variación porcentual de la resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregada con respecto al concreto patrón



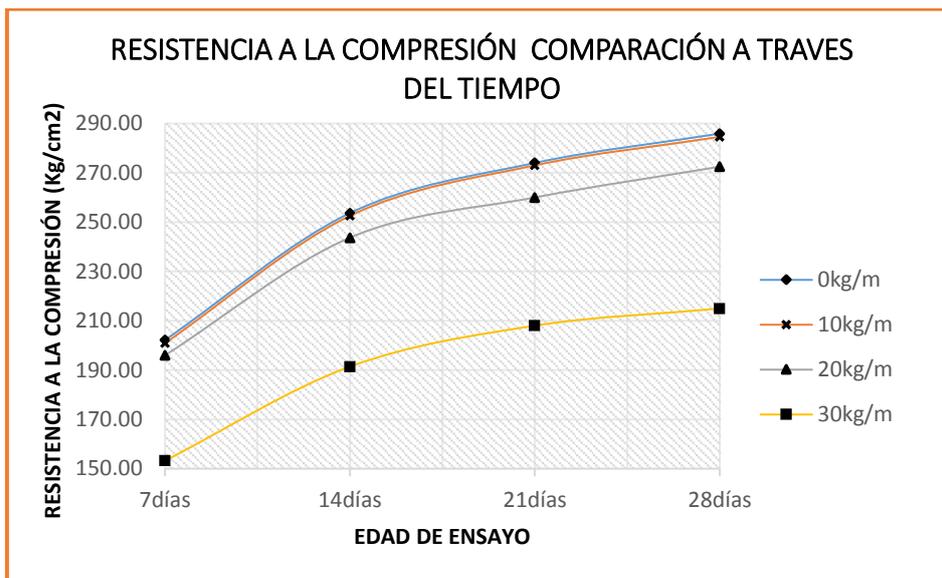
Para el caso del concreto con adición de cascarilla, en el **Gráfico 9**, se puede apreciar que los porcentajes que disminuye el concreto con adiciones respecto al patrón; a los 7 días están entre 0.63 % y 24.21%, a los 14 días 0.44% y 24.55% y a los 28 días varían de 0.47 a 24.81%, respecto al patrón.

Gráfico 10: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión a diferentes edades y adiciones de cascarilla



En el **Gráfico 10**, se desarrolla el consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de cascarilla de arroz, en este gráfico se puede observar que existe una disminución moderada en la resistencia de 07 a 14 días que se puntualiza más a 28 días.

Gráfico 11: Resistencia a compresión en el tiempo de los diferentes porcentajes de adición-cascarilla



El **Gráfico 11**, muestra la resistencia a compresión del concreto con todos los porcentajes de adición de cascarilla de arroz respecto al tiempo.

4.5 ANÁLISIS DEL LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

Al realizar el ensayo de tracción indirecta a los 07 especímenes de concreto a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de fibra (patrón, 10kg/m³, 2kg/m³ y 30kg/m³) teniendo un total de 84 especímenes ensayados a tracción, se obtienen los valores que se indican en las **Tabla 25, Tabla 26**.

Tabla 25: Resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días

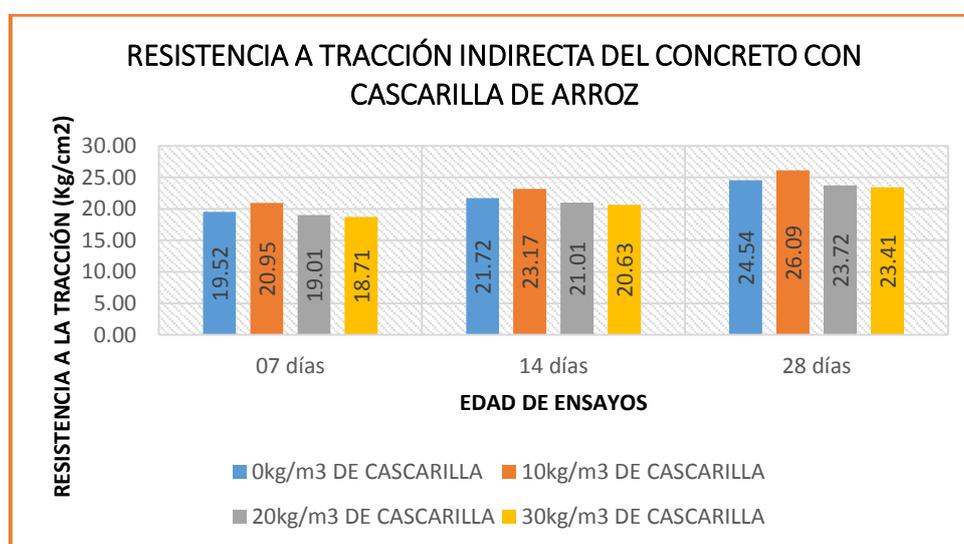
% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	RESISTENCIA A TRACCION EN Kg/cm2		
	07 días	14 días	28 días
PATRÓN	19.52	21.72	24.54
10kg/m3	20.95	23.17	26.09
20kg/m3	19.01	21.01	23.72
30kg/m3	18.71	20.63	23.41

Tabla 26: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días

% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
PATRÓN	0.00%	0.00%	0.00%
10kg/m3	7.34%	6.67%	6.34%
20kg/m3	-2.62%	-3.26%	-3.35%
30kg/m3	-4.13%	-5.03%	-4.60%

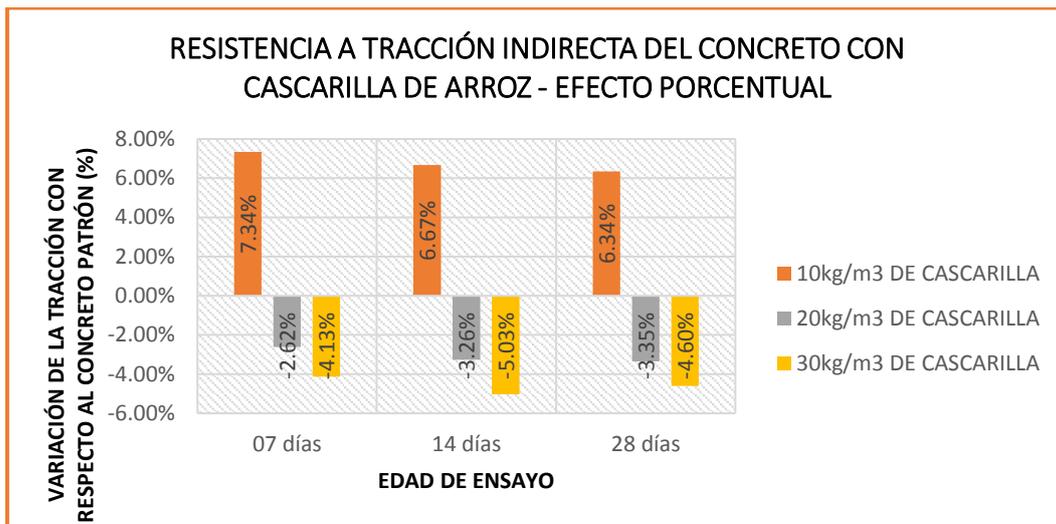
Al realizar el ensayo de tracción indirecta se observa un aumento de la resistencia del concreto al adicionar 10kg/m3 de cascarilla de arroz tanto a los 07 como a los 14 y 28 días, pero para las adiciones de 20kg/m3 y 30kg/m3 una disminución en la resistencia del concreto, tanto a los 07 como a los 14 y 28 días, tal como muestra el **Gráfico 12**.

Gráfico 12: Resistencia a la tracción indirecta por influencia de la cascarilla agregada a los 07, 14 y 28 días



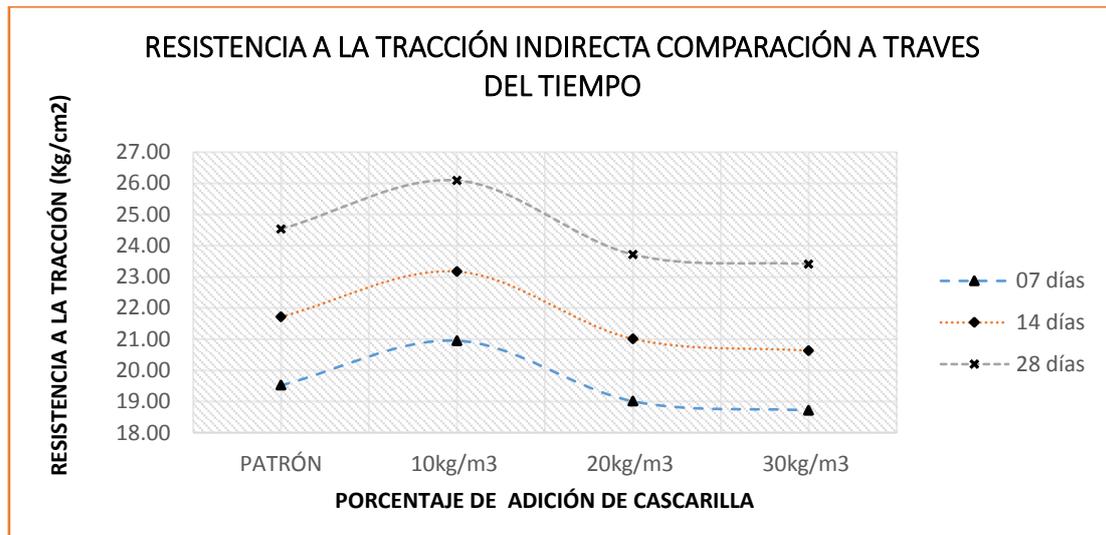
Porcentualmente hablando **Gráfico 13**, a mayor disminución de resistencia a la tracción indirecta, con respecto al concreto patrón, lo mostró el concreto que contenía mayor cantidad de cascarilla, con 30kg/m³. Pero un aumento significativo registró el concreto que contenía menor cantidad de cascarilla con 10kg/m³. Al aumentar la cantidad de la adición, menor fue la resistencia a tracción indirecta.

Gráfico 13: Variación porcentual de la resistencia a la tracción indirecta por influencia de la fibra agregada con respecto al concreto patrón



En el **Gráfico N° 14** se desarrolla el consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a la tracción indirecta, a diferentes edades (0.7, 14 y 28 días) y porcentajes de adición de fibra (patrón, 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ de fibra), en este gráfico se puede observar que existe un incremento constante en la resistencia de 07 a 14 días y de 14 a 28 días considerablemente para todos los casos (porcentajes de adición de fibra). Del mismo modo se observa que la resistencia se incrementa en forma moderada cuando la adición de fibra es de 10kg/m³ y disminuye con las adiciones mas altas de 20 y 30kg/m³ más alta.

Gráfico 14: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a tracción indirecta a diferentes edades y adición de fibra



4.6 ANÁLISIS DEL LA FISURA DEL ESPECIMEN

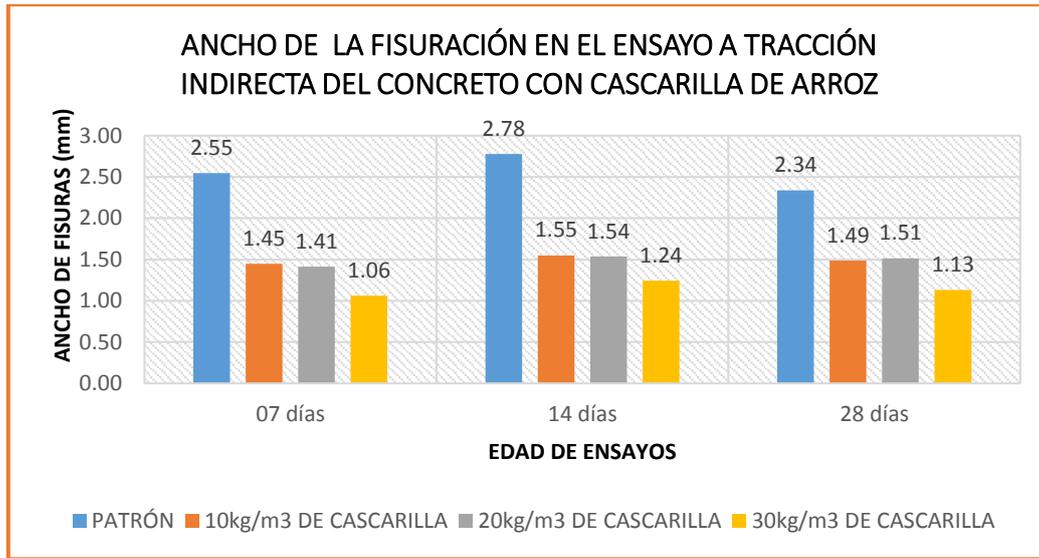
Se determinó el ancho de la fisuración de los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta, con el objetivo de tener una idea del comportamiento del concreto reforzado con cascarilla de arroz. Intentamos convertirlo a la cascarilla en un material más dúctil y actuar sobre la fisuración de la matriz, de forma que mediante su acción de “cosido” entre las fisuras, se reduzca el ancho de las mismas. Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla 27**.

Tabla 27: Anchos transversal de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta

% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	EDAD DE ENSAYO			VARIACIÓN DE LA FISURA RESPECTO AL PATRÓN A LOS 28 DÍAS
	07 días	14 días	28 días	
ANCHO DE LA FISURA EN "mm"				
PATRÓN	2.55	2.78	2.34	---
10kg/m³	1.45	1.55	1.49	63.66%
20kg/m³	1.41	1.54	1.51	64.76%
30kg/m³	1.06	1.24	1.13	48.37%

La **Tabla 27**, muestran la variación de los anchos de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta de las diferentes adiciones de cascarilla de arroz a las tres edades de ensayo.

Gráfico 15: Promedio de los anchos de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta



En el **Gráfico 15**, se observa que en relación al concreto patrón el ancho de fisura disminuye con respecto a la adición más alta, el ancho de fisura disminuye con respecto al concreto patrón en un -5.99%, -17.38% y en un -21.08% para los concretos con 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ de adición de cascarilla respectivamente.

4.7 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ESPECÍMEN

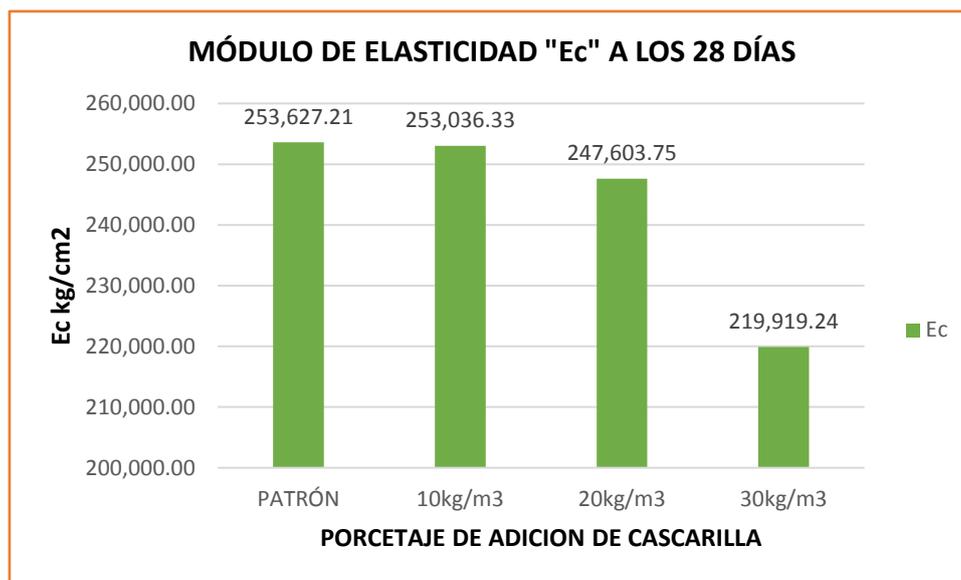
EL módulo de elasticidad fue determinado a la edad de 28 días, los resultados fueron obtenidos a través de los métodos establecidos por el ACI y la Norma Peruana que permiten estimar E_c . Los resultados del módulo de elasticidad se muestran en la **Tabla 28**.

Tabla 28: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de cascarilla de arroz según el ACI para la edad de 28 días

Adiciones de cascarilla	f'_c promedio (kg/cm²) - 28 días	$E_c = 15000 \times \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²) - 28 días	Variación Porcentual respecto al patrón
PATRÓN	285.90	253,627.21	---
10kg/m³	284.57	253,036.33	0.23%
20kg/m³	272.48	247,603.75	2.37%
30kg/m³	214.95	219,919.24	13.29%

La Tabla N° 28 muestra los módulos de elasticidad de los diferentes porcentajes de adición de fibra (patrón, 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³), ensayados a los 28 días, se observa que el módulo disminuye a medida que más alta sea la adición de fibra.

Gráfico 16: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de cascarilla de arroz según el ACI para la edad de 28 días



En el [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6](#) se muestran los módulos de elasticidad a los 28 días de ensayo, se observa que se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 253,036.33 Kg/cm² y 219,919.24 Kg/cm², con una variación a la baja con respecto al patrón de 0.23%, 2.37%, 13.32% para una adición de 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ de cascarilla de arroz respectivamente.

4.8 ANÁLISIS DEL TIPO DE FALLA DEL ESPECÍMEN

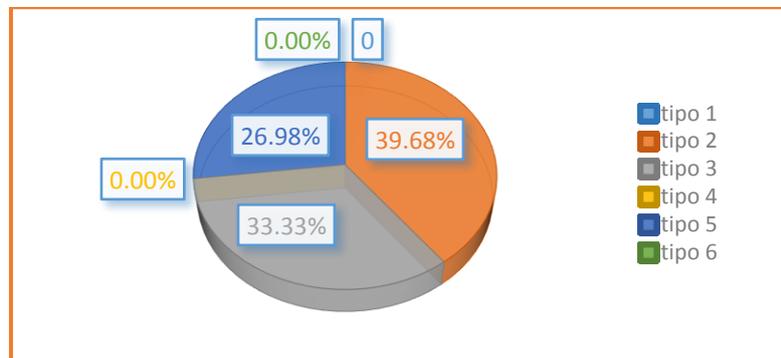
En el ensayo a la compresión se observaron y registraron diferentes tipos de fallas típicas definidas en la NTP 339.034. El análisis se ha realizado para todos los porcentajes de adiciones a las tres edades de ensayo 07,14 y 28 días, los resultados son los mostrados en la **Tabla 28**.

Tabla 29: Tipos y porcentaje de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión

TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
TIPO 1	0	-
TIPO 2	25	39.68%
TIPO 3	21	33.33%
TIPO 4	0	0.00%
TIPO 5	17	26.98%
TIPO 6	0	0.00%
TOTAL	63	100%

El tipo de falla más común registrado, fue el tipo 2 con un porcentaje del 39.68%, en el cuál la fractura se da en forma vertical a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo de la probeta. Los tipos de falla 3 y 5 resultaron porcentajes de 33.33% y 26.98% respectivamente.

Gráfico 17: Representación de los tipos de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión



TIPOS DE FALLAS



TIPO 2



TIPO 3



TIPO 5

En un ensayo a la compresión se espera que la carga sea distribuida uniformemente sobre las caras de apoyo, y de esta manera hacer que todo el Especímen trabaje para resistir la carga. Para esta investigación el tipo de falla indica que la carga no se distribuía de manera uniformemente sobre las bases de apoyo de neopreno.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. La adición óptima de cascarilla de arroz, para obtener una resistencia a la compresión similar al diseño patrón es de 10 kg/m³, ya que a mayor adición disminuye drásticamente, no solamente su resistencia a la compresión sino también a la tracción.
2. El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados indican que son óptimos para la elaboración del concreto.

CARACTERÍSTICAS / AGREGADOS	A. FINO	A. GRUESO
Módulo de finura	2.64	7.37
T.M.N	-----	1"
Peso específico (gr/cm ³)	2.66	2.63
Absorción (%)	1.45	0.84
Contenido de Humedad (%)	2.56	0.38
Peso unitario seco suelto (kg/m ³)	1595	1366
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1648	1502
Partículas menores que pasan el tamiz N° 200 (%)	4.80	0.36
Abrasión (%)	-----	23.32

3. Las propiedades físicas y mecánicas de la cascarilla de arroz son:

CARACTERÍSTICAS EN ESTADO NATURAL	CASCARILLA DE ARROZ
Módulo de finura	3.87
Peso específico (gr/cm ³)	0.63
Absorción (%)	72.00
Contenido de Humedad (%)	10.20
Peso unitario seco suelto (kg/m ³)	96
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	134
Partículas menores que pasan el tamiz N° 200 (%)	1.62
Longitud promedio (cm)	1.00
Diámetro equivalente (mm)	2.25

4. El asentamiento del concreto disminuyó con respecto al concreto patrón en 47.67%, 65.12% y 70.93% para las dosificaciones de cascarilla de arroz en 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ respectivamente, presentando características poco trabajables, se observa que a medida que aumenta las adiciones al concreto la trabajabilidad disminuye.
5. El peso unitario del concreto en estado fresco disminuyó con respecto al concreto patrón en 1.31%, 3.25% y 5.78% para las proporciones de fibra de 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ respectivamente, no teniendo efecto importante en dicha propiedad, lo cual indica que el rendimiento de la mezcla de concreto no sufrirá variaciones considerables con la adición de cascarilla de arroz.
6. El peso unitario del concreto endurecido disminuyó con respecto al concreto patrón en 1.05%, 2.75% y 4.25% para las proporciones de fibra de 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ respectivamente, no teniendo efecto importante en dicha propiedad.
7. La resistencia a compresión, para el concreto elaborado con 10kg/m³ de cascarilla de arroz, presenta valores bastante cercanos a las del patrón, teniendo una disminución porcentual de 0.47% a los 28 días con respecto al patrón, es decir la resistencia no se verá afectada. Al aumentar los porcentajes de adición de 20kg/m³ y 30kg/m³ ésta disminuye considerablemente a 4.69% y 24.81% respectivamente.
8. En lo que respecta la resistencia a tracción para el concreto elaborado con 10kg/m³ de cascarilla se tiene un aumento significativo de 6.34% a los 28 días respecto del patrón, pero al aumentar los porcentajes de adición de 20kg/m³ y 30kg/m³ ésta disminuye.
9. En el análisis de fisuras se observa que el ancho de fisuras disminuye con respecto al concreto patrón en un 63.66%, 64.76% y en un 48.37% para los concretos con 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ de adición de cascarilla

de arroz respectivamente, se puede concluir que la adición de cascarilla de arroz favorece a la disminución de las fisuras originadas en el concreto.

10. El módulo de elasticidad del concreto calculado mediante el método descrito por el ACI disminuye con respecto al concreto patrón en 0.23%, 2.37%, 13.32% para las proporciones de fibra de 10kg/m³, 20kg/m³ y 30kg/m³ respectivamente. Según éste método se puede concluir que la adición de cascarilla de arroz para la dosificación de 10kg/m³ y 20kg/m³ no afecta al módulo de elasticidad, para la dosificación de 30kg/m³ influye de una manera considerable en la disminución del módulo de elasticidad del concreto.
11. En el ensayo de resistencia a la compresión bajo la Norma NTP 339.034, el tipo de falla más común observado fue el tipo 2 con un 39.62%, seguido del tipo 3 con un 33.33%, tipo 5 con 26.98%.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio de preservación de la fibra vegetal antes de adicionar al concreto convencional para aumentar su durabilidad
2. Se recomienda realizar pruebas acústicas y térmicas, para conocer a fondo este tipo de concreto y llegar a inferir sobre las aplicaciones que podría llegar a tener a nivel de productividad.
3. Se recomienda realizar estudios con los mismos porcentajes de sustitución de cascarilla de arroz por el agregado fino pero con un tamaño máximo nominal del agregado grueso más óptimo utilizando el siguiente criterio (Según Maccaferri, 2007):
TMN \geq 0.50 (Longitud de fibra), con una variación permisible de $\pm 20\%$
4. Se podrían realizar nuevos ensayos utilizando aditivos que permitan lograr mayor cohesión entre las unidades de cascarilla de arroz y la pasta de cemento.

5. Se recomienda estudiar la posibilidad de la validez de la adición de la cascarilla de arroz con concreto conformado por cemento + agregados finos con fines de controlar las fisuras.

12. El concreto fibroreforzado con cascarilla 10kg/m³ fue el más óptimo, obteniendo resistencias similares a la compresión al diseño patrón, con un incremento de resistencia a la tracción indirecta de 6.34% y con una disminución en el ancho de fisuras de 63.66% a los 28 días, por lo que recomiendo este tipo de concreto para básicamente controlar las fisuras en estructuras como: veredas, rampas peatonales, sardineles, pisos interiores, tabiques, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bizzotto, M.B, Natalini, M. B. & Gomez, G. M. (1998). *“Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular”*. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.
2. Juarez Alvarado, C. A. (2002).: *“Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lecheguilla), como materiales para construcción en México”*. Universidad Autónoma de Nueva León, México.
3. Molina Salas, E. (2010). *“Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto”*. Instituto Tecnológico de Costa Rica
4. Chur Pérez, G. (2010). *“Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería”*. Universidad de san Carlos de Guatemala.
5. Villegas Martínez, C. (2012). *“Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo”*. Universidad Nacional de Ingeniería.
6. E. Harmsen, T. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*, 4ta Edición. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

7. Hernández Montes E. & Gil Martín L. M. (2007). *Hormigón armado y pretensado concreto reforzado y preesforzado*. Granada, España: Gráficas Alhambra.
8. Abanto Castillo, F. (2001). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: Editorial San Marcos
9. Rivva López, E. (2013). *Diseño de Mezclas*, 2da Edición. Lima, Perú: Imprenta Williams E.I.R.L
10. Montalvo Guevara M. E. (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
11. Hernández Hernández, J. (2011). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plásticos*. PE:87.
12. Mendez Silva, E. A. (2012). *Propuesta para la sustitución de agregados pétreos por agregados Pet, en diseño de mezclas de concreto con resistencia de 210kg/cm² usado en banquetas, guarniciones y firmes*.
13. Maccaferri América Latina (2007). *Fibras como elemento estructural para el Refuerzo del Hormigón*. Manual técnico. Brasilia.
14. Sika Colombia S.A.S (2014). *Concreto reforzado con fibras*. Recuperado de <http://www.col.sika.co>.
15. Cobreros Rodríguez, C. *Uso de fibras vegetales procedentes de explotaciones agrícolas en la edificación sostenible*. Universidad Politécnica de Cataluña.
16. Macías Mesa, J. A., Artola Pimentel, M. & Hernández Ramos, P. J. *Utilización de fibras en hormigones*.
17. De Datta, SK. 1986. *Producción de Arroz. Fundamentos y Prácticas*. México, Editorial Limusa.

ANEXOS

ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND

Tabla 30: Principales componentes del cemento Portland (A. M. Neville y J. J. Brooks)

CEMENTO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₃ AF	CaSO ₄	CaO libre	MgO
TIPO I	59	15	12	8	2.9	0.8	2.4
TIPO II	46	29	6 – 8*	12	2.8	0.6	3.0
TIPO III	60	12	12 – 15*	8	3.9	1.3	2.6
TIPO IV	30 - 35*	40** - 46	5 – 7*	13	2.9	0.3	2.7
TIPO V	43	36	4 – 5*	12	2.7	0.4	1.6
(*) Como máximo (**) Como mínimo							

Tabla 31: Fuentes de materias primas usadas en la fabricación de cemento Pórtland (A. M. Neville y J. J. Brooks)

Hierro Fe ₂ O ₃	Yeso CaSO ₄ ·2H ₂ O	Magnesio MgO
Arcilla Ceniza de altos hornos Escoria de pirita Laminaciones de hierro Mineral de hierro Pizarras Residuos de lavado de mineral de hierro	Anhidrita Sulfato de calcio Yeso natural	Escorias Piedra caliza Roca calcárea

Tabla 32: Componentes químicos del cemento Portland (A. M. Neville y J. J. Brooks)

COMPONENTE QUÍMICO		PROCEDENCIA USUAL
95%	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Óxido de Aluminio	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio,	Minerales Varios
	Potasio, Titanio, Azufre,	
	Fósforo y Manganeso	

ANEXO II: NORMA NTE E.060 (5.3.3.2) PARA EL NÚMERO DE ESPECÍMENES ENSAYADOS

N.T.E. E.60 CONCRETO ARMADO

- 5.3.2.2 Cuando una instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos de resistencia en obra para el cálculo de S_s que se ajusten a los requisitos de 5.3.1.1 o de 5.3.1.2, f'_{cr} debe determinarse de la Tabla 5.3, y la documentación relativa a la resistencia promedio debe cumplir con los requisitos de 5.3.3.

TABLA 5.3
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,5$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,1 f'_c + 5,0$

5.3.3 Documentación de la resistencia promedio a la compresión

La documentación que justifique que la dosificación propuesta para el concreto producirá una resistencia promedio a la compresión igual o mayor que la resistencia promedio a la compresión requerida, f'_{cr} , (véase 5.3.2), debe consistir en un registro de ensayos de resistencia en obra, en varios registros de ensayos de resistencia o en mezclas de prueba.

- 5.3.3.1 Cuando se empleen registros de ensayos para demostrar que las dosificaciones propuestas para el concreto producirán la resistencia promedio requerida f'_{cr} (véase 5.3.2), dichos registros deben representar los materiales y condiciones similares a las esperadas. Los cambios en los materiales, condiciones y dosificaciones dentro de los registros de ensayos no deben ser más restrictivos que los de la obra propuesta. Con el propósito de documentar la resistencia promedio potencial, pueden aceptarse registros de ensayos que consistan en menos de 30, pero no menos de 10 ensayos consecutivos siempre que abarquen un período no menor de 45 días. La dosificación requerida para el concreto puede establecerse por interpolación entre las resistencias y las dosificaciones de dos o más registros de ensayo, siempre y cuando cumpla con los otros requisitos de esta Sección.

- 5.3.3.2 Cuando no se dispone de un registro aceptable de resultados de ensayos en obra, se permite que la dosificación del concreto se establezca con mezclas de prueba que cumplan con las siguientes restricciones:

- Los materiales deben ser los propuestos para la obra.
- Las mezclas de prueba cuyas dosificaciones y consistencias son las requeridas para la obra propuesta deben prepararse empleando al menos tres relaciones agua-material cementante o contenidos de cemento diferentes que produzcan un rango de resistencias que abarquen f'_{cr} .
- Las mezclas de prueba deben dosificarse para producir un asentamiento (*slump*) dentro de ± 20 mm del máximo permitido, y para concreto con aire incorporado, dentro de $\pm 0.5\%$ del máximo contenido de aire permitido.
- Para cada relación agua-material cementante o contenido de material cementante deben confeccionarse y curarse al menos tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory" (ASTM C 192M). Las probetas deben ensayarse a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar f'_c .
- A partir de los resultados de los ensayos de las probetas cilíndricas debe construirse una curva que muestre la correspondencia entre la relación agua-material cementante o el contenido de material cementante, y la resistencia a compresión a la edad de ensayo determinada.
- La máxima relación agua-material cementante o el mínimo contenido de material cementante para el concreto que vaya a emplearse en la obra propuesta debe ser el que indique la curva para producir el valor de f'_{cr} requerido por 5.3.2, a no ser que de acuerdo con el Capítulo 4 se indique una relación agua-material cementante menor o una resistencia mayor.

30



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org / Telefax : 421 - 7896

ANEXO III: TABLAS PARA ENSAYOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla 33: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso (NTP 400.037 – 2002)

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3½ pulg a 1½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2½ pulg a 1½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm. a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 mm. a 9.5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...
67	19.0 mm. a 4.75 mm (¾ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 mm. a 4.75 mm (1/2 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 mm. a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 mm. a 1.18 mm (3/8 pulg a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

Tabla 34 Cantidad Mínima de muestra para el ensayo (NTP 400.018 – 2013)

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	CANTIDAD MÍNIMA (gr.)
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5000

Tabla 35: Carga Abrasiva según gradación del agregado grueso (NTP 400.019 – 2002)

GRADACIÓN	N° DE ESFERAS	PESO DE LA CARGA (gr.)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	08	3330 ± 20
D	06	2500 ± 15

Tabla 36: Gradaciones de muestras de ensayo (NTP 400.019 – 2002)

TAMICES (Abertura Cuadradas)		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr.)			
PASA	RETENIDO EN	A	B	C	D
37.5 mm (1 ½")	25.4 mm (1")	1250 ± 25	---	---	---
25.4 mm (1")	19.0 mm (¾")	1250 ± 25	---	---	---
19.0 mm (¾")	12.7 mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
12.7 mm (½")	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (¼")	---	---	2500 ± 10	---
6.35 mm (¼")	4.76 mm (N° 4)	---	---	2500 ± 10	---
4.76 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	---	---	---	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Tabla 37: Límites Granulométricos recomendados para Agregado Fino (NTP 400.037 – 2002)

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA (%) LÍMITES TOTALES
9.50 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 micrones (N° 30)	25 a 60
300 micrones (N° 50)	05 a 30
150 micrones (N° 100)	0 a 10

Tabla 38: Número de capas requeridas por espécimen (NTP 339.183 – 2013)

TIPO Y TAMAÑO DE ESPECÍMENES mm (pulg.)	MODO DE CONSOLIDACIÓN	N° DE CAPAS DE APROX. IGUAL PROFUNDIDAD
CILINDROS DIÁMETROS EN mm (pulg.)		
75 a 100 (3 a 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
PRISMAS Y CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTOS PLÁSTICOS Profundidad en mm (pulg.)		
Hasta 200 (8)	Varillado	2
Más de 200 (8)	Varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Tabla 39: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba (NTP 339.183 – 2013)

CILINDRO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
ÁREA SUPERFICIAL SUPERIOR DEL ESPECÍMEN Cm ² (pulg ² .)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de Superficie.
320 (50) a más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de Superficie.
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLÁSTICO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Tabla 40: Capacidad de los recipientes de medición (NTP 339.046 – 2013)

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDICIÓN	
Pulg.	mm.	Pie ³	L
1	25.0	0.2	6
1 1/2	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 ½	112	2.5	70
6	150	3.5	100

Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar el concreto que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeños que los listados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal listado.

Tabla 41: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia (NTP 339.034 – 2013)

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	± 0.5 h ó 2.1 %
03 días	± 2.0 h ó 2.8 %
07 días	± 6.0 h ó 3.6 %
28 días	± 20 h ó 3.0 %
90 días	± 48 h ó 2.2 %

ANEXO IV: RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Tabla 42: Análisis Granulométricos del agregado fino- Ensayo 1

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites ASTM C-33
Pulg.	mm					
3/8"	9.53				100	100
N°04	4.76	20.08	4.02	4.02	95.98	95 - 100
N°08	2.38	64.24	12.85	16.86	83.14	80 - 100
N°16	1.19	115.87	23.17	40.04	59.96	50 - 85
N°30	0.59	60.63	12.13	52.16	47.84	25 - 60
N°50	0.3	103.77	20.75	72.92	27.08	10 - 30
N°100	0.15	86.15	17.23	90.15	9.85	2 - 10
N°200	0.07	24.56	4.91	95.06	4.94	
<N°200		24.70	4.94	100.00	0.00	
Peso Inicial (g)		500.00				
Módulo de fineza: 2.76%						

Gráfico 18: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo 1

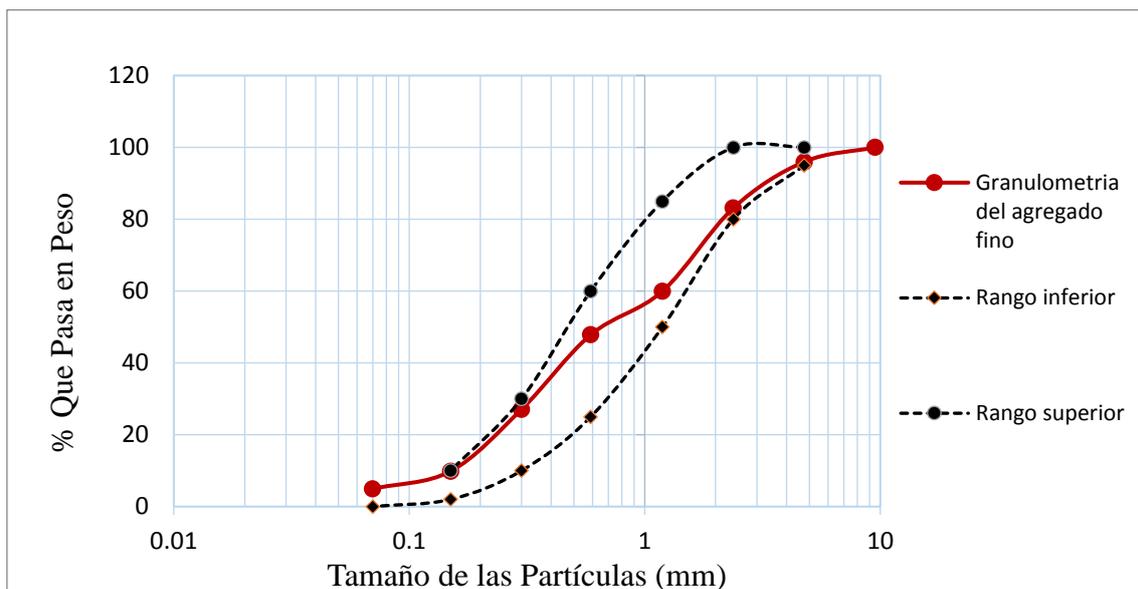


Tabla 43: Análisis Granulométricos del agregado fino- Ensayo 2

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Limites ASTM C-33
Pulg.	mm					
3/8"	9.53				100	100
N°04	4.76	14.97	2.99	2.99	97.01	95 - 100
N°08	2.38	56.22	11.24	14.24	85.76	80 - 100
N°16	1.19	85.72	17.14	31.38	68.62	50 - 85
N°30	0.59	65.14	13.03	44.41	55.59	25 - 60
N°50	0.3	135.45	27.09	71.50	28.50	10 -30
N°100	0.15	94.25	18.85	90.35	9.65	2 - 10
N°200	0.07	23.96	4.79	95.14	4.86	
<N°200		24.29	4.86	100.00	0.00	
Peso Inicial (g)		500.00				
Módulo de fineza: 2.55 %						

Gráfico 19: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo 2

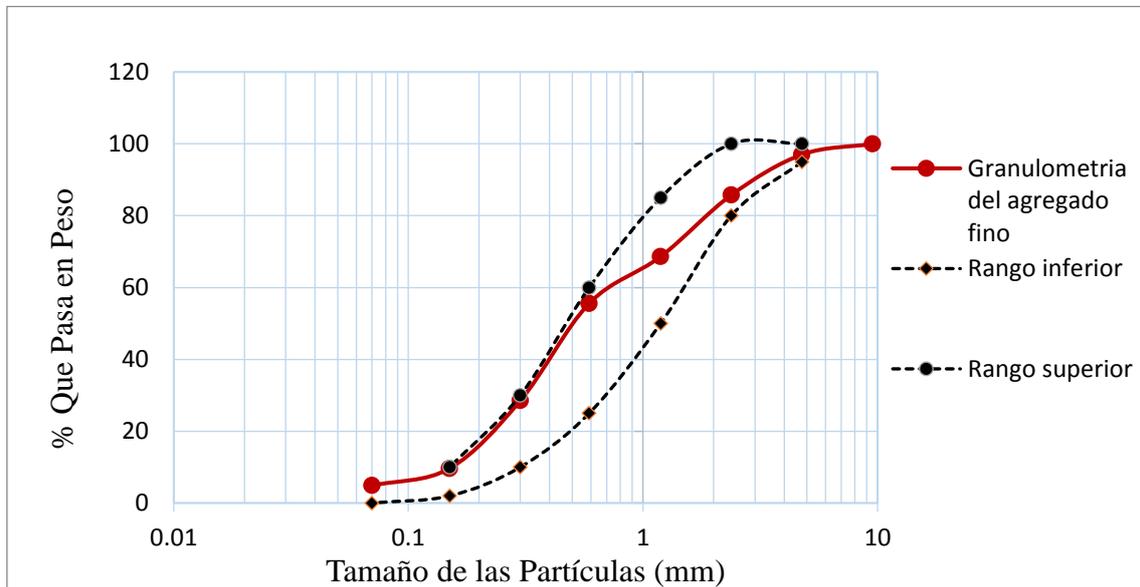


Tabla 44: Análisis Granulométricos del agregado fino- Ensayo 3

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites ASTM C-33	
Pulg.	mm						
3//8"	9.53				100	100	
N°04	4.76	15.83	3.17	3.17	96.83	95 - 100	
N°08	2.38	62.38	12.48	15.64	84.36	80 - 100	
N°16	1.19	98.29	19.66	35.30	64.70	50 - 85	
N°30	0.59	47.64	9.53	44.83	55.17	25 - 60	
N°50	0.3	132.16	26.43	71.26	28.74	10 -30	
N°100	0.15	96.45	19.29	90.55	9.45	2 - 10	
N°200	0.07	24.24	4.85	95.40	4.60		
<N°200		23.01	4.60	100.00	0.00		
Peso Inicial (g)		500.00					
Módulo de fineza: 2.61 %							

Gráfico 20: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo 3

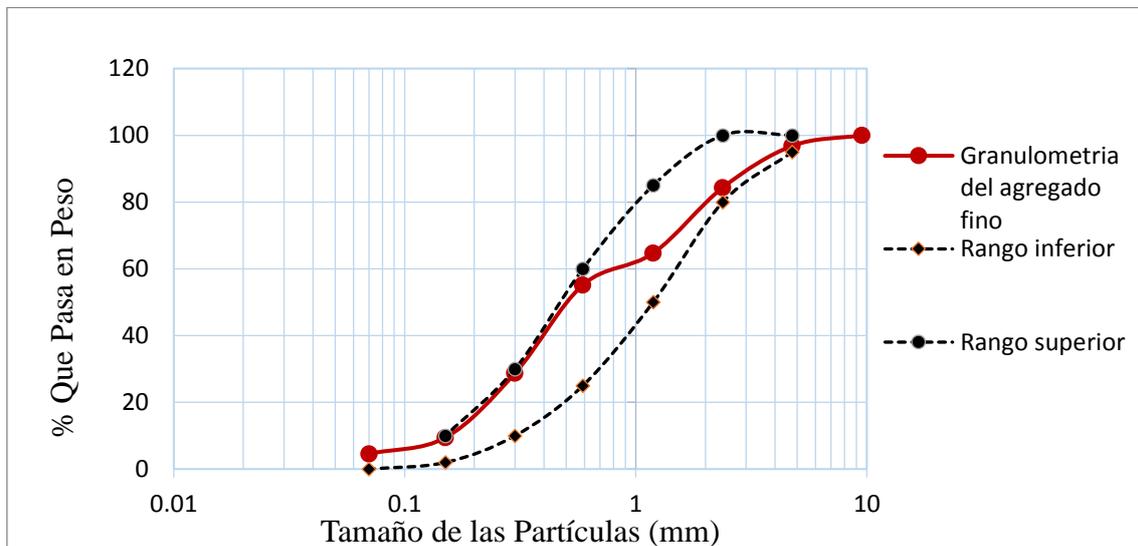


Tabla 45: Promedio del módulo de finura del agregado fino

MODULO DE FINURA PROMEDIO			
N° Ensayo	1	2	3
Módulo de finura	2.76 %	2.55 %	2.61 %
Módulo de finura promedio	2.64 %		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 46: Análisis Granulométricos del agregado grueso- Ensayo 1

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	ASTM C-33 Huso 56	
Pulg.	mm					Mínimo	Máximo
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.40	712	8.90	8.90	91.10	90	100
3/4"	19.05	2357	29.46	38.36	61.64	40	85
1/2"	12.70	3560	44.50	82.86	17.14	10	40
3/8"	9.53	1262	15.78	98.64	1.36	0	15
N°04	4.76	100	1.25	99.89	0.11	0	5
FONDO		9	0.11				
Peso Inicial (g)		8000	8000	100.00			
Módulo de fineza:					7.37		

Gráfico 21: Curva granulométrica del agregado grueso- Ensayo 1

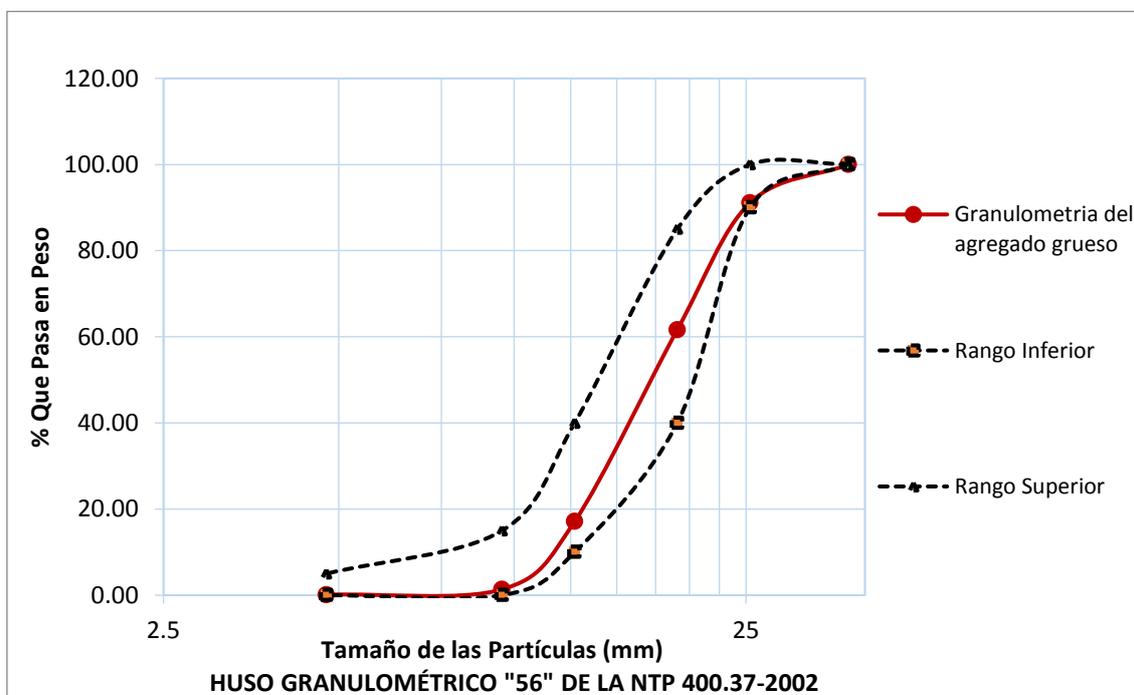


Tabla 47: Análisis Granulométricos del agregado grueso- Ensayo 2

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	ASTM C-33 Huso 56	
Pulg.	mm					Mínimo	Máximo
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.40	715	8.94	8.94	91.06	90	100
3/4"	19.05	2341	29.26	38.20	61.80	40	85
1/2"	12.70	3525	44.06	82.26	17.74	10	40
3/8"	9.53	1301	16.26	98.53	1.47	0	15
N°04	4.76	107	1.34	99.86	0.14	0	5
FONDO		11	0.14				
Peso Inicial (g)		8000	0	0.00	0.00	100.00	
Módulo de fineza:					7.37		

Gráfico 22: Curva granulométrica del agregado grueso- Ensayo 2

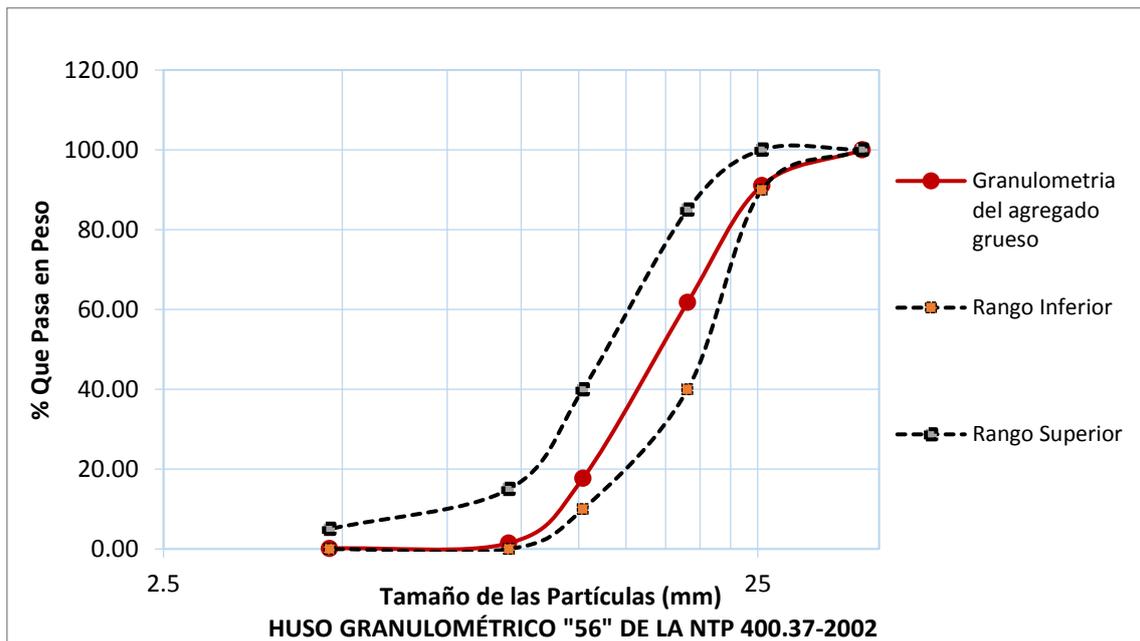


Tabla 48: Análisis Granulométricos del agregado grueso- Ensayo 3

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	ASTM C-33 Huso 56	
Pulg.	mm					Mínimo	Máximo
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.40	720	9.00	9.00	91.00	90	100
3/4"	19.05	2330	29.13	38.13	61.88	40	85
1/2"	12.70	3519	43.99	82.11	17.89	10	40
3/8"	9.53	1312	16.40	98.51	1.49	0	15
N°04	4.76	107	1.34	99.85	0.15	0	5
FONDO		12	0.15	100.00			
Peso Inicial (g)		8000					
					Módulo de fineza:	7.36	

Gráfico 23: Curva granulométrica del agregado grueso- Ensayo 3

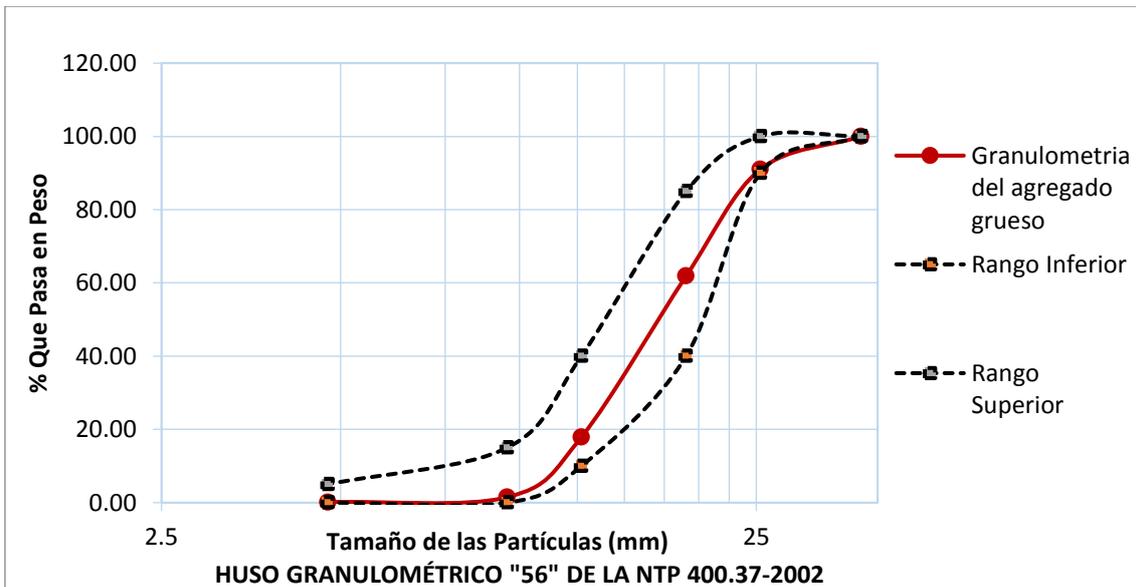


Tabla 49: Promedio del módulo de finura del agregado grueso

A.S.T.M. C 117			
N° ENSAYO	1	2	3
MODULO DE FINURA	7.37 %	7.37 %	7.36 %
MODULO DE FINURA PROMEDIO	7.37 %		

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

Tabla 50: Peso específico y absorción del agregado fino

ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) A	493.0	493.0	492.5	
Peso del picnómetro lleno de agua (gr) B	1300.0	1298.0	1300.0	
Peso total del picnómetro aforado con muestra y lleno de agua (gr) C	1615.0	1614.0	1613.5	
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) D	500.0	500.0	500.0	
Peso específico (gr/cm ³) $Pe = A/(B+D-C)$	2.66	2.68	2.64	2.66
Peso específico saturado superficialmente seco (gr/cm ³) $Pe.sss = D/(B+D-C)$	2.70	2.72	2.68	2.70
Peso específico aparente (gr/cm ³) $Pe.a = A/(A+B-C)$	2.77	2.79	2.75	2.77
Absorción (%) $a = (D-A)/A$	1.42	1.42	1.52	1.45

Tabla 51: Peso específico y absorción del agregado grueso

ensayo n°	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) A	3995.00	4242.00	4080.00	
Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr) B	4028.00	4278.00	4114.00	
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr) C	2510.00	2680.00	2550.00	
Peso específico (gr/cm ³) $Pe = A/(B-C)$	2.63	2.66	2.61	2.63
Peso específico saturado superficialmente seco $Pe.sss = B/(B-C)$	2.65	2.68	2.63	2.65
Peso específico aparente $Pe.a = A/(A-C)$	2.69	2.72	2.67	2.69
Absorción (%) $a = (B-A)/A$	0.83	0.85	0.83	0.84

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

Tabla 52: Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
MATERIAL	ARENA		PIEDRA CHANCADA	
N° ENSAYO	1	2	1	2
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)	2000	2000	3000	3000
PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	1935.62	1941.24	2985	2978
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.33	3.03	0.50	0.74
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.18		0.62	

PESOS UNITARIOS SUELTOS Y COMPACTADOS DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

Tabla 53: Peso unitario suelto del agregado fino y agregado grueso

Material	Arena			Piedra chancada		
N° Ensayo	1	2	3	1	2	3
Peso del molde + Peso de la muestra (g)	29000	28855	28750	26105	25655	25410
Peso del molde (g)	6600	6600	6600	6600	6600	6600
Peso de la muestra (g)	22400	22255	22150	19505	19055	18810
Volumen del molde (cm ³)	14000	14000	14000	14000	14000	14000
Peso unitario suelto (kg/cm ³)	1600	1590	1582	1393	1361	1344
Peso Unitario suelto Promedio (g/cm ³)	1595			1366		

Tabla 54: Peso unitario compactado del agregado fino y agregado grueso

Material	Arena			Piedra chancada		
N° Ensayo	1	2	3	1	2	3
Peso del molde + Peso de la muestra (g)	29740	29600	29560	27530	27540	27800
Peso del molde (g)	6600	6600	6600	6600	6600	6600
Peso de la muestra (g)	23140	23000	22960	20930	20940	21200
Volumen del molde (cm ³)	14000	14000	14000	14000	14000	14000
Peso unitario compactado (kg/cm ³)	1653	1643	1640	1495	1496	1514
Peso unitario compactado promedio	1648			1502		

MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 PARA EL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

Tabla 55: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado fino

MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200			
A.S.T.M. C 117			
N° ENSAYO	1	2	3
PESO INICIAL SECO (gr)	500	500	500
PESO FINAL SECO, DESPUES DE LAVADO (gr)	475.30	475.71	476.99
MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (%)	4.94	4.86	4.60

Tabla 56: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado grueso

MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 200			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
PESO DE MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO (gr)	10562	10243	10750
PESO DE MUESTRA SECA DESPUÉS DEL ENSAYO (gr)	10525	10208	10709
PESO DE LAS PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	37	35	41
% DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	0.35%	0.34%	0.38%
% PROM. DE PARTÍCULAS MENORES TAMIZ N° 200	0.36%		

Tabla 57: cantidad de muestra de agregado para el ensayo de abrasión

TAMICES		GRADACION	N° DE ENSAYOS		
ABERTURA	RETENIDO EN	gr	1	2	3
1 1/2"	1"	1250± 25	1251	1255	1252
1"	3/4"	1250± 25	1253	1257	1251
3/4"	1/2"	1250± 10	1250	1253	1240
1/2"	3/8"	1250± 10	1242	1245	1247
TOTAL		5000±10	5010	4996	5010

Tabla 58: Porcentaje de abrasión

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso original de la Muestra (gr.)	4996	5010	4990
Peso final de la Muestra (gr.)	3900	3846	3753
Peso del desgaste del agregado	1096	1164	1237
% DE ABRASIÓN	21.94%	23.23%	24.79%
% PROMEDIO DE ABRASIÓN	23.32%		

ANEXO V: RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECÁNICAS DE LA FIBRA VEGETAL (CASCARILLA DE ARROZ)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Tabla 59: Análisis Granulométricos de la Cascarilla de Arroz- Ensayo 1

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm				
3/8"	9.53				100
N°04	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
N°08	2.38	11.80	7.87	7.87	92.13
N°16	1.19	117.00	78.00	85.87	14.13
N°30	0.59	17.26	11.51	97.37	2.63
N°50	0.3	1.10	0.73	98.11	1.89
N°100	0.15	0.30	0.20	98.31	1.69
N°200	0.07	0.01	0.01	98.31	1.69
<N°200		2.53	1.69	100.00	0.00
Peso Inicial (g)		150.00			
Módulo de fineza: 3.88%					

Gráfico 24: Curva granulométrica de la Cascarilla de Arroz- Ensayo 1

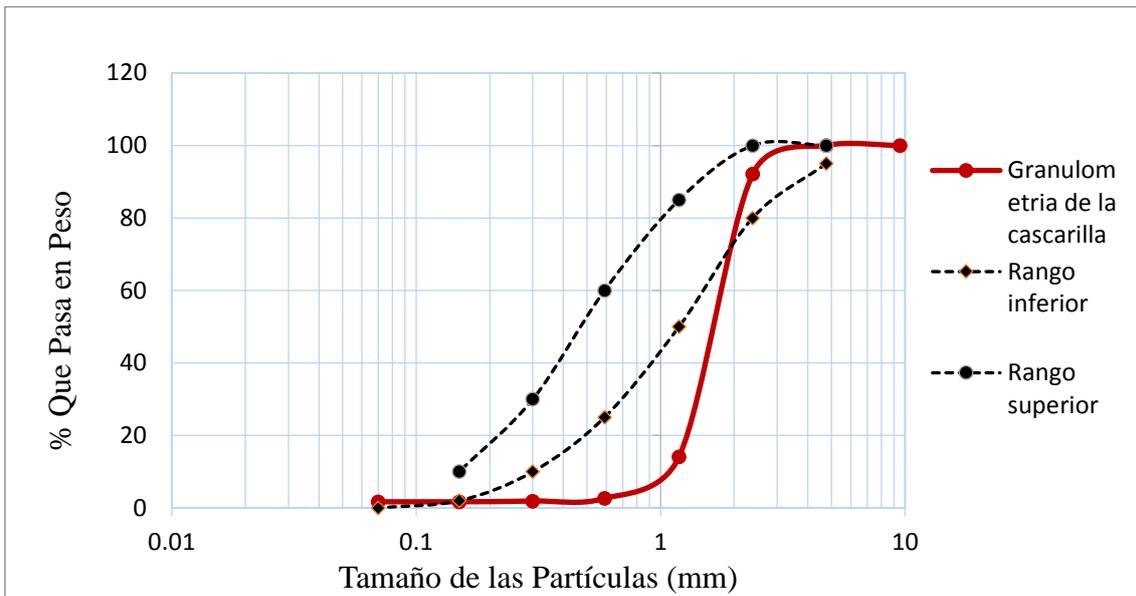


Tabla 60: Análisis Granulométricos de la Cascarilla de Arroz - Ensayo 2

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm				
3/8"	9.53				100
N°04	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
N°08	2.38	10.50	7.00	7.00	93.00
N°16	1.19	117.91	78.61	85.61	14.39
N°30	0.59	18.00	12.00	97.61	2.39
N°50	0.3	1.03	0.69	98.29	1.71
N°100	0.15	0.25	0.17	98.46	1.54
N°200	0.07	0.01	0.01	98.47	1.53
<N°200		2.30	1.53	100.00	0.00
Peso Inicial (g)		1500.00			
Módulo de fineza: 3.87 %					

Gráfico 25: Curva granulométrica de la Cascarilla de Arroz - Ensayo 2

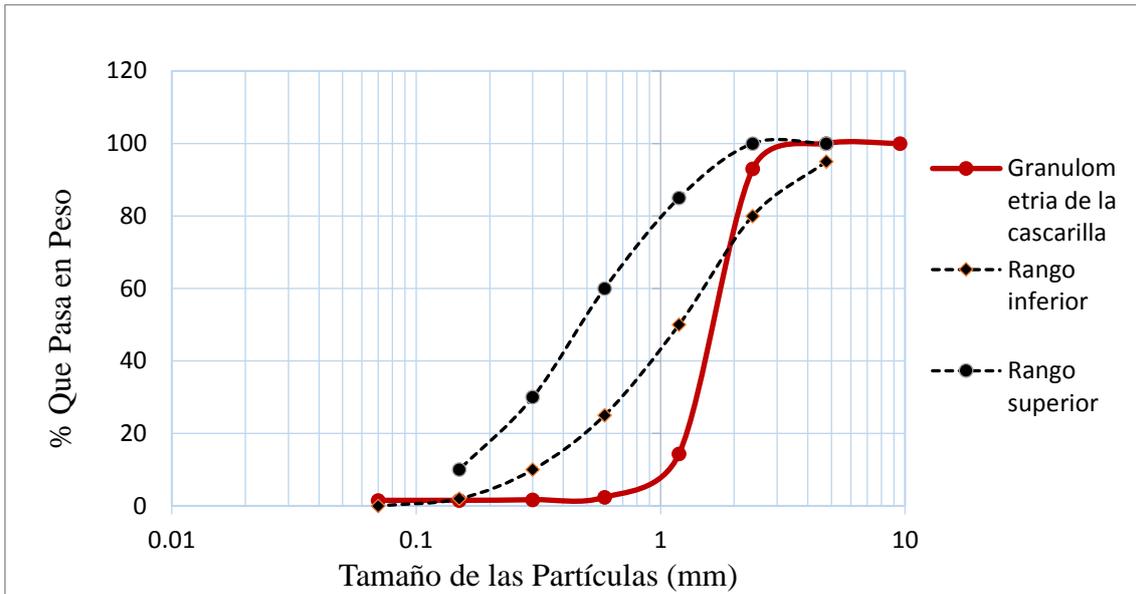


Tabla 61: Análisis Granulométricos de la Cascarilla de Arroz- Ensayo 3

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm				
3//8"	9.53				100
N°04	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
N°08	2.38	9.80	6.53	6.53	93.47
N°16	1.19	119.50	79.67	86.20	13.80
N°30	0.59	15.69	10.46	96.66	3.34
N°50	0.3	1.20	0.80	97.46	2.54
N°100	0.15	1.35	0.90	98.36	1.64
N°200	0.07	0.01	0.01	98.37	1.63
<N°200		2.45	1.63	100.00	0.00
Peso Inicial (g)		150.00			
Módulo de fineza: 3.85 %					

Gráfico 26: Curva granulométrica de la Cascarilla de Arroz - Ensayo 3

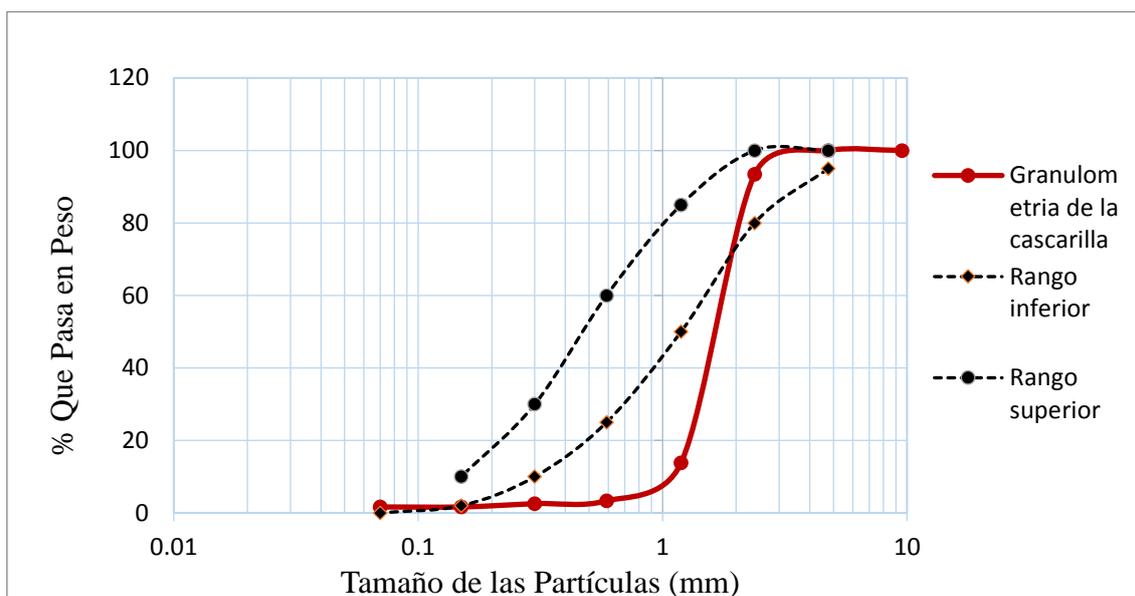


Tabla 62: Promedio del módulo de finura de la Cascarilla de Arroz

MODULO DE FINURA PROMEDIO			
N° ENSAYO	1	2	3
MODULO DE FINURA	3.88 %	3.87 %	3.85 %
MODULO DE FINURA PROMEDIO	3.87 %		

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA FIBRA VEGETAL

Tabla 63: Peso específico y absorción de la Cascarilla de Arroz

ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) A	50.0	50.0	50.0	
Peso del picnómetro lleno de agua (gr) B	898.7	898.0	899.0	
Peso total del picnómetro aforado con muestra y lleno de agua (gr) C	905.0	904.0	907.0	
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) D	86.5	86.0	85.5	
Peso específico (gr/cm ³) $Pe = A/(B+D-C)$	0.62	0.63	0.65	0.63
Peso específico saturado superficialmente seco (gr/cm ³) $Pe.sss = D/(B+D-C)$	1.08	1.08	1.10	1.09
Peso específico aparente (gr/cm ³) $Pe.a = A/(A+B-C)$	1.14	1.14	1.19	1.16
Absorción (%) $a = (D-A)/A$	73.00	72.00	71.00	72.00

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA FIBRA VEGETAL

Tabla 64: Contenido de humedad de la Cascarilla de Arroz

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		
MATERIAL	CASCARA DE ARROZ	
N° ENSAYO	1	2
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)	500	500
PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	453.92	453.54
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.15	10.24
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	10.20	

PESOS UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Tabla 65: Peso unitario suelto de la cascarilla de arroz

Material	Cascarilla de Arroz		
N° Ensayo	1	2	3
Peso del molde + Peso de la muestra (gr)	4191	4191	4191
Peso del molde (gr)	4462	4451	4465
Peso de la muestra (gr)	271	260	274
Volumen del molde (cm ³)	0.357	0.357	0.357
Peso unitario suelto (kg/m ³)	96.75	92.82	97.82
Peso Unitario suelto Promedio (kg/m ³)	96		

Tabla 66: Peso unitario compactado de la cascarilla de arroz

Material	Cascarilla de Arroz		
N° Ensayo	1	2	3
Peso del molde + Peso de la muestra (gr)	4191	4191	4191
Peso del molde (gr)	4559	4574	4563
Peso de la muestra (gr)	368	383	372
Volumen del molde (cm ³)	0.357	0.357	0.357
Peso unitario compactado (kg/m ³)	131.38	136.73	132.80
Peso unitario compactado Promedio (kg/m ³)	134		

MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 PARA LA FIBRA VEGETAL

Tabla 67: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para la Cascarilla de Arroz

MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200			
A.S.T.M. C 117			
N° ENSAYO	1	2	3
Peso inicial seco (gr)	150	150	150
Peso final seco, después de lavado (gr)	147.47	147.70	147.55
Material fino que pasa el tamiz n° 200 (%)	1.69	1.53	1.63

ANEXO VI: ANALISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE CENIZA DE LA FIBRA VEGETAL (CASCARILLA DE ARROZ)



ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
DE SUELOS Y AGUAS

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 1308-2016

Tesista : Edwin Rimay Vásquez
 Dirección : Micaela Bastidas 1213-Jaén Cajamarca
 Fecha de recepción : 29/04/2017
 Proyecto de Tesis : Diseño de Concreto Fibroreforzado de $F_c=250 \text{ K/cm}^2$ con Fibra Vegetal en la Ciudad de Jaén

I.- Datos de la muestra

Tipo de Muestra : Cáscara de Arroz y Ceniza de Cáscara de Arroz
 Fecha y Hora de muestreo : 28/04/2017 08:00 a.m.
 Distrito : Jaén
 Provincia : Jaén
 Departamento : Cajamarca

II.- Resultados

Análisis Físico de Cáscara de Arroz	Resultados
Humedad (%)	10.1

Análisis Físicoquímico de Ceniza de Cáscara de Arroz	Resultados
Potencial de Iones Hidrógeno (pH)	9.82
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	870.00

Análisis Orgánico de Cáscara de Arroz	Resultados
Lignina (%)	18
Celulosa (%)	25

Análisis Químico de Ceniza	Resultado
Oxido Férrico ($\% \text{Fe}_2\text{O}_3$)	0.10
Oxido de Calcio ($\% \text{CaO}$) soluble en agua	0.20
Oxido de Silicio ($\% \text{SiO}_2$)	90.00



Jorge A. Delgado Soto
ING. RESPONSABLE
CIP. 56757




Pasaje San Pedro 113 - Morro Solar
Jaén - Cajamarca
Cel. 970911920 RPM: #897500 / #975609564

ANEXO VII: INFORME DE CONTROL DE TEMPERATURA DE HORNO ARTESANAL, DEL CUAL SE OBTUVO LA CENIZA DE LA FIBRA



INFORME-N° 1309-2017-CONTROL DE TEMPERATURA HORNO ARTESANAL

Sr. Bach. Edwin Rimay Vásquez

Por el presente informe le hacemos llegar los resultados de las mediciones de temperatura en el horno artesanal, para quema de ladrillo ubicada en la tercera etapa del asentamiento humano Fila Alta, del distrito de Jaén, Provincia de Jaén, Región Cajamarca.

Equipo	Marca	Modelo	Serie
Pirómetro	Profesional Instrument Manufacturers RoHS	Thermocouple Thermometers	201608022535

Características del Horno artesanal para la calcinación de ladrillos

Nombre : Ladrillera Llanos

Altura : 3.0 m.

Ancho : 2.5 m

Largo : 2.0 m

Capacidad : 10 millares de ladrillos

Puntos de Mediciones	Temperatura °C
A 1.50 m. del Suelo	1020
A 3.00 m. del Suelo	625

Sin otro en particular nos despedimos de Usted

Atentamente:


Jorge A. Delgado Soto
ING. RESPONSABLE
CIP. 56757



ANEXO VIII: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO EN LOS ENSAYOS



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

CEMENTO EXTRAFORTE
Cemento Portland Compuesto Tipo ICo
Conforme a la NTP 334.090
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
---------------------	--	-------	--------------------------

MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.4	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
---------------------	--	-------	--------------------------

Contenido de Aire	%	4	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	5640	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	4.2	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.05	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	23.4 (239)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	29.6 (302)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm ²)	36.7 (374)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	134	Mínimo 45
Fraguado Final	min	290	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Junio 2016

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello

Solicitado por : **Superintendente de Control de Calidad**
Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

ANEXO IX: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Tabla 68: Resistencia a la compresión promedio (NTP E-060)

$f'c$ (kg / cm ²)	$f'cr$ (kg / cm ²)
Menor de 214.20	$f'c + 71.4$
214.20 a 357.00	$f'c + 86.7$
Mayor de 357.00	$1.1f'c + 51$

Tabla 69: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada (Riva López, E. 2013)

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado	0" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Contenido de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con aire incorporado	0" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
	Contenido de aire total	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Tabla 70: Relación agua/cemento (a/c) del concreto por resistencia (Riva López, E. 2013)

Relación Agua/Cemento	RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DÍAS	
	Sin Aire incorporado	Con Aire incorporado
0.35	420	335
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	180
0.71	175	140
0.80	140	110

Tabla 71: Módulo de finura de la combinación de agregados “mc” (Riva López, E. 2013)

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN Saco / m3 INDICADOS.			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.89
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.38

Nota: Estos valores de la tabla están referidos al agregado grueso, adecuadamente graduado con un contenido de vacíos del orden del 35% .Los valores deben incrementarse o disminuirse en porcentaje de vacíos 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos. Los valores de la tabla anterior pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas pavimentos e estructuras ciclópeas si las condiciones de colocación son favorables estos valores pueden ser incrementados en 0.2.

ANEXO X: TANDAS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE PROBRETAS

Tabla 72: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 10 de Junio del 2017

		10kg/m3	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 363.73	363.73 Kg/m3
	Agua de diseño	: 214.60	214.60 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 789.34	770.10 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 932.07	932.07 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.10	2.10 %
	Agregado Grueso	: 0.63	0.63 %
	Adición	: 10.2	10.2
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.45	1.45 %
	Agregado Grueso	: 0.84	0.84 %
	Cascarilla	: 72.00	72.00
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 805.90	786.30 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 937.90	937.90 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 0.65	0.65 %
	Agregado Grueso	: -0.21	-0.21 %
	Cascarilla	: -61.80	-61.80
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 5.10	5.00 lt/m3
	Agregado Grueso	: -2.00	-2.00 lt/m3
	Cascarilla	: 0.00	-6.20 lt/m3
	Aporte Total	: 3.10	-3.20 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 211.50	217.80 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 363.73	363.73 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 211.50	217.80 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 805.90	786.30 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 937.90	937.90 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00 Kg/m3

Tabla 73: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 13 de Junio del 2017

		10kg/m3	20kg/m3	30kg/m3	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua de diseño	: 214.60	214.60	214.60	214.60 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 789.34	770.10	750.86	731.61 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 932.07	932.07	932.07	932.07 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.02	2.02	2.02	2.02 %
	Agregado Grueso	: 0.62	0.62	0.62	0.62 %
	Adición	10.2	10.2	10.2	10.2
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.45	1.45	1.45	1.45 %
	Agregado Grueso	: 0.84	0.84	0.84	0.84 %
	Cascarilla	72.00	72.00	72.00	72.00
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 805.30	785.70	766.00	746.40 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 937.90	937.90	937.90	937.90 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 0.57	0.57	0.57	0.57 %
	Agregado Grueso	: -0.22	-0.22	-0.22	-0.22 %
	Cascarilla	-61.80	-61.80	-61.80	-61.80
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 4.50	4.40	4.30	4.20 lt/m3
	Agregado Grueso	: -2.10	-2.10	-2.10	-2.10 lt/m3
	Cascarilla	0.00	-6.20	-12.40	-18.50 lt/m3
	Aporte Total	: 2.40	-3.90	-10.20	-16.40 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 212.20	218.50	224.80	231.00 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 212.20	218.50	224.80	231.00 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 805.30	785.70	766.00	746.40 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 937.90	937.90	937.90	937.90 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3

Tabla 74: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 15 de Junio del 2017

		10kg/m3	20kg/m3	30kg/m3	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua de diseño	: 214.60	214.60	214.60	214.60 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 789.34	770.10	750.86	731.61 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 932.07	932.07	932.07	932.07 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 1.95	1.95	1.95	1.95 %
	Agregado Grueso	: 0.58	0.58	0.58	0.58 %
	Adición	10.2	10.2	10.2	10.2
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.45	1.45	1.45	1.45 %
	Agregado Grueso	: 0.84	0.84	0.84	0.84 %
	Cascarilla	72.00	72.00	72.00	72.00
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 804.70	785.10	765.50	745.90 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 937.50	937.50	937.50	937.50 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 0.50	0.50	0.50	0.50 %
	Agregado Grueso	: -0.26	-0.26	-0.26	-0.26 %
	Cascarilla	-61.80	-61.80	-61.80	-61.80
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 3.90	3.90	3.80	3.70 lt/m3
	Agregado Grueso	: -2.40	-2.40	-2.40	-2.40 lt/m3
	Cascarilla	0.00	-6.20	-12.40	-18.50 lt/m3
	Aporte Total	: 1.50	-4.70	-11.00	-17.20 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 213.10	219.30	225.60	231.80 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 213.10	219.30	225.60	231.80 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 804.70	785.10	765.50	745.90 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 937.50	937.50	937.50	937.50 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3

Tabla 75: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 20 de Junio del 2017

		10kg/m3	20kg/m3	30kg/m3	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua de diseño	: 214.60	214.60	214.60	214.60 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 789.34	770.10	750.86	731.61 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 932.07	932.07	932.07	932.07 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 1.50	1.50	1.50	1.50 %
	Agregado Grueso	: 0.48	0.48	0.48	0.48 %
	Adición	10.2	10.2	10.2	10.2
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.45	1.45	1.45	1.45 %
	Agregado Grueso	: 0.84	0.84	0.84	0.84 %
	Cascarilla	72.00	72.00	72.00	72.00
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 801.20	781.60	762.10	742.60 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 936.50	936.50	936.50	936.50 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 0.05	0.05	0.05	0.05 %
	Agregado Grueso	: -0.36	-0.36	-0.36	-0.36 %
	Cascarilla	-61.80	-61.80	-61.80	-61.80
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 0.40	0.40	0.40	0.40 lt/m3
	Agregado Grueso	: -3.40	-3.40	-3.40	-3.40 lt/m3
	Cascarilla	0.00	-6.20	-12.40	-18.50 lt/m3
	Aporte Total	: -3.00	-9.20	-15.40	-21.50 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 217.60	223.80	230.00	236.10 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 217.60	223.80	230.00	236.10 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 801.20	781.60	762.10	742.60 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 936.50	936.50	936.50	936.50 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3

Tabla 76: Corrección por Humedad de los Agregados utilizados para la elaboración del concreto - 23 de Junio del 2017

		10kg/m3	20kg/m3	30kg/m3	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua de diseño	: 214.60	214.60	214.60	214.60 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 789.34	770.10	750.86	731.61 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 932.07	932.07	932.07	932.07 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 1.20	1.20	1.20	1.20 %
	Agregado Grueso	: 0.38	0.38	0.38	0.38 %
	Adición	10.2	10.2	10.2	10.2
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.45	1.45	1.45	1.45 %
	Agregado Grueso	: 0.84	0.84	0.84	0.84 %
	Cascarilla	72.00	72.00	72.00	72.00
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 798.80	779.30	759.90	740.40 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 935.60	935.60	935.60	935.60 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: -0.25	-0.25	-0.25	-0.25 %
	Agregado Grueso	: -0.46	-0.46	-0.46	-0.46 %
	Cascarilla	-61.80	-61.80	-61.80	-61.80
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: -2.00	-1.90	-1.90	-1.80 lt/m3
	Agregado Grueso	: -4.30	-4.30	-4.30	-4.30 lt/m3
	Cascarilla	0.00	-6.20	-12.40	-18.50 lt/m3
	Aporte Total	: -6.30	-12.40	-18.60	-24.60 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 220.90	227.00	233.20	239.20 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 363.73	363.73	363.73	363.73 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 220.90	227.00	233.20	239.20 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 798.80	779.30	759.90	740.40 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 935.60	935.60	935.60	935.60 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	10.00	20.00	30.00 Kg/m3

ANEXO XI: RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS

Tabla 77: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión del concreto patrón

RESULTADO DE CONCRETO PATRON																			
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	R L/D	Factor Correc.	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm2)	f'c Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V
1	CP 1	10/06/2017	17/06/2017	7	30.05	15.200	1.98	1	356.71	36362	12.75	2338.31	5	200.39	202.18	1.80	Excelente	0.89	Excelente
2	CP 2	10/06/2017	17/06/2017	7	29.90	15.020	1.99	1	354.25	36111	12.55	2368.95	2	203.81					
3	CP 3	10/06/2017	17/06/2017	7	30.20	14.980	2.02	1	344.86	35154	12.70	2386.14	3	199.47					
4	CP 4	10/06/2017	17/06/2017	7	30.20	14.980	2.02	1	350.00	35678	12.65	2376.75	5	202.44					
5	CP 5	10/06/2017	17/06/2017	7	29.80	15.030	1.98	1	353.12	35996	12.55	2373.74	2	202.89					
6	CP 6	10/06/2017	17/06/2017	7	30.40	15.000	2.03	1	354.51	36138	12.75	2373.43	5	204.50					
7	CP 7	10/06/2017	17/06/2017	7	29.90	15.050	1.99	1	352.11	35893	12.50	2350.11	3	201.77					
8	CP 1	13/06/2017	27/06/2017	14	30.20	14.990	2.01	1	441.50	45005	12.64	2371.70	5	255.02	253.65	1.52	Excelente	0.60	Excelente
9	CP 2	13/06/2017	27/06/2017	14	29.90	15.020	1.99	1	440.25	44878	12.60	2378.39	2	253.29					
10	CP 3	13/06/2017	27/06/2017	14	30.10	14.970	2.01	1	435.10	44353	12.53	2365.18	6	252.00					
11	CP 4	13/06/2017	27/06/2017	14	30.10	15.030	2.00	1	439.00	44750	12.54	2348.20	5	252.23					
12	CP 5	13/06/2017	27/06/2017	14	29.70	14.980	1.98	1	440.05	44857	12.42	2372.82	3	254.53					
13	CP 6	13/06/2017	27/06/2017	14	30.10	14.920	2.02	1	438.91	44741	12.46	2367.76	6	255.91					
14	CP 7	13/06/2017	27/06/2017	14	29.80	15.080	1.98	1	442.50	45107	12.52	2352.38	2	252.56					
15	CP 1	15/06/2017	13/07/2017	28	29.80	15.150	1.97	1	502.41	51214	12.68	2360.48	6	284.11	285.90	5.34	Excelente	1.87	Excelente
16	CP 2	15/06/2017	13/07/2017	28	29.95	15.040	1.99	1	503.12	51286	12.51	2351.19	5	288.69					
17	CP 3	15/06/2017	13/07/2017	28	30.10	14.980	2.01	1	504.00	51376	12.52	2360.14	6	291.51					
18	CP 4	15/06/2017	13/07/2017	28	29.80	15.200	1.96	1	490.24	49973	12.80	2367.17	6	275.41					
19	CP 5	15/06/2017	13/07/2017	28	30.10	14.940	2.01	1	498.32	50797	12.55	2378.48	6	289.78					
20	CP 6	15/06/2017	13/07/2017	28	29.80	14.990	1.99	1	497.11	50674	12.48	2373.11	5	287.15					
21	CP 7	15/06/2017	13/07/2017	28	30.00	15.100	1.99	1	500.02	50970	12.73	2369.61	5	284.63					

Tabla 78: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 10kg/m3 de adición de cascarilla arroz

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DE 10KG/M3 DE CASCARILLA DE ARROZ																			
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	R L/D	Factor Correc.	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm2)	f'c Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V
1	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.01	15.170	1.98	1	361.54	36854	12.69	2339.63	2	203.91	200.90	6.84	Excelente	3.40	Bueno
2	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.07	15.060	2.00	1	341.58	34820	12.52	2337.46	3	195.48					
3	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.02	14.980	2.00	1	340.02	34661	12.40	2343.74	2	196.67					
4	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.12	15.020	2.01	1	367.30	37441	12.49	2340.40	3	211.32					
5	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	29.98	15.010	2.00	1	331.62	33804	12.41	2339.38	2	191.04					
6	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	29.84	14.970	1.99	1	352.18	35900	12.30	2341.99	3	203.97					
7	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.01	15.010	2.00	1	354.00	36086	12.45	2344.58	3	203.94					
8	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	30.10	14.880	2.02	1	433.26	44165	12.25	2340.38	2	253.98	252.52	2.75	Excelente	1.09	Excelente
9	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	29.70	14.940	1.99	1	435.15	44358	12.20	2343.29	2	253.04					
10	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	29.98	14.970	2.00	1	432.04	44041	12.35	2340.53	3	250.23					
11	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	30.11	14.940	2.02	1	430.31	43864	12.37	2343.58	2	250.23					
12	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	30.10	14.860	2.03	1	428.00	43629	12.21	2339.02	3	251.57					
13	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	30.13	14.920	2.02	1	430.07	43840	12.34	2342.46	3	250.76					
14	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	29.99	14.970	2.00	1	445.21	45383	12.35	2339.75	2	257.85					
15	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.02	14.960	2.01	1	490.57	50007	12.35	2340.54	3	284.51	284.57	4.44	Excelente	1.56	Excelente
16	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.20	14.940	2.02	1	498.48	50813	12.39	2340.38	3	289.87					
17	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.13	14.970	2.01	1	498.40	50805	12.41	2340.19	3	288.66					
18	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	29.94	14.950	2.00	1	476.28	48550	12.30	2340.42	2	276.59					
19	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.20	14.970	2.02	1	486.48	49590	12.45	2342.30	3	281.76					
20	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	29.98	14.950	2.01	1	492.50	50204	12.32	2341.10	3	286.01					
21	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	29.89	14.980	2.00	1	492.00	50153	12.33	2340.65	2	284.57					

Tabla 79: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 20kg/m3 de adición de cascarilla arroz

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DE 20KG/M3 DE CASCARILLA DE ARROZ																			
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	R L/D	Factor Correc.	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm2)	f'c Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V
1	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.05	15.083	1.99	1	355.18	36206	12.40	2309.54	5	202.64	195.96	5.47	Excelente	2.79	Muy bueno
2	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.15	15.164	1.99	1	329.98	33637	12.44	2284.70	2	186.26					
3	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	29.70	14.940	1.99	1	345.00	35168	12.00	2304.87	2	200.62					
4	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.20	14.945	2.02	1	331.80	33823	12.20	2302.95	5	192.81					
5	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	29.90	14.991	1.99	1	336.12	34263	12.14	2300.43	3	194.13					
6	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.10	14.940	2.01	1	340.68	34728	12.15	2302.67	2	198.11					
7	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	29.80	14.980	1.99	1	340.90	34750	12.10	2303.93	3	197.18					
8	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.70	14.924	1.99	1	426.46	43472	12.00	2309.82	5	248.52	243.68	5.50	Excelente	2.26	Muy bueno
9	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	14.940	2.01	1	420.22	42836	12.06	2285.61	5	244.36					
10	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.70	14.945	1.99	1	430.70	43904	11.98	2299.49	3	250.29					
11	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.90	15.020	1.99	1	419.84	42797	12.25	2312.32	5	241.54					
12	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.70	14.940	1.99	1	416.58	42465	11.96	2297.19	3	242.24					
13	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	15.142	1.99	1	412.37	42036	12.12	2236.11	2	233.44					
14	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.90	14.970	2.00	1	423.60	43180	12.45	2365.80	5	245.34					
15	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.70	14.984	1.98	1	472.29	48144	11.94	2279.90	2	273.03	272.48	4.66	Excelente	1.71	Excelente
16	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	30.10	15.115	1.99	1	480.20	48950	12.29	2275.58	5	272.81					
17	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.70	14.930	1.99	1	480.12	48942	12.05	2317.58	5	279.57					
18	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.70	14.998	1.98	1	458.01	46688	11.92	2271.83	5	264.28					
19	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	30.10	14.997	2.01	1	468.20	47727	12.19	2292.72	2	270.19					
20	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.70	15.034	1.98	1	474.22	48340	12.20	2314.07	3	272.32					
21	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.80	14.950	1.99	1	473.80	48298	12.29	2349.50	2	275.15					

Tabla 80: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 30kg/m3 de adición de cascarilla arroz

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DE 30KG/M3 DE CASCARILLA DE ARROZ																			
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	R L/D	Factor Correc.	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm2)	f'c Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V
1	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.90	15.180	1.97	1	272.00	27727	12.20	2254.59	5	153.21	153.23	2.13	Excelente	1.39	Excelente
2	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	30.00	15.135	1.98	1	269.76	27498	12.19	2258.76	3	152.86					
3	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	30.01	14.950	2.01	1	270.00	27523	11.98	2274.21	2	156.80					
4	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.70	14.995	1.98	1	268.24	27344	11.96	2280.37	5	154.84					
5	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.90	15.120	1.98	1	270.00	27523	12.20	2272.52	2	153.29					
6	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.95	15.230	1.97	1	270.00	27523	12.30	2254.40	5	151.08					
7	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.80	15.200	1.96	1	267.98	27317	12.20	2256.21	2	150.55					
8	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.98	15.010	2.00	1	332.21	33864	12.02	2265.87	3	191.38	191.39	2.08	Excelente	1.09	Excelente
9	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.97	14.940	2.01	1	329.32	33570	11.92	2268.88	2	191.50					
10	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	14.970	2.01	1	331.05	33746	12.00	2265.13	5	191.74					
11	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.70	15.200	1.95	1	333.22	33967	12.20	2263.81	2	187.20					
12	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	14.940	2.01	1	330.28	33668	11.97	2268.56	5	192.06					
13	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.98	14.940	2.01	1	333.88	34035	11.90	2264.32	2	194.15					
14	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.95	14.950	2.00	1	330.10	33649	11.89	2261.65	5	191.70					
15	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	29.70	15.125	1.96	1	371.21	37840	12.10	2267.57	5	210.61	214.95	3.43	Excelente	1.60	Excelente
16	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	30.05	14.970	2.01	1	380.00	38736	11.96	2261.34	2	220.09					
17	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	29.80	14.945	1.99	1	370.25	37742	11.84	2264.99	3	215.16					
18	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	29.98	14.960	2.00	1	372.36	37957	11.96	2269.65	2	215.95					
19	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	29.90	15.100	1.98	1	369.95	37712	12.15	2269.21	3	210.59					
20	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	30.10	14.984	2.01	1	375.83	38311	11.98	2257.14	5	217.27					
21	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	30.15	14.950	2.02	1	370.24	37741	11.99	2265.54	2	215.01					

Tabla 81: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta del concreto patrón

RESULTADO DE CONCRETO PATRON																		
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	St Obtenido (kg/cm2)	St Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
																	Ancho (mm)	Ancho Promedio (mm)
1	CP 1	10/06/2017	17/06/2017	7	30.1	14.88	132.41	13497	12.50	2388.14	19.18	19.52	0.78	Excelente	4.00	Suficiente	2.6	2.55
2	CP 2	10/06/2017	17/06/2017	7	30.1	14.86	132.84	13541	12.42	2379.25	19.27						3.08	
3	CP 3	10/06/2017	17/06/2017	7	29.8	14.92	144.65	14745	12.28	2357.04	21.11						2.87	
4	CP 4	10/06/2017	17/06/2017	7	29.8	14.97	132.46	13503	12.34	2352.76	19.27						2.58	
5	CP 5	10/06/2017	17/06/2017	7	30.2	14.88	136.42	13906	12.34	2349.77	19.70						1.85	
6	CP 6	10/06/2017	17/06/2017	7	30.2	14.86	128.62	13111	12.45	2377.10	18.60						2.34	
7	CP 7	10/06/2017	17/06/2017	7	30.1	14.87	134.50	13710	12.31	2355.01	19.50						2.50	
8	CP 1	13/06/2017	27/06/2017	14	29.9	14.92	146.43	14927	12.26	2345.33	21.30	21.72	0.58	Excelente	2.67	Muy bueno	2.72	2.78
9	CP 2	13/06/2017	27/06/2017	14	30.1	14.97	148.51	15139	12.34	2329.31	21.39						3.20	
10	CP 3	13/06/2017	27/06/2017	14	30.1	14.94	144.60	14740	12.49	2367.11	20.87						2.99	
11	CP 4	13/06/2017	27/06/2017	14	29.8	14.86	151.82	15476	12.25	2370.31	22.25						2.70	
12	CP 5	13/06/2017	27/06/2017	14	29.8	14.94	154.45	15744	12.47	2387.11	22.51						1.97	
13	CP 6	13/06/2017	27/06/2017	14	30.2	14.88	152.51	15546	12.48	2376.43	22.02						3.12	
14	CP 7	13/06/2017	27/06/2017	14	29.8	14.95	149.00	15189	12.45	2380.09	21.70						2.75	
15	CP 1	15/06/2017	13/07/2017	28	29.8	15.11	167.52	17076	12.61	2359.90	24.14	24.54	0.32	Excelente	1.31	Excelente	2.02	2.34
16	CP 2	15/06/2017	13/07/2017	28	29.8	14.98	167.82	17107	12.39	2359.14	24.40						2.01	
17	CP 3	15/06/2017	13/07/2017	28	30.2	14.88	169.52	17280	12.46	2372.62	24.48						2.84	
18	CP 4	15/06/2017	13/07/2017	28	29.8	14.86	171.68	17501	12.21	2362.57	25.16						2.55	
19	CP 5	15/06/2017	13/07/2017	28	30.2	14.92	171.54	17486	12.52	2371.28	24.71						2.32	
20	CP 6	15/06/2017	13/07/2017	28	29.8	14.97	167.54	17078	12.42	2368.02	24.37						2.31	
21	CP 7	15/06/2017	13/07/2017	28	30.1	14.96	170.00	17329	12.51	2364.56	24.50						2.30	

Tabla 82: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 10kg/m3 de cascarilla arroz

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DE 10KG/M3 DE CASCARILLA DE ARROZ																		
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	St Obtenido (kg/cm2)	St Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
																	Ancho (mm)	Ancho Promedio (mm)
1	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.00	15.073	149.08	15197	12.55	2344.48	21.39	20.95	0.78	Excelente	3.73	Bueno	1.40	1.45
2	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.05	15.021	138.55	14123	12.45	2338.03	19.92							
3	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	29.85	14.975	150.10	15301	12.30	2339.65	21.79							
4	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.01	14.945	148.10	15097	12.34	2344.12	21.43							
5	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	30.05	14.970	148.86	15174	12.39	2342.64	21.47							
6	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	29.90	14.990	137.20	13986	12.35	2340.54	19.87							
7	CFR-10	10/06/2017	17/06/2017	7	29.88	15.150	145.05	14786	12.60	2339.31	20.79							
8	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	30.05	14.950	160.12	16322	12.35	2341.33	23.13	23.17	0.77	Excelente	3.30	Bueno	1.72	1.55
9	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	29.80	15.142	155.45	15846	12.55	2338.75	22.36							
10	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	29.60	14.964	158.36	16143	12.25	2353.27	23.20							
11	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	30.01	14.940	162.47	16562	12.24	2326.68	23.52							
12	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	30.00	14.955	170.38	17368	12.35	2343.67	24.64							
13	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	29.98	14.880	156.97	16001	12.22	2343.99	22.83							
14	CFR-10	13/06/2017	27/06/2017	14	29.89	14.995	155.44	15845	12.36	2341.65	22.51							
15	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.10	14.970	177.99	18144	12.41	2342.53	25.63	26.09	1.38	Excelente	5.28	Deficiente	2.01	1.49
16	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	29.60	15.115	192.55	19628	12.47	2347.91	27.93							
17	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.10	14.946	172.67	17601	12.35	2338.69	24.91							
18	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.20	14.987	180.45	18394	12.45	2336.98	25.87							
19	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.10	14.960	195.36	19914	12.38	2339.99	28.15							
20	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	29.70	14.940	170.97	17428	12.20	2343.29	25.00							
21	CFR-10	15/06/2017	13/07/2017	28	30.01	15.052	175.00	17838.94	12.48	2337.13	25.14						1.20	

Tabla 83: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 20kg/m3 de cascarilla arroz

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DE 20KG/M3 DE CASCARILLA DE ARROZ																		
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	St Obtenido (kg/cm2)	St Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
																	Ancho (mm)	Ancho Promedio (mm)
1	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.01	15.131	130.00	13252	12.24	2268.31	18.58	19.01	0.89	Excelente	4.67	Suficiente	1.82	1.41
2	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.13	15.050	125.00	12742	12.30	2295.24	17.89						1.00	
3	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	29.80	14.940	141.83	14458	12.00	2297.14	20.67						1.52	
4	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	29.80	14.951	129.64	13215	11.99	2291.85	18.88						1.39	
5	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.10	14.880	133.60	13619	12.03	2298.35	19.36						1.59	
6	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	29.60	14.959	125.80	12824	12.05	2316.40	18.44						1.17	
7	CFR-20	15/06/2017	22/06/2017	7	30.10	14.845	132.50	13507	12.18	2337.99	19.24						1.40	
8	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.80	14.940	150.04	15295	12.10	2316.28	21.87	21.01	1.24	Excelente	5.91	Deficiente	1.44	1.54
9	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.70	14.950	130.99	13353	12.05	2311.38	19.14						1.90	
10	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.90	14.935	150.10	15301	11.90	2271.89	21.81						1.22	
11	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	15.014	141.64	14438	12.25	2298.79	20.34						1.67	
12	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	14.940	150.00	15291	12.08	2289.40	21.65						1.76	
13	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	14.911	155.33	15834	12.20	2321.15	22.46						1.28	
14	CFR-20	20/06/2017	04/07/2017	14	29.80	14.945	135.97	13860	11.99	2293.69	19.81						1.48	
15	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.80	15.144	169.38	17266	12.25	2282.24	24.36	23.72	2.47	Excelente	10.43	Deficiente	1.04	1.51
16	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	30.02	14.995	135.40	13802	12.20	2301.33	19.52						1.68	
17	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.60	14.960	165.00	16820	12.08	2321.85	24.18						1.04	
18	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.91	14.960	146.92	14977	12.20	2320.62	21.31						1.95	
19	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	29.80	14.967	182.34	18587	12.13	2313.65	26.53						1.88	
20	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	30.15	14.950	179.31	18278	12.15	2295.78	25.82						1.02	
21	CFR-20	23/06/2017	21/07/2017	28	30.04	15.123	170.09	17338	12.25	2270.30	24.30						1.98	

Tabla 84: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 30kg/m3 de cascarilla arroz

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DE 30KG/M3 DE CASCARILLA DE ARROZ																		
Muestra N°	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m3)	St Obtenido (kg/cm2)	St Promedio (kg/cm2)	Desv. Estándar (Ds)	Control de Calidad Según Ds	Coef. de Variación (V)	Control de Calidad Según V	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
																	Ancho (mm)	Ancho Promedio (mm)
1	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.95	15.106	127.48	12995	12.15	2263.62	18.29	18.71	0.64	Excelente	3.42	Bueno	1.00	1.06
2	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	30.10	15.102	134.55	13716	12.10	2244.26	19.21						0.66	
3	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	30.01	14.940	130.65	13318	11.88	2258.25	18.91						1.30	
4	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	30.10	14.950	122.46	12483	11.98	2267.41	17.66						1.02	
5	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.96	14.880	133.42	13600	11.94	2291.97	19.42						1.31	
6	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	29.90	14.865	125.50	12793	11.80	2274.07	18.32						0.95	
7	CFR-30	15/06/2017	22/06/2017	7	30.05	14.870	132.10	13466	11.77	2255.45	19.18						1.20	
8	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.99	14.940	142.38	14514	12.07	2295.90	20.62	20.63	2.06	Excelente	9.99	Deficiente	1.22	1.24
9	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.97	15.174	130.94	13348	11.99	2212.36	18.69						1.68	
10	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	29.60	14.940	125.04	12746	11.74	2262.55	18.35						1.00	
11	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	14.860	151.72	15466	12.10	2317.95	22.01						0.91	
12	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	30.15	14.941	132.36	13492	11.95	2260.71	19.07						1.54	
13	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	30.10	14.880	150.00	15291	11.99	2290.71	21.73						1.06	
14	CFR-30	20/06/2017	04/07/2017	14	30.17	14.870	165.47	16867	11.61	2215.94	23.94						1.30	
15	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	30.04	14.979	165.13	16833	12.11	2287.71	23.82	23.41	1.87	Excelente	7.97	Deficiente	1.15	1.13
16	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	30.01	15.020	160.34	16345	11.83	2224.86	23.08						0.88	
17	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	29.89	14.940	165.40	16860	12.01	2292.13	24.04						1.20	
18	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	29.80	14.949	152.46	15541	11.72	2240.84	22.21						1.34	
19	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	30.03	14.978	165.00	16820	11.97	2262.32	23.81						1.14	
20	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	29.60	14.940	180.62	18412	11.83	2279.89	26.51						1.35	
21	CFR-30	23/06/2017	21/07/2017	28	30.10	14.875	140.77	14350	11.86	2267.39	20.40						0.85	

ANEXO XII: PANEL FOTOGRÁFICO





FOTO N° 03: Realizando cuarteo de los agregados para la reducción a tamaño de muestra para los ensayos a realizar



FOTO N° 04: Realizando ensayos de granulometría del agregado fino y agregado grueso



FOTO N° 05: Realizando ensayos peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso



FOTO N° 06: Realizando ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino



FOTO N° 07: Realizando ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados de los agregados



FOTO N° 08: Realizando ensayo de Abrasión por la máquina de los ángeles del agregado grueso



FOTO N° 09: Realizando ensayo de Granulometría de la Fibra Vegetal (Cascarilla de Arroz)



FOTO N° 10: Realizando ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados de la fibra vegetal (casca de arroz)





FOTO N° 13: Preparación de mezcla del Diseño Patrón (concreto convencional)



FOTO N° 14: Determinación de Slump del Diseño Patrón (concreto convencional)



FOTO N° 15: Determinación del Peso Unitario del Concreto Fresco; Diseño Patrón (concreto convencional)



FOTO N° 16: Determinando el contenido de aire del concreto fresco, mediante la olla Washington, del Diseño Patrón (concreto convencional)



FOTO N° 17: Elaboración de los especímenes del Diseño Patrón (concreto convencional)



FOTO N° 18: Preparación de mezcla del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (10kg/m³)



FOTO N° 19: Determinación de Slump del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (10kg/m³)



FOTO N° 20: Determinación del Peso Unitario del Concreto Fresco; del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (10kg/m³)



FOTO N° 21: Elaboración de los especímenes del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (10kg/m³)



FOTO N° 22: Preparación de mezcla del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (20kg/m³)



FOTO N° 23: Determinación de Slump del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (20kg/m³)



FOTO N° 24: Elaboración de los especímenes del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (20kg/m3)



FOTO N° 25: Preparación de mezcla del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (30kg/m3)



FOTO N° 26: Determinación de Slump del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (30kg/m³)



FOTO N° 27: Determinación del Peso Unitario del Concreto Fresco; del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (30kg/m³)



FOTO N° 28: Elaboración de los especímenes del Concreto Fibroreforzado con Cascarilla de Arroz (30kg/m³)



FOTO N° 29: Curado de los especímenes de concreto patrón y las diferentes adiciones



FOTO N° 30: Toma de medidas de los especímenes de concreto para su posterior ensayo.





FOTO N° 31: Toma de pesos de los especímenes de concreto para calcular su peso unitario en estado endurecido



FOTO N° 32: Ensayo a Compresión de los especímenes de concreto cilíndricos, con presencia del Ing. José Antonio Coronel Delgado (Coordinador de EAPIC en Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén)



FOTO N° 33: Ensayo a Tracción Indirecta de los especímenes de concreto cilíndricos, con presencia del Ing. José Antonio Coronel Delgado (Coordinador de EAPIC en Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén)