

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE CONCRETO $f'c=250$ KG/CM² REFORZADO CON
CASCARILLA DE CAFÉ EN LA CIUDAD DE JAÉN**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

NIXON CARLOS RODRÍGUEZ SOBERÓN

ASESOR:

Mg. HÉCTOR HUGO MIRANDA TEJADA

JAÉN – CAJAMARCA – PERÚ

ENERO DEL 2017

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; Edelmiro Rodríguez y María Soberón, por estar siempre a mi lado apoyándome en todo 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.

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.

En principio quiero agradecer a Dios Todopoderoso por permitirme llegar a este punto en mi vida, en el cual termino una etapa de 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 Mg. Héctor Hugo Miranda Tejada y al Mg. Héctor Pérez Loayza, por sus alientos, sus inestimables aportaciones, por su calidad humana, trabajo y humildad.

A mis padres y demás familiares que en el transcurso de mi carrera siempre estuvieron a mi lado para darme los consejos necesarios.

A mis amigos, los de hace años y a los nuevos, gracias por hacer mi estadía en la universidad una experiencia que vale la pena recordar

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.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
INDICE FIGURAS.....	VIII
INDICE GRAFICOS.....	VIII
RESUMEN	X
SUMMARY	XI
1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:	2
1.3.1. HIPÓTESIS:.....	2
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	3
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	3
1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:	3
1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES:	3
1.7. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.	3
1.7.1. ESPACIAL:.....	3
1.7.2. TEMPORAL	3
1.7.3. CIENTÍFICA	3
1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	4
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE INVESTIGACIÓN.	5
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	5
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1 CONCRETO.....	10
2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO.....	10
2.2.3 USO DE FIBRAS EN EL CONCRETO.....	14
2.2.2. UTILIZACION DE CENIZAS EN EL CONCRETO.....	20
2.2.3. RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO ADICIÓN AL CONCRETO.....	23
2.2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	34
3. CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	37
3.1.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.1.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.	39
3.2. CANTERA DE ESTUDIO.	41
3.2.1. ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO.	41

3.2.2.	<i>UBICACIÓN</i>	41
3.3.	CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADO	43
3.3.1.	<i>EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS</i>	43
3.3.2.	<i>NÚMERO Y MASA DE LAS MUESTRAS DE CAMPO</i>	43
3.3.3.	<i>REDUCCIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑO DE ENSAYO</i>	44
3.3.4.	<i>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO [NTP 400.012 – 2011; ASTM C 136]</i>	45
3.3.5.	<i>MÓDULO DE FINURA [NTP 400.011 – 2011; ASTM C 136]</i>	45
3.3.6.	<i>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN [NTP 400.021 – 400.022, 2011; ASTM C 127 – C 128]</i> ..	46
3.3.7.	<i>CONTENIDO DE HUMEDAD [NTP 339.185 – 2011; ASTM C 70]</i>	48
3.3.8.	<i>PESO UNITARIO [NTP 400.017; ASTM C 29]</i>	49
3.3.9.	<i>PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200 [NTP 400.018; ASTM C 117]</i>	50
3.3.10.	<i>RESISTENCIA A LA ABRASIÓN [NTP 400.019 – 020; ASTM C 131]</i>	51
3.4.	CARACTERÍSTICAS DE LAS ADICIONES A UTILIZAR	52
3.4.1.	<i>LA CASCARILLA DE CAFÉ</i>	52
3.4.2.	<i>CENIZA DE CASCARILLA DE CAFÉ</i>	54
3.5.	CARACTERÍSTICA DEL CEMENTO	56
3.6.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	56
3.7.	DISEÑO DE MEZCLA	56
3.8.	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA	59
3.9.	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE MEZCLA	60
3.10.	PROCEDIMIENTO PARA LA ADICIÓN EN LAS PROPORCIONES DE DISEÑO	62
3.11.	ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO	63
3.12.	CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO	65
3.11.1.	<i>CURADO INICIAL Y DESMOLDE DE LAS PROBETAS</i>	65
3.11.2.	<i>CURADO ESTÁNDAR</i>	65
3.13.	ENSAYOS DEL CONCRETO	66
3.12.1.	<i>ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO</i>	66
3.12.2.	<i>ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO</i>	69
3.14.	TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	75
4.	CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
4.1	ANÁLISIS DE LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO	76
4.2	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO	79
4.3	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO	80
4.4	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	85
4.5	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA	90
4.6	ANÁLISIS DE LA FISURA DEL ESPECIMEN	93
4.7	ANÁLISIS DEL TIPO DE FALLA DEL ESPECÍMEN	94
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
5.1	CONCLUSIONES	96
5.2	RECOMENDACIONES	96
6	BIBLIOGRAFÍA	97
6.1	LIBROS	97
6.2	TESIS	98
6.3	NORMAS Y REGLAMENTO	100
7	ANEXO	102
7.1	ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND	102

7.2	ANEXO II: NORMA NTE E.060.	103
7.3	ANEXO III: TABLAS PARA ENSAYOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.	104
7.4	ANEXO IV: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	108
7.5	ANEXO V: ANALISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE CENIZA UTILIZADO EN LAS MEZCLAS 120	
7.6	ANEXO VI: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO EN LOS ENSAYOS.	121
7.7	ANEXO VII: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.	122
7.8	ANEXO VIII: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.	124
7.9	ANEXO IX: CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DONDE SE HA REALIZADO LOS ENSAYOS.	132
7.10	ANEXO X: RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS.	133
7.11	ANEXO XI: PANEL FOTOGRÁFICO.	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales.....	18
Tabla 2: Ventajas en el empleo de cenizas en el concreto.....	22
Tabla 3: Composición química de la cascarilla de café en %.....	34
Tabla 4: Proporciones de la mezcla con diferentes porcentajes de las adiciones	63
Tabla 5: Variación porcentual del asentamiento de las diferentes adiciones con cascarilla respecto al patrón.	76
Tabla 6: Variación porcentual del asentamiento de las diferentes adiciones con ceniza respecto al patrón.	76
Tabla 7: Peso unitario del concreto fresco a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla.....	79
Tabla 8: Peso unitario del concreto fresco a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de ceniza.....	79
Tabla 9: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla.....	81
Tabla 11: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de ceniza.....	81
Tabla 11: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido de las diferentes adiciones de cascarilla con respecto al patrón.....	82
Tabla 12: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido de las diferentes adiciones de ceniza con respecto al patrón.....	82
Tabla 13: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días.	85
Tabla 14: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de ceniza a 07 y 28 días.	85
Tabla 15: Variación porcentual de la resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días	85
Tabla 16: Variación porcentual de la resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de ceniza a 07 y 28 días.....	86
Tabla 17 Resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de cascarilla a 07, 14 y 28 días:.....	90
Tabla 18: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días.....	91
Tabla 19: Anchos transversal de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.....	93
Tabla 20: Tipos y porcentaje de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.	94
Tabla 21: Principales componentes del cemento Portland.....	102

Tabla 22: Fuentes de materias primas usadas en la fabricación de cemento Pórtland.	102
Tabla 23: Componentes químicos del cemento Portland.	102
Tabla 24: Medida de las muestras de campo requeridas para los ensayos de laboratorio	104
Tabla 25: Límites Granulométricos recomendados para Agregado Fino.	104
Tabla 26: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso.	105
Tabla 27: Cantidad Mínima de muestra para el ensayo.	106
Tabla 28: Carga Abrasiva según gradación del agregado grueso.	106
Tabla 29: Gradaciones de muestras de ensayo.	106
Tabla 30: Número de capas requeridas por espécimen.	106
Tabla 31: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba.	107
Tabla 32: Capacidad de los recipientes de medición.	107
Tabla 33: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia.	107
Tabla 34: Análisis Granulométricos del agregado fino- ENSAYO 1.	108
Tabla 35: Análisis Granulométricos del agregado fino- ENSAYO 2.	109
Tabla 36: Análisis Granulométricos del agregado fino- ENSAYO 3.	110
Tabla 37: promedio del módulo de finura del agregado fino	110
Tabla 39: Análisis Granulométricos del agregado grueso- ENSAYO 1.	111
Tabla 39: Análisis Granulométricos del agregado grueso- ENSAYO 2.	112
Tabla 40: Análisis Granulométricos del agregado grueso- ENSAYO 3.	113
Tabla 42: promedio del módulo de finura del agregado grueso	113
Tabla 43: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.	114
Tabla 43: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.	114
Tabla 44: Porcentaje de Humedad del Agregado.	114
Tabla 45: Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso.	116
Tabla 46: Peso Específico del Agua para determinar el factor Agua "f".	117
Tabla 47: Factor de Agua "f" para determinar los Pesos Unitarios.	117
Tabla 48: Peso volumétrico suelto.	118
Tabla 49: peso volumétrico compacto.	118
Tabla 50: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado fino.	118
Tabla 51: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado Grueso.	119
Tabla 52: cantidad de muestra de agregado para el ensayo de abrasión	119
Tabla 53: Porcentaje de abrasión.	119
Tabla 54: Peso específico de la ceniza	120
Tabla 55: Resistencia a la compresión promedio.	122
Tabla 56: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.	122
Tabla 57: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada.	122
Tabla 58: Relación agua/cemento (a/c) del concreto por resistencia.	123
Tabla 59: Módulo de finura de la combinación de agregados "mc".	123
Tabla 60: Mezcla para el 1er ajuste del concreto	124
Tabla 61: Corrección por Contenido de Humedad de los Agregados para el ajuste de Mezcla.	125
Tabla 62: Ajuste de Mezcla por Apariencia, Asentamiento, Agua Adicional y Contenido de Aire para la elaboración del concreto.	126
Tabla 63: Ajuste de Mezcla por Resistencia debido al Grado de Hidratación del Concreto.	127
Tabla 64: Cantidades de materiales en un m³ con diferentes porcentajes de adiciones	127

Tabla 65: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto - 12 de setiembre del 2016.....	128
Tabla 66: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto - 14 de setiembre del 2016.....	128
Tabla 67: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración de concreto – 22 de setiembre del 2016.....	129
Tabla 68: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración de concreto – 29 de setiembre del 2016.....	129
Tabla 69: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto – 05 de octubre del 2016.....	130
Tabla 70: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto – 06 de octubre del 2016.....	130
Tabla 71: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto – 10 de octubre del 2016.....	131
Tabla 72: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 0% de adición.....	133
Tabla 73: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 1% de adición de cascarilla.....	134
Tabla 74: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 2% de adición de cascarilla.....	135
Tabla 75: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 3% de adición de cascarilla.....	136
Tabla 76: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 0% de adición - ceniza.....	137
Tabla 77: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 5% de adición - ceniza.....	138
Tabla 78: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 10% de adición - ceniza.....	139
Tabla 79: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 15% de adición - ceniza.....	140
Tabla 80: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 0% de cascarilla.....	141
Tabla 81: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 1% de cascarilla.....	142
Tabla 82: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 2% de cascarilla.....	143
Tabla 83: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 3% de cascarilla.....	144

INDICE FIGURAS

<i>Figura 1: Planta de café en maduración</i>	24
<i>Figura 2: Fruto de café</i>	24
<i>Figura 3: Esquema de la estructura del grano de café</i>	25
<i>Figura 4: Proceso del beneficio del café</i>	29
<i>Figura 5: Rendimiento de los granos de café y otras fracciones</i>	32
<i>Figura 6: Fraccionamiento de los granos de café en seco</i>	33
<i>Figura 7: Mapa de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca-sede Jaén”</i>	37
<i>Figura 8: Fotografía satelital de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca-sede Jaén”</i>	37
<i>Figura 9: Imagen satelital de la Cantera Olano (Google Earth)</i>	41
<i>Figura 10: Ubicación y localización de la Cantera Olano</i>	42
<i>Figura 11: Piladora de café “Louis Dreyfus Perú”</i>	52
<i>Figura 12: Fotografía satelital de la ubicación donde se recolectó cascarilla de café</i>	52
<i>Figura 13: Mapa de la ubicación donde se recolectó cascarilla de café</i>	53
<i>Figura 14: Toma de medidas de la longitud de la cascarilla de café</i>	53
<i>Figura 15: Fábrica Cerámicos Pakamuros “LADRILLOS GREQ”</i>	54
<i>Figura 16: Fotografía satelital de la ubicación donde se recolectó ceniza de cascarilla de café</i>	55
<i>Figura 17: Mapa de la ubicación donde se recolectó ceniza de cascarilla de café- Cerámicos Pakamuros “LADRILLOS GREQ”</i>	55
<i>Figura 18: Toma de las Medidas de las Probetas Cilíndricas</i>	70
<i>Figura 19: Identificación, ensayo a compresión y registro del tipo de falla de los especímenes</i>	71
<i>Figura 20: Esquema de los patrones de tipos de Fracturas</i>	72
<i>Figura 21: Tipos de fallas típicas en los especímenes de concretos ensayados a compresión</i>	95

INDICE GRAFICOS

<i>Gráfico 1: Producción Nacional del 2002 al 2013</i>	26
<i>Gráfico 2: Principales departamentos productores</i>	27
<i>Gráfico 3: Exportaciones anuales de café</i>	27
<i>Gráfico 4: Destino de exportaciones</i>	28
<i>Gráfico 5: Trabajabilidad del concreto fresco de los distintos porcentajes de adición de cascarilla</i>	77
<i>Gráfico 6: Trabajabilidad del concreto fresco de los distintos porcentajes de adición de ceniza</i>	77
<i>Gráfico 7: Variación porcentual del asentamiento por influencia de la cascarilla adicionado con respecto al patrón</i>	78
<i>Gráfico 8: Variación porcentual del asentamiento por influencia de la ceniza adicionado con respecto al patrón</i>	78
<i>Gráfico 9: Variación porcentual del Peso unitario del concreto fresco por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón</i>	80
<i>Gráfico 10: Variación porcentual del Peso unitario del concreto fresco por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón</i>	80
<i>Gráfico 11: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para los distintos ensayos y porcentajes de adición de cascarilla</i>	82

Gráfico 12: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para los distintos ensayos y porcentajes de adición de ceniza.	83
Gráfico 13: Variación porcentual del Peso unitario del concreto endurecido por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón.	84
Gráfico 14: Variación porcentual del Peso unitario del concreto endurecido por influencia de la ceniza adicionada respecto al patrón.	84
Gráfico 15: Resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregado a los 07, 14 y 28 días	86
Gráfico 16: Resistencia a la compresión por influencia de la ceniza agregado a los 07, 14 y 28 días	87
Gráfico 17: Variación porcentual de la resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregada con respecto al concreto patrón.	88
Gráfico 18: Variación porcentual de la resistencia a la compresión por influencia de la ceniza agregada con respecto al concreto patrón	88
Gráfico 19: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión a diferentes edades y adiciones de cascarilla	89
Gráfico 20: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión a diferentes edades y adiciones de ceniza	89
Gráfico 21: Resistencia a compresión en el tiempo de los diferentes porcentajes de adición-cascarilla	90
Gráfico 22: Resistencia a la tracción indirecta por influencia de la cascarilla agregada a los 07, 14 y 28 días	91
Gráfico 23: Variación porcentual de la resistencia a la tracción indirecta por influencia de la fibra agregada con respecto al concreto patrón.	92
Gráfico 24: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a tracción indirecta a diferentes edades y adición de fibra	92
Gráfico 25: Promedio de los anchos de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta.	93
Gráfico 26: Representación de los tipos de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.	94
Gráfico 27: Curva granulométrica del agregado fino- ENSAYO 1	108
Gráfico 28: Curva granulométrica del agregado fino- ENSAYO 2	109
Gráfico 29: Curva granulométrica del agregado fino- ENSAYO 3	110
Gráfico 30: Curva granulométrica del agregado grueso- ENSAYO1	111
Gráfico 31: Curva granulométrica del agregado grueso- ENSAYO2	112
Gráfico 32: Curva granulométrica del agregado grueso- ENSAYO3	113

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 café y su ceniza luego de ser incinerada. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar la influencia de la incorporación en distintos porcentajes de ceniza y cascarilla de café, en la resistencia a la compresión del concreto. Los materiales utilizados son de la zona, se han realizado ensayos comparativos entre un concreto patrón, que no contenía adiciones y concretos con 1%, 2% y 3% para el caso de la fibra y 5%, 10% y 15% en el caso de la ceniza, los porcentajes es en peso respecto al cemento. El concreto patrón fue diseñado para 250 kg/cm². Las propiedades del concreto que se estudiaron fueron la trabajabilidad, peso unitario del concreto fresco y endurecido, la resistencia a la compresión, a la tracción indirecta y las fisuras. Estos ensayos se realizaron a 07 y 14 días, como parámetro, y a 28 días para obtener la resistencia última. En lo que se refiere a los resultados, en el concreto en estado fresco se determinó que, en el caso de la incorporación de cascarilla y de ceniza, la trabajabilidad disminuye con respecto al concreto patrón, cumpliéndose que a mayor cantidad de fibra adicionada y a mayor cantidad de ceniza menor es la trabajabilidad del concreto en un -26.19% y -54.76% respectivamente en las mayores dosificaciones, respecto del concreto sin adiciones. En el caso de peso unitario de concreto fresco y endurecido disminuye en mayor porcentaje el concreto con adición de cascarilla respecto al de ceniza. En el concreto endurecido se logró determinar que la adición de cascarilla de café disminuye la resistencia a compresión con -7.90% y en la resistencia a tracción en un -4.62% respecto al concreto patrón. En cambio el concreto con adición de ceniza tiene efecto positivo aumentando la resistencia en el concreto hasta 8.65% en las mayores dosificaciones.

Palabras claves: Concreto, cascarilla, ceniza, resistencia.

SUMMARY

The study presented here is a further initiative for the use of waste generated by agriculture, as an alternative for the use in the construction materials industry, which in this case is the coffee husk and its ash after being incinerated. The present research aims to study the influence of the incorporation in different percentages of ash and coffee husk, in the compressive strength of the concrete. The materials used are from the area, comparative tests were performed between a standard concrete, which did not contain additions and concrete with 1%, 2% and 3% for fiber and 5%, 10% and 15% in the case of fiber. In the case of ash, the percentages are by weight with respect to cement. The standard concrete was designed for 250 kg / cm². The concrete properties that were studied were the workability, unit weight of the fresh and hardened concrete, the compressive strength, the indirect tensile strength and the cracks. These tests were carried out at 07 and 14 days, as a parameter, and at 28 days to obtain the ultimate resistance. Regarding the results, in the concrete in fresh state it was determined that, in the case of the incorporation of scale and ash, the workability decreases with respect to the standard concrete, being fulfilled that the greater amount of fiber already added Less ash is the workability of the concrete by -26.19% and -54.76%, respectively, in the higher dosages, with respect to the concrete without additions. In the case of unit weight of fresh and hardened concrete decreases in concrete percentage with the addition of husk compared to that of ash. In the hardened concrete it was found that the addition of coffee husks decreased the compressive strength by -7.90% and the tensile strength by -4.62% compared to the standard concrete. In contrast, concrete with ash addition has a positive effect increasing the resistance in the concrete up to 8.65% in the higher dosages.

Key words: Concrete, husk, ash, resistance

1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

Un problema en la actual actividad humana por solucionar en los países en desarrollo, es el tratamiento a la inmensa cantidad de residuos que se generan en la agricultura, siendo una parte significativa de dichos residuos biomasa, que podría ser eventualmente empleada en la industria de los materiales de construcción.

En las provincias de Jaén y San Ignacio cultivan 85 mil hectáreas de cultivos de café, que rinden aproximadamente un millón 275 mil quintales, lo cual las convierte en uno de los principales productores peruanos, además la producción de café ha crecido en un 98 % en los últimos quince años, seguido del cultivo de arroz con 35.9% en el mismo período analizado.

La producción no solo satisface la demanda nacional, sino que se exporta a varios países de la región, incluyendo Colombia, donde se da el lujo de competir con el célebre café local.

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 concreto, como es la cascarilla de café, conocido también como tamo de café. Utilizar tanto con y sin incineración, en cascarilla propiamente dicha y en ceniza. En la ciudad de Jaén se desechan y/o se incineran grandes cantidades de cascarilla de café luego de haber extraído el café para consumo humano. Por ello se pretende utilizar la cascarilla en la elaboración del concreto tanto con y sin incineración, que puede aumentar la resistencia del concreto; favoreciendo de esta manera la economía en la elaboración y disminuir la contaminación ambiental. Además no existen trabajos de naturaleza similar ejecutados en nuestro medio. Todo esto justifica la ejecución del presente trabajo de investigación

Ante este problema se formuló la siguiente interrogante de investigación ¿Qué relación existe en la resistencia a la compresión entre el concreto empleando tanto ceniza como cascarilla de café, con el concreto convencional $f'c=250\text{kg/cm}^2$? El estudio está compuesto por 4 capítulos y anexos como se indica a continuación

En el Capítulo I, se presenta la introducción el cual se describe el contexto y el problema, la justificación, los alcances y los objetivos de la investigación.

En el Capítulo II, El marco teórico, que incluye los antecedentes teóricos de la investigación; además las bases teóricas que servirán como sustento y por último la definición de términos básicos.

En el Capítulo III, se describen las metodologías,

En el Capítulo IV, Se hace el análisis y discusión de resultados en el cual se explica y discute los resultados obtenidos en la investigación siguiendo una secuencia de acuerdo a los objetivos planteados.

En el capítulo V, conclusiones y recomendaciones.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Como consecuencia de los argumentos presentados y que anteceden a estas líneas, el problema de la investigación queda planteado de la siguiente manera: ¿Qué relación existe en la resistencia a la compresión entre el concreto empleando tanto ceniza como cascarilla de café, con el concreto convencional $f'c=250\text{kg/cm}^2$?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.3.1. HIPÓTESIS:

La resistencia a la compresión del concreto incorporando ceniza y cascarilla de café aumenta en un 5% referido al concreto convencional.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la resistencia a la compresión de un concreto fabricado con ceniza y cascarilla de café en relación con el concreto convencional.

1.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la resistencia a la compresión alcanzada a los 7, 14, 28 días del concreto convencional y el concreto utilizando cascarilla de café.
- Determinar la resistencia a la compresión alcanzada a los 7 y 28 días del concreto convencional y el concreto utilizando ceniza de cascarilla de café.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

En la ciudad de Jaén se desechan y/o se incineran grandes cantidades de cascarilla o tamo de café luego de haber extraído el grano de oro para consumo humano. Por ello se pretende utilizar la ceniza y cascarilla en la elaboración del concreto favoreciendo de esta manera la economía y el aumento de la resistencia del concreto con desechos agrícolas, al mismo tiempo disminuir la contaminación ambiental.

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:

Las adiciones (cascarilla y ceniza).

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES:

Resistencia del concreto con adiciones (cascarilla y ceniza de café).

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 septiembre de 2016 y noviembre del 2016.

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 ceniza) 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.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE INVESTIGACIÓN.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Reyes Bañuelos, Uriel Isaac. (2008). Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de caña. En su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Veracruzana - México: “Concreto Reforzado con Fibra de Bagazo de Caña”, que ha tenido como objetivo: buscar una alternativa natural para sustituir las fibras usadas en el concreto para mejorar sus características.

De los resultados obtenidos llegó a la conclusión: Luego de realizar concretos con adiciones de 2% y 4% de la fibra de Bagazo de caña y sin adiciones, los resultados fueron muy semejantes, las diferencias que existen no son tan considerables. A pesar de que no se mejoró la resistencia a la tensión, se logra ver que la adición de fibra al concreto no le ocasionó una disminución de su resistencia. Lo que se logró fue que se redujo el agrietamiento del concreto y a la hora de los ensayos el espécimen permaneció unido, no hubo desprendimiento de partes, eso fue debido a que la fibra sirvió como unión.

- Osorio Saraz. Jaime Alexander. (2006), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil: Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar, en donde se utilizó fibras de caña con 0.5 y 2.5% en relación al peso del agregado, adicionado en el concreto, teniendo como resultados favorables en lo respecta a compresión, además se determinó que la densidad varían entre 141 y 336 kg con respecto al patrón
- Alvarado Romero, Hernán Fabricio. (2014). Análisis de la resistencia mecánica del concreto con adiciones de fibras de pambil. En su tesis para obtener maestría en construcción civil y desarrollo sustentable, en la Universidad Nacional de Loja - Ecuador, en la que utilizó fibras de pambil en 0.5%, 1.5% y 2.5%, adicionados al concreto, dando como resultado favorables en lo que respecta a la compresión, sin embargo a flexión el concreto disminuye su resistencia.

- Ríos González. Eduardo.(2011) En su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Veracruzana - México: “Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico, que ha tenido como objetivo: Evaluar el comportamiento mecánico y físico de un concreto hidráulico, influenciado por la sustitución porcentual del agregado fino, por un desecho agroindustrial como lo es la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA.), proveniente del ingenio la Concepción, Ver., con relación a un concreto convencional.

De los resultados obtenidos llegó a la conclusión:

- Con respecto a los ensayos de resistencia mecánica, se encontró que la sustitución parcial de CBCA por agregado fino, fue benéfica, ya que los concretos con el 5 y 10% de CBCA alcanzaron resistencias mayores con respecto a un concreto convencional.
 - En tanto al ensayo de densidad aparente normada por la ASTM C642, se encontró que esta es inversamente proporcional a la cantidad sustituida por ceniza de bagazo de caña de azúcar.
 - Teniendo en cuenta la porosidad total, los concretos con CBCA, presentan resultados muy parecidos a los del concreto convencional, aunque inferiores.
 - Sin embargo en el ensayo y análisis del coeficiente de porosidad efectiva (K), se encontró que a los 60 días este factor es casi indistinto para la cantidad de sustitución de CBCA. Mostrándose inferior en el concreto con el 5% de ceniza
- Cadena Espinoza, Gustavo. (2014) En su tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias (Construcción): “Mejoramiento de las propiedades mecánicas de concretos puzolánicos para incrementar su resistencia ante ataque de sulfatos”, que ha tenido como objetivo: Desarrollar un concreto con baja porosidad por medio de la inclusión de material con características puzolánicos, para lograr una mayor resistencia a la degradación por sales además de disminuir el contenido de cemento requerido para la producción de concreto.

De los resultados obtenidos llegó a la conclusión:

- Determinó la sustitución de 20 % de CCA como ideal, ya que el valor de la resistencia a compresión a 28 días es de 88.8 % del valor de la resistencia de la muestra de control. Mientras que la muestra de control ya no aumenta su valor de resistencia a compresión y se mantiene casi constante a partir de los 28 días, la mezcla con sustitución de CCA sobrepasa el valor del control a los 60 días en un 9.29 %, esto indica que se sigue formando gel C-S-H dado que este es el encargado de proveer resistencia y de llenar los poros en la mezcla para así generar muestras de concreto y mortero más densas. Cabe destacar que en esta investigación no se utilizó ningún tipo de aditivos en la mezcla, por lo que la posible utilización de estos materiales como sustitutos de cemento es totalmente viable.
- A la edad de 100 días de curado la mezcla de mortero con CCA rebasó en un 33.18 % de resistencia a compresión a la muestra de control, y la gráfica de resistencia a compresión de esta mezcla indica que la resistencia seguirá aumentando, por lo que resulta totalmente factible sustituir con CCA al cemento. Otras de las mezclas que dio un buen resultado en comportamiento fue la sustitución de un 10% de CCA, aunque esta última mostró un comportamiento distinto a la mezcla de 20%, que a los 28 días tuvo un promedio similar al control pero a los 60 días decayó su resistencia a compresión por debajo del control, y a los 100 días logró superar al control en un 26.8%.
- Águila, Idalberto & Sosa, Milena (2008) En su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Central de Venezuela: “Evaluación Físico Química de ceniza de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como material puzolánico, en cuyo tesis presenta una caracterización preliminar de algunos residuos de producciones agrícolas venezolanas y se evalúa sus potencialidades para ser utilizados como posibles fuentes de material puzolánico. Se incluye para su estudio las cenizas de cascarilla de arroz, hoja de maíz y bagazo de caña, todas ellas con importantes cantidades de sílice amorfa en su composición química. Mediante ensayos de laboratorio, se realiza una primera caracterización física y química de cada uno de los materiales, con el fin de determinar si posee la composición necesaria

como posibles materiales puzolánicos. Esta caracterización se complementa con ensayos de resistencia a compresión y durabilidad de muestras de mortero, realizadas con diferentes combinaciones de cada material con cemento portland. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica de la utilización de cenizas de cascarillas de arroz y hoja de maíz como material puzolánicos, no así del bagazo de caña que queda momentáneamente descartado de ser utilizado.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

- Cesar Alberto Reyna Pari. (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”, donde tiene como objetivo determinar los resultados de la reutilización de los residuos de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo, con lo cual 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.
- Villegas Martínez, Carlos (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”, El estudio realizado tuvo como objetivo verificar la utilización de puzolanas en la producción de morteros y concretos para revestimientos y fabricación de componentes constructivos con base cementicia, como una solución a la urgente necesidad de vivienda en los países en desarrollo, llegando a la conclusión:
 - Los ensayos de energías dispersas y rayos X (EDX), nos indican que las puzolanas y cenizas de cáscara de arroz estudiado contienen mayoritariamente Sílice (Si) en un 94% y 4% en menores proporciones

de. Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca), lo que representan materiales con alto actividad Puzolánica.

- Los ensayos de granulometría láser realizados a la puzolana, luego de la molienda utilizando el molino, las cenizas de cáscara de arroz son las que presentaron mejor finura que las puzolanas volcánicas, notándose este hecho en el tamizado para obtener una finura similar al cemento, factor que influyó en la obtención de la resistencia en los morteros elaborados
- De los análisis químicos de reactividad Puzolánica, la puzolana natural procedente de Conchupata denominada (PI) es la que presenta mejores características puzolánicas, mientras que las cenizas de cáscara de arroz quemadas en horno son las que presentaron mejores características puzolánicas que las cenizas de cáscara quemadas en pampa y mejores que las puzolanas naturales, hecho que se confirma con los ensayos realizados en compresión mediante la elaboración de morteros
- En el estudio se ha encontrado que las cenizas de cáscara de arroz son las que presentaron mejores propiedades mecánicas en la adición en morteros y concreto, siendo la ceniza de cáscara de arroz estudiado procedente de Tarapoto, denominado (CV), la que tuvo mejor performance respecto a sus propiedades mecánicas, obteniéndose en reemplazo del cemento hasta un 15% similar resistencia a la mezcla de control.
- En la elaboración de bloquetas de concreto, adicionando en reemplazo del cemento por ceniza de cascará de arroz del 10% 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

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1 CONCRETO.

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. (Abanto Castillo, 2009)

2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO.

2.2.2.1 CEMENTO.

El cemento es el elemento básico de la industria de la construcción, en la que se utiliza como aglomerante en forma de mortero y como componente principal del concreto. Asimismo su uso en la industria está muy diversificado, ya que se utiliza en elementos prefabricados, pavimentos, tubos, presforzados, fibrocemento, entre otros. Existen los cementos naturales que son los que se obtienen a partir de rocas que contienen cal y arcilla, y los cementos artificiales, fabricados con piedra caliza, arcilla y yeso como materias primas. Estos últimos son los de mayor interés económico porque constituyen prácticamente la totalidad de los que se utilizan en la industria. El más importante de los cementos artificiales es el cemento Portland (Navarro Veliz & López Yarango, 2006)

- **Cemento Portland.**

Es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otro material similar, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida.

El cemento portland se divide en cinco categorías normadas por las especificaciones del ASTM, de normas para el Cemento Portland (C150), y las Normas Técnicas Peruanas [NTP 334.009-2013], cada categoría posee características físicas y químicas específicas (Abanto Castillo, 2009)

- **Cemento tipo I:** De uso general en la construcción, cuando en las mismas no se especifican la utilización de los otros 4 tipos de cemento. Se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. Sus aplicaciones más importantes son: (Abanto Castillo, 2009)

- ✓ Obras de concreto y concreto armado en general.
 - ✓ Estructuras que requieran un rápido desencofrado.
 - ✓ Concreto en clima frío.
 - ✓ Productos prefabricados, pavimentos y cimentaciones.
- **Cemento tipo II:** Se utiliza en obras de concreto en general y cuando se espera un ataque moderado de los sulfatos o cuando se requiere un calor de hidratación moderado, para lograr este tipo de características se regulan la cantidad máxima de silicato tricálcico (C_3S) y aluminato tricálcico (C_3A), este cemento alcanza una resistencia similar al cemento Tipo I pero requiere más tiempo de fraguado.
 - **Cemento tipo III:** Este desarrolla una alta resistencia en un tiempo menor, en 7 días tiene la misma resistencia que un concreto tipo I o II en 28 días. Para lograr este rápido fraguado se aumentan las cantidades de silicato tricálcico (C_3S) y aluminato tricálcico (C_3A).
 - **Cemento tipo IV:** Este es un cemento de secado lento por lo que no genera gran cantidad de calor de hidratación siendo ideal para estructuras que no requieran una alta resistencia inicial, como por ejemplo presas. Para lograr esto se regulan las cantidades de silicato tricálcico (C_3S) y aluminato tricálcico (C_3A), ya que estos son los elementos que se encargan de fraguado inicial por lo que liberan la mayor cantidad de calor de hidratación.
 - **Cemento tipo V:** Este es un cemento con gran resistencia al ataque de sulfatos, por lo que es muy utilizado en estructuras hidráulicas expuestas a aguas con gran concentración de álcalis o estructuras expuestas a agua de mar. Para lograr esto se reduce la cantidad de aluminato tricálcico (C_3A) ya que este es el componente más vulnerable a los sulfatos.

2.2.2.2 AGREGADOS.

Se definen como materiales que constituyen entre el 60 y el 80% del volumen total del concreto y se usan con un medio cementante como la lechada, para formar mortero o concreto. Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia

de la pasta al cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Debido a esto, tienen gran influencia tanto en el costo económico como en las propiedades del concreto, fresco o endurecido. Las propiedades físicas que podrían ser afectadas incluyen el peso unitario, la trabajabilidad, el módulo de elasticidad, resistencia, contracción, flujo, comportamiento térmico y durabilidad. Dentro de los agregados se encuentran dos clasificaciones: agregado gruesos (grava) y agregado finos (arena) (Méndez, 2012, pág. 25).

2.2.1.1.1. Agregado Fino:

También llamado arena, se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (N° 3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N° 200); además de cumplir con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33.

El contenido de agregado fino normalmente oscila entre 35% al 45% por masa o volumen total del agregado, según sea el diseño. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera y no debe tener más de 5% de material más fino que la malla N°200 (Méndez, 2012, pág. 26).

2.2.1.1.2. Agregado Grueso:

También llamado grava, se define como las partículas de grava o piedra partida de origen natural o artificial, que es retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33. El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del mismo.

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa, químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, no debe tener más de 1% de material más fino que la malla N°200.

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼" (Méndez, 2012, pág. 26).

2.2.2.3 AGUA.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, cumple con dos funciones vitales en el desarrollo de la mezcla, como agua de mezclado y como agua de curado. Para la primera, casi cualquier agua natural potable, sin tener un sabor u olor notable, puede servir para el mezclado, pues el agua cuando funciona como un ingrediente en la fabricación de la mezcla ocupa entre 10% - 25% de cada m³ producido. Se debe evitar que esté contaminada de sulfatos pues estos son agresivos al cemento. Si no se tiene cuidado en eliminar las impurezas excesivas contenidas en el agua de mezcla, estas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la constancia de volumen, sino que a su vez pueden producir eflorescencia o corrosión del refuerzo (Méndez, 2012, pág. 26).

2.2.1.1.3. Agua de mezclado.

Es el agua que reacciona con el cemento, produciendo su hidratación, asimismo, actúa como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla de concreto.

El agua de mezclado asegura el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación. La hidratación completa del cemento requiere del 22 - 25%, del agua de mezclado.

Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras de acero componentes del concreto armado (Méndez, 2012, pág. 27).

2.2.1.1.4. Agua de curado.

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras (Rivva López, Materiales para el concreto, 2008)

2.2.3 USO DE FIBRAS EN EL CONCRETO

2.2.1.2. REFUERZO DEL CONCRETO CON FIBRAS

Las fibras siempre estuvieron presentes en materiales que tuvieron usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal entre otros.

Las fibras vegetales son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos. (Montalvo Guevara, 2015)

Probablemente el uso más extendido de las fibras como un componente más en materiales aglomerantes haya sido su uso en elementos como tejas o prefabricados de asbesto-cemento (Montalvo Guevara, 2015)

La resistencia a la compresión y a la tensión del concreto está íntimamente relacionada; sin embargo, no hay una proporcionalidad directa. Cuando la resistencia a la compresión del concreto se incrementa, la resistencia a la tensión también se incrementa, pero a una velocidad decreciente. En otras palabras, la relación de la resistencia tensión/compresión depende del nivel general de la resistencia a la compresión. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Ordinariamente, el concreto contiene numerosas microgrietas. La rápida propagación de las microgrietas bajo un esfuerzo aplicado, es la responsable de la baja resistencia del concreto a la tensión del material. Inicialmente, se suponía que la resistencia a la tensión, igual que a la flexión del concreto, podían incrementarse sustancialmente introduciendo fibras cercanamente espaciadas que obstruirían la propagación de las microgrietas, retrasando así el inicio de las grietas por tensión, e incrementando la resistencia a la tensión del material.

Las fibras son generalmente utilizadas en el concreto para controlar el encogimiento, las grietas y resquebrajamiento por efecto del secado. Asimismo, la menor permeabilidad del concreto y, por tanto, reducir el escurrimiento de agua. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Los beneficios de la fibra en el concreto son:

- Mejorar la cohesión de la mezcla
- Mejorar la resistencia a ciclos de congelación-deshielo
- Mejorar la resistencia a explosiones en caso de un gran incendio
- Mejoran la resistencia al impacto
- Aumentar la resistencia a la reducción plástica

Actualmente, las fibras de acero, de vidrio y, más recientemente, las de polipropileno, son alternativas viables para reforzar al concreto. Pero últimamente se han realizado estudios a otro grupo de fibras llamadas “naturales” para verificar si se obtenían los resultados que se tenían con las fibras de asbesto. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Las fibras de acero, plástico, vidrio y materiales naturales podemos encontrarlas con diferentes características, como la forma; pueden ser cilíndricas, llanas, onduladas (rizadas) y deformadas.

Los concretos convencionales y los que llevan un porcentaje de fibra funcionan de la misma manera, sólo existen algunas cosas que los diferencian: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

- El sistema convencional, el acero sólo se coloca donde el análisis lo determina necesario, en cambio las fibras se distribuyen de manera aleatoria en la sección transversal del concreto.
- Las fibras son relativamente cortas y el espaciamiento es muy corto entre ellas, a diferencia de las barras de acero continuo que se utilizan en el sistema convencional.
- Con el uso de fibras no es posible lograr la misma relación área de refuerzo-área de concreto si se compara con la red de refuerzo de barras.

2.2.1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE FIBRAS

Debido al mezclado, la distribución de las fibras en la sección transversal del concreto es aleatoria y no todas llegan a trabajar como refuerzo ante los esfuerzos de tensión provocados por las cargas. Aunque la orientación depende

mucho del método de fabricación del concreto, ya que puede ser bidimensional (2-D) o tridimensional (3 D). El método de rociado promueve una orientación 2-D, mientras que el método de fabricación con mezcladora promueve la orientación en 3D.

Además, es común que las fibras atraviesen las fisuras con un ángulo que no favorece para evitar el agrietamiento, o su anclaje no es el suficiente para obtener la perfecta unión fibra-matriz. Debido a esto, el porcentaje de fibras que ayudan a absorber las tensiones de tracción (esfuerzos de tensión) es reducido. Por tales motivos, la eficiencia de un sistema con fibras no es tan eficiente, y se puede decir que un sistema así no mejora en gran medida la resistencia del compuesto.

Los concretos con fibra son más adecuados para secciones delgadas de concreto, donde la armadura de refuerzo tiene una difícil colocación. Se puede reducir el peso usando secciones más delgadas de concreto reforzado con fibra que posea una resistencia equivalente a la de secciones más gruesas reforzadas con la armadura convencional. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

2.2.1.4. TIPOS Y PROPIEDADES DE FIBRAS Y SU EFECTO EN EL CONCRETO

A. Fibras de Acero

Las fibras de acero cortas son pequeños pedazos discontinuos de acero con un aspecto o esbeltez (relación entre longitud y diámetro) que varía entre 20 y 100 y con muchas secciones transversales. Algunas fibras de acero tienen extremos conformados para mejorar la resistencia al arrancamiento de la matriz a base de cemento.

La presencia de las fibras afecta ligeramente la resistencia a compresión. La adición del 1.5% (en volumen) de fibras de acero puede aumentar la resistencia tracción directa hasta 40% y la resistencia a la flexión hasta 150%. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

B. Fibras de vidrio

La primera investigación sobre fibras de vidrio a principio de los años 60 usó vidrio convencional de boro silicato (fibras de vidrio-E) y fibras de vidrio de sílice cal- soda (fibra de vidrio-A). Los resultados de las pruebas mostraron que la reactividad entre las fibras de vidrio-E y la pasta de cemento reduce la

resistencia del concreto. El avance de las investigaciones ha resultado en la creación de las fibras de vidrio resistentes a álcalis (Fibras de vidrio RA), las cuales aumentaron la durabilidad a largo plazo, pero fueron observadas otras fuentes de pérdida de resistencia. Una fuente conocida es la rigidización de los filamentos por la infiltración de partículas de hidróxido calcio (producto de la hidratación del cemento) entre los haces de fibras. La reactividad con los álcalis y la hidratación del cemento son la base para las dos teorías más aceptas sobre la pérdida de la resistencia y de la ductilidad, principalmente en concreto reforzado con fibras de vidrio en áreas externas:

- El ataque de las fibras de vidrio por álcalis reduce la resistencia a tracción de las fibras y, consecuentemente, baja la resistencia a compresión.
- El proceso de hidratación del cemento promueve la penetración de partículas de hidróxido de calcio en los haces de fibras, aumentando la resistencia de adherencia entre fibra y matriz y la rigidez, siendo que ésta última disminuye la resistencia a tracción por inhibir el arrancamiento de la fibra.

C. Fibras Sintéticas

Las fibras sintéticas son las fibras que se fabrican por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Los tipos de fibras usadas en concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno. Resume la variación en las propiedades físicas de estas fibras.

Las fibras sintéticas pueden reducir la retracción plástica y consecuentemente la fisuración y pueden ayudar el concreto después que se fisura.

Los problemas asociados con fibras sintéticas incluyen:

- Baja adherencia fibra-matriz; pruebas de desempeño no concluyentes para volúmenes bajos de fibras de polipropileno, polietileno, poliéster y nylon; bajo módulo de elasticidad de las fibras de polipropileno y polietileno
- El alto coste de las fibras de carbón y aramida. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

D. Fibras Naturales

Las fibras naturales se han usado como una forma de refuerzo desde mucho tiempo antes de la llegada de la armadura convencional de concreto. Los ladrillos de barro reforzados con paja y morteros reforzados con crin de caballo son unos pocos ejemplos de cómo las fibras naturales se usaron como una forma de refuerzo. Muchos materiales de refuerzo natural se pueden obtener con bajos niveles de costes y energía, usando la mano de obra y la pericia disponibles en la región. Estas fibras se usan en la producción de concretos con bajo contenido de fibras y, ocasionalmente, se han usado en planchas finas de concreto con alto contenido de fibras. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Las fibras naturales necesitan tener adecuadas propiedades mecánicas para ser consideradas como posible refuerzo en matrices de concreto. Muchos investigadores como (Bledzki y Gassan, 1999; Luo y Netravali, 1999; Herrera y Valadez, 2004) han contribuido con sus trabajos **Tabla 1**

Tabla 1: Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales

Tipo de fibra	Longitud mm	Diámetro mm	Densidad Absoluta g/cm ³	Módulo de Elasticidad	Resistencia Última a	Elongación a la Ruptura	Absorción de Agua %
Yute	1800-3000	0.10-0.20	1.02-1.04	26-32	250-350	1.5-1.9	62
Lino	500	-	-	100	1000	1.8-2.2	-
Bambú	2500-3500	0.05-0.40	1.52	33-40	350-500	-	40-45
Caña de azúcar	50-300	0.20-0.40	1.20-1.30	15-19	170-290	-	70-75
Sisal	-	0.10-0.50	-	13-26	280-568	3-5	60-70
Henequén	-	0.36	1.4	-	91-307	2.3-7.6	163.1
Pasto de elefante	-	0.45	-	5	178	3.6	-
Plátano	-	0.43	0.298	1.4	92	5.9	276
Musamba	-	0.82	-	0.9	83	9.7	-
Coco	50-350	0.10-0.40	1.12-1.15	19-26	120-200	10-25	130-180

Fuente: Bledzki y Gassan, 1999; Luo y Netravali, 1999; Herrera y Valadez, 2004

a. Aspectos estructurales de las fibras

Las fibras naturales vegetales están compuestas mayoritariamente por tres polímeros estructurales celulosa, hemicelulosa y lignina además en menor medida por una serie de compuestos de bajo peso molecular solubles en agua, proteínas y sales minerales. Las proporciones de estos

compuestos varían de una planta a otra en respuesta a las condiciones del entorno, como consecuencia de esta variabilidad, las propiedades y características físicas de las fibras no son homogéneas (Betancourt et al., 2009). Las biofibras de origen vegetal son paquetes de células vegetales de paredes gruesas y alargadas, estas fibras son agrupaciones de microfibrillas adheridas a una matriz de hemicelulosa/lignina. Considerando una fibra vegetal como una célula individual, su longitud típica varía entre 1 y 50 mm y su diámetro entre 10 y 50 μm . Las fibras vegetales comprenden diversas microestructuras organizadas jerárquicamente que se disponen en tubos microscópicos concéntricos alrededor del lumen central (Brett Y Waldron 1996).

La lignina forma una matriz amorfa en la pared vegetal, los enlaces interpolímeros que pueden ser directos, enlaces éter entre OH alcohólicos de los polisacáridos y fenólicos de la lignina, o a través de puentes formados por los ácidos p-hidroxicinámicos. Estos últimos son precursores de la lignina pero en muchas plantas herbáceas se encuentran también en forma libre, incluidos en la fracción extraíble y formando puentes lignina-polisacáridos (Nabi y Jog, 1999).

La composición química de las fibras son las variables más importantes para determinar las principales propiedades de las fibras en general, la tensión y el módulo de young aumentan a medida que crece el contenido en celulosa de la fibra (Maya y Sabu, 2008; Satyanarayana et al., 1986).

b. Constituyentes químicos de las fibras

La mayor parte de las fibras procedentes de las plantas con excepción del algodón, están compuestas por tres polímeros estructurales como la celulosa, hemicelulosa y lignina, así como también por una serie de compuestos de bajo peso molecular solubles en agua fracción hidrosoluble o solventes orgánicos los denominados extraíbles. También presentan pequeños contenidos en proteínas y sales minerales estimadas como cenizas tras la combustión.

c. Ventajas y desventajas de las fibras naturales

Las características de las fibras las hacen especialmente atractivas para el desarrollo de nuevos materiales compuestos: baja densidad, gran

abundancia, carácter renovable, biodegradabilidad y bajo costo. Además, es de destacar la ausencia de riesgos para la salud en el proceso de su manipulación y el hecho de que su poca rigidez puede ser una ventaja durante el procesamiento, pues las fibras se pueden doblar en lugar de romperse, como pasa con otros tipos de fibras sintéticas. No obstante, existen dificultades intrínsecas en la utilización en las fibras de celulosa como agente reforzante en nuevos materiales compuestos, como por ejemplo, la dificultad de lograr una buena dispersión de las fibras en el seno de la matriz, su gran capacidad de absorción de agua y baja resistencia a la degradación biológica y una limitada resistencia térmica si se les compara con las fibras artificiales o sintéticas. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

2.2.2. UTILIZACION DE CENIZAS EN EL CONCRETO.

2.2.2.1. GENERALIDADES

Las cenizas son el residuo de la combustión de algún material. Contiene partículas esféricas muy pequeñas de material vítreo con materiales puzolánicos. Son materiales puzolánicos que tienden a ser más reactivos aquellos con alto contenido de calcio. Son compatibles con los cementos portland. Ellas pueden ser empleadas ya sea como un material de dosificación separado o como un componente del cemento mezclado. Su empleo se ha incrementado debido a que mejoran algunas propiedades del concreto y reducir el costo de éste.

Las cenizas pueden ser útiles para controlar los efectos de la reacción álcalis-agregados. Las cenizas poseen propiedades puzolánicas similares a las naturales u volcánicas, sedimentarias que se encuentran en muchas partes del mundo. Hace de cerca de 2000 años, los romanos mezclaron cenizas volcánicas con cal, agregado y agua para producir mortero y concreto. En forma similar las cenizas son mezcladas con cemento portland debido que ellas contienen algo de cal.

Cuando el concreto que contiene cenizas es adecuadamente curado, los productos de la reacción de las cenizas llenan los espacios entre las partículas del cemento hidratadas, disminuyendo de esa manera la permeabilidad del concreto al agua y a los agentes agresivos.

La reacción lenta de muchas cenizas si se las comparan con el cemento portland, limitada la generación inicial y disminuye la elevación de temperatura en estructuras masivas. Mezclas de cenizas adecuadamente dosificadas dan al concreto propiedades que podrían no ser alcanzadas a través únicamente de empleo de cemento portland.

En la actualidad las cenizas son empleadas en el concreto por muchas razones incluyendo la reducción en los costos,

- Mejoras en la trabajabilidad del concreto fresco,
- Reducción en la elevación de la temperatura durante la hidratación inicial,
- Mejora a la resistencia a los sulfatos, reducción en la expansión de vida a la reacción álcali- sílice y contribución a la durabilidad y resistencia del concreto endurecido. (Portugal Barriga, Tecnología del concreto de alto desempeño, 2008)

2.2.2.2. FUENTES DE CENIZA

La cenizas son producido como un subproducto del quemado del carbono, el cual previamente ha sido triturado y molido a una finura del 70% al 80% que pasa la malla N° 200.

En los Estados Unidos se producen 50 millones de toneladas de ceniza del cual el 10% al 12% se utiliza en la producción de concreto y productos del concreto.

En el Perú, Las cenizas se obtienen principalmente de la planta termoeléctrica de la ciudad de Ilo y se emplean en concreto premezclado, adicionalmente obtienen del quemado de la cascarilla de arroz en la selva norte. (Rivva López, Materiales para el concreto, 2008)

2.2.2.3. COMPOSICION DE LAS CENIZAS

La composición química e volumen ha sido empleada por la Norma ATM C 618 para clasificar a las cenizas en dos tipos, las clases C y las F.

- Un amplio rango existe en la cantidad de los cuatro constituyentes principales: óxido de sílice entre 35% al 60%; oxido de alúmina entre 10% al 30%; óxido de fierro entre el 4% al 20%; óxido de cal entre 1% al 35%. Se requiere que la suma de los primeros tres constituyentes sea mayor de 70% del límite mínimo de la clase F. (Portugal Barriga, Tecnología del concreto de alto desempeño, 2008)

2.2.2.4. VENTAJAS DEL EMPLEO DE LAS CENIZAS EN EL CONCRETO

Las cenizas en el concreto tienen una amplia serie de empleos específicos que se detallan en la **Tabla 2**

Tabla 2: Ventajas en el empleo de cenizas en el concreto.

<p>A. En la resistencia mecánica A.1 A largo plazo, al prolongar el período de endurecimiento A.1.1 A tracción A.1.2 A compresión A.1.3 Mejor relación tracción - compresión</p>	<p>E. En la plasticidad D.1 Rebajando la relación a/c D.2 Reduciendo la segregación D.3 Evitando la exudación y el sangrado</p>
<p>B. En la estabilidad B.1 Frente a la expansión por cal libre B.2 Frente a la expansión por sulfatos B.3 Frente a la expansión por la reacción álcalis - agregado B.4 Frente a la retracción hidráulica de secado, por la menor relación a/c B.5 Frente a la retracción térmica por enfriamiento B.6 Frente a la fisuración</p>	<p>F. En la impermeabilidad F.1 Reduciendo la porosidad F.2 Evitando la formación de eflorescencias F.3 Produciendo la mayor cantidad de Tobermorita</p>
<p>C. En la durabilidad C.1 Frente a ataques por agua puras y ácidas C.2 Frente a ataques por aguas y suelos sulfatados C.3 Frente a ataques por agua de mar C.4 Frente a ataques por gases de descomposición y fermentación de materias orgánicas C.5 Frente a la desintegración por la reacción álcalis - agregado</p>	<p>G. En la adherencia G.1 Del agregado a la pasta G.2 Del mortero a las armaduras</p>
<p>D. En el rendimiento y la economía D.1 Al corresponder a los cementos puzolánicos mayor volumen que a otros conglomerantes a igualdad de peso D.2 Al ser los cementos puzolánicos, en general, conglomerantes más baratos</p>	<p>H. En el comportamiento térmico H.1 Al liberar menor calor de hidratación H.2 Al producir menor elevación de temperatura</p>

Fuente: Materiales para el concreto. Rivva López. (2008)

2.2.3. RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO ADICIÓN AL CONCRETO

Los residuos agrícolas son los producidos en las actividades del llamado sector primario de la economía y por industrias alimenticias. Estos residuos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Residuos de base orgánica
- Residuos de base inorgánica

Los residuos de base orgánica son ricos en productos orgánicos naturales, fundamentalmente celulosas, lignina, azúcares y materiales fibrosos. Algunas de sus características fundamentales son la ligereza, porosidad y la solubilidad de la fracción orgánica. Al ser utilizado como una adición al concreto, éste sufre cambio en sus propiedades como ser el aligeramiento, el retraso de fraguado y endurecimiento, además de un incremento en la demanda de agua.

Las fibras naturales se pueden obtener de diversas partes de las plantas y árboles. Por ejemplo se obtienen fibras del tallo del yute, de las hojas del sisal o el henequén, de la superficie del algodón o el coco y de la madera del eucalipto o del bambú. Algunas especies se cultivan específicamente para la obtención de fibras para textiles y otras áreas industriales.

En muchos casos pueden fabricarse fibras para hormigón a partir de residuos vegetales como el bagazo de caña de azúcar y la fibra de coco verde, la cáscara de arroz, etc.

Los residuos de base inorgánica son ricos en sustancias inorgánicas generalmente sílice y alúmina, con contenidos importantes de álcalis. Sus características fundamentales son granulometría fina, baja solubilidad y una fracción vítrea importante. Al ser utilizados como adición al concreto presentan reactividad puzolánicas, generalmente aumentan la durabilidad del hormigón, pero se incrementa la demanda de agua, disminuyéndose la trabajabilidad, que se debe compensar con el uso de plastificantes. Algunos ejemplos de residuos agrícolas de base inorgánica son: Ceniza de cáscara de arroz, Ceniza de bagazo de caña de azúcar, Ceniza de paja de caña, Ceniza de cáscara de palma, Ceniza de paja de trigo, Ceniza de cascarilla de café, etc

2.2.3.1. CAFÉ (PRODUCTO AGRICOLA EN ESTUDIO)

2.2.3.1.1. GENERALIDADES

El Perú participa en el mercado mundial del café con el 3% de la producción, siendo su cultivo de suma importancia en la economía nacional. Es el principal producto de agro exportación, generador de divisas y fuente de empleo, aproximadamente 24 millones de jornales anuales se emplean en la producción y beneficio del café.

La caficultura es la principal actividad agrícola lícita en los valles de la selva del país (los mayores rendimientos se obtienen en departamentos como Amazonas, San Martín y Cajamarca), donde el café se posesiona como el cultivo alternativo más importante frente a la coca, constituyéndose en su mayoría como el principal sustento económico de las familias, debido a que el proceso de elaboración del café se desarrolla en condiciones agro ecológicas ideales. Las plantaciones se encuentran localizadas en las montañas tropicales de los Andes cultivándose entre los 600 y 2,700 msnm

El café es un arbusto, llamado cafeto (*Coffea*) de la familia de los rubiáceos, de hoja perenne que puede alcanzar una altura entre dos y seis metros. El fruto producido es la drupa o cereza de 1.5cm de diámetro que madura en un periodo de siete hasta doce meses. La piel de la cereza es de color rojizo **Figura 1**, **Figura 2**, entre la piel y la semilla se encuentra el mesocarpio.

En la cereza se encuentran dos granos o sólo uno llamado caracolillo, en la **Figura 3** se observa la estructura del grano de café. (Riaño Luna, 2010)



Figura 1: Planta de café en maduración



Figura 2: Fruto de café.

Fuente: Tecnología del café (Riaño Luna, 2010)

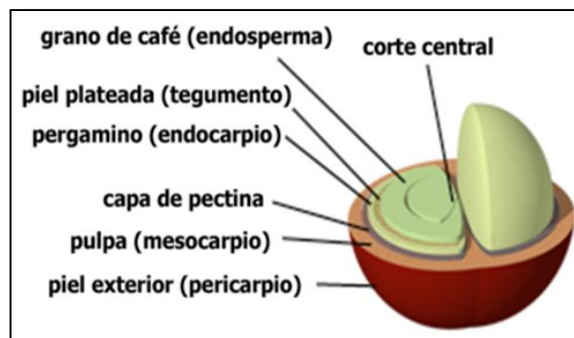


Figura 3: Esquema de la estructura del grano de café
 Fuente: *Tecnología del café (Riaño Luna, 2010)*

El fruto está formado por la pulpa o mucílago (exocarpio y mesocarpio) de consistencia gelatinosa y color cremoso, el pergamino o cascarilla (endocarpio) es la cubierta corácea de color amarillo pálido o crema a marrón que envuelve la semilla, la película plateada o tegumento (testa) es una piel plateada que rodea al grano de café verde adherida que corresponde con el tegumento de la semilla cuyos restos suelen permanecer pegados a lo largo del surco que atraviesa la parte plana del grano, la semilla o grano de café (endosperma) es propiamente la semilla constituida y el embrión

2.2.3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El Café es un cultivo permanente, producido por el árbol del cafeto. Estos arbustos requieren una temperatura elevada (20° a 25° C) y una humedad atmosférica importante. Es una planta de semi-sombra, que hay que proteger de los vientos y de las temperaturas bajas. (Riaño Luna, 2010)

2.2.3.1.3. VARIEDADES

- **VARIEDAD ARÁBIGA**

La variedad arábica (*Coffea arábica*) tiene un contenido en cafeína menor que en la variedad robusta. Se cultiva principalmente en Colombia, Centroamérica y Brasil. Es la especie cultivada más abundante.

- **VARIEDAD ROBUSTA**

La variedad robusta (*Coffea Canephora*) tiene mayor contenido en Cafeína. Es más resistente a las plagas y necesita menos cuidados, por lo tanto es más económica. Se cultiva principalmente en África e Indonesia. Es la segunda especie cultivada más abundante.

2.2.3.1.4. VARIEDADES NACIONALES

El café se desarrolla con relativa facilidad desde los 600 hasta los 1,800 metros sobre el nivel del mar en casi todas las regiones geográficas del Perú. Sin embargo, el 75% de los cafetales está sobre los 1,000 msnm.

Los cafés del Perú son de la especie arábica, que se comercializa bajo la categoría “Otros Suaves”. Las variedades que se cultivan son principalmente Típica, Caturra, Catimores y Borbón.

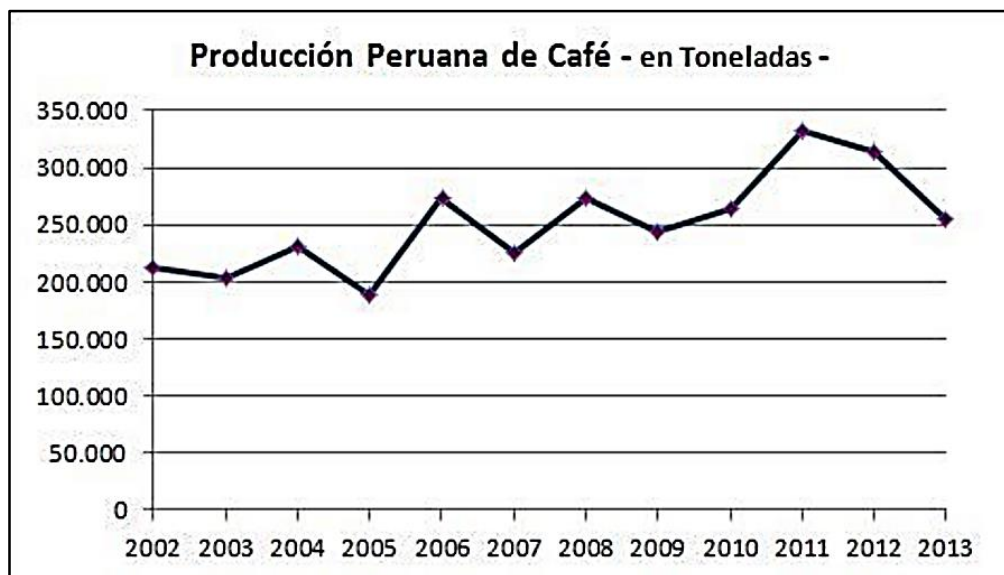
En concordancia con las tendencias actuales, algunos grupos de agricultores peruanos se han especializado y trabajan en café orgánico y otros cafés especiales, reconocidos por su perfil y características peculiares como su calidad de taza, acidez y sabor balanceado que se ajusta muy bien a los microclimas, la temperatura y la estricta altura (1,400 – 1,800 msnm). (Marín Ciriago, 2010)

2.2.3.1.5. MERCADO NACIONAL

- **ZONAS PRODUCTORAS**

Como se puede apreciar en **Gráfico 1** la producción de café tiene subidas y bajas entre los años 2002 al 2013, llegando a la producción pico de 331 547 toneladas en el año 2011

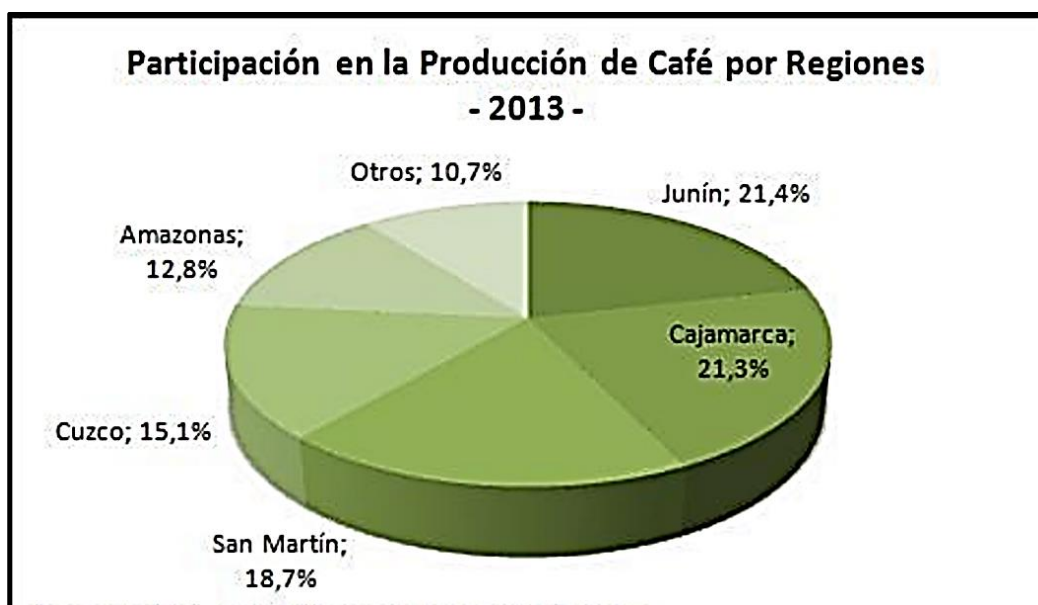
Gráfico 1: Producción Nacional del 2002 al 2013



Fuente: Minag, Elaboración: Área de Desarrollo – Agrobanco

Como se puede apreciar en el **Gráfico 2**, el primer productor a nivel nacional en el 2013 es la región de Junín con 21.4%, seguido de nuestra Región Cajamarca con 21.3%, luego continúan San Martín, Amazonas y otros.

Gráfico 2: Principales departamentos productores



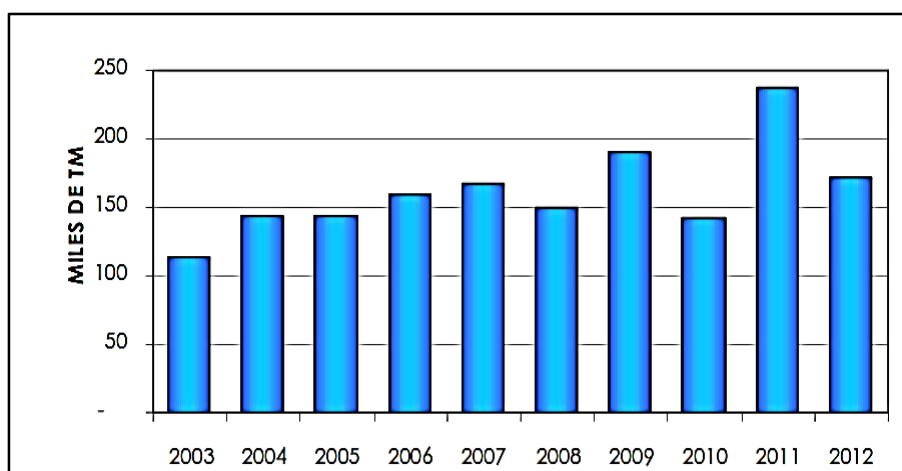
Fuente: Minag, Elaboración: Área de Desarrollo – Agrobanco

2.2.3.1.6. MERCADO INTERNACIONAL

- **EXPORTACIONES ANUALES**

En el gráfico se puede observar las exportaciones anuales entre 2003 y 2012 donde se puede observar subidas y bajas repentinas. **Gráfico 3**

Gráfico 3: Exportaciones anuales de café

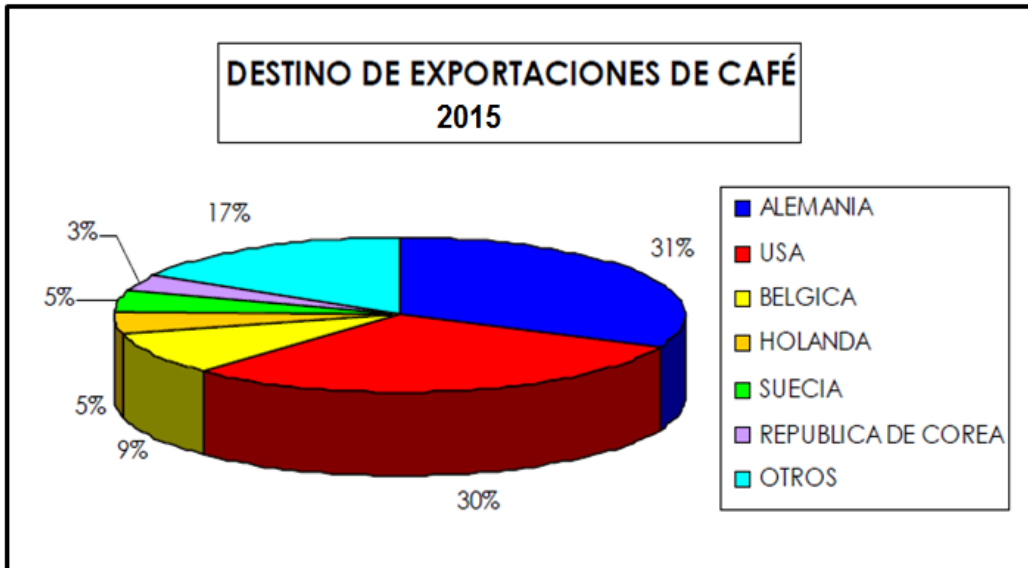


Fuente: Minag, Elaboración: Área de Desarrollo – Agrobanco

- **DESTINO DE LAS EXPORTACIONES**

Alemania, Estados Unidos, y Bélgica suman el 71% de las exportaciones locales de café. Europa en su totalidad representa el 58% de las exportaciones para el año 2015. **Gráfico 4**

Gráfico 4: Destino de exportaciones



Fuente: Minag, Elaboración: Área de Desarrollo – Agrobanco

2.2.3.1.7. ETAPAS DEL BENEFICIO DEL CAFÉ Y DESECHOS

- **FLUJO DEL PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO**

Comprende varios pasos que deben ser realizados con sumo cuidado para garantizar la calidad del grano; Se detallan en **Figura 4**. (Marin Ciriago, 2010).

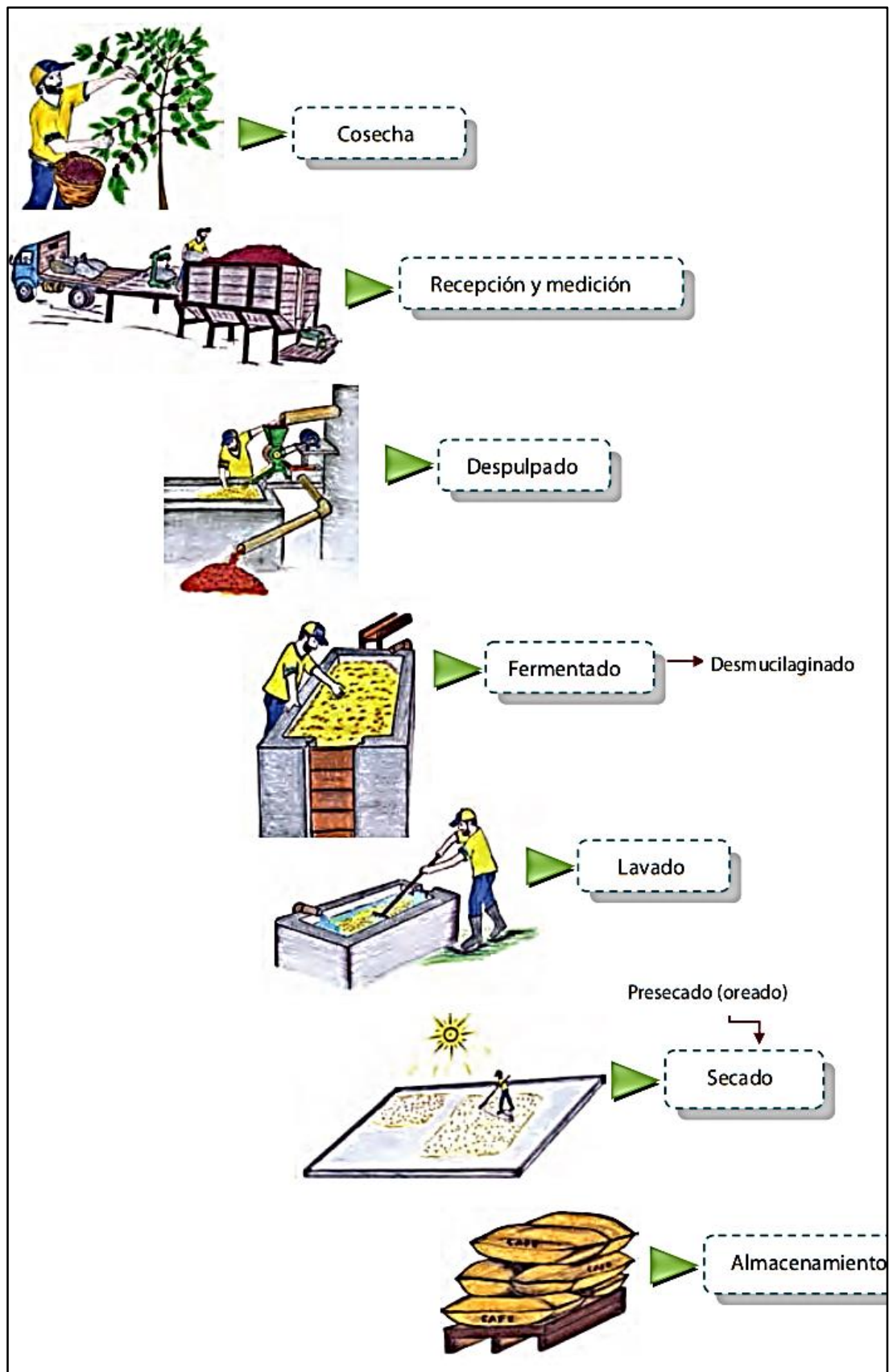


Figura 4: Proceso del beneficio del café.

Fuente: Cultivo del Café. Marín Ciriago, G. (2010).

1. Recepción y pesado del cerezo

La recepción del cerezo se realiza por la tarde, se procede a pesar el café recolectado durante el día.

2. Clasificación del cerezo

Para separar los cerezos brocados, vanos, flotes e impurezas, se hace uso del tanque de sifón en donde se clasifican por efecto de la densidad (granos malos flotan en el tanque).

3. Despulpado

Se realiza con despulpadoras de cilindro o disco. Consiste en desprender la pulpa y parte del mucílago adherido a ella, enviándola a la compostera, mientras el café despulpado se clasifica en la zaranda y luego pasa al cuello de ganso mediante un sistema por gravedad (primera, segunda, etc.) continuando hacia el proceso de fermentación. Es importante que el despulpado se realice correctamente, ya que influye directamente en la calidad del grano y en el rendimiento. (Marin Ciriago, 2010)

4. Fermentación

Es el proceso que facilita la separación del mucílago del grano de café. Los granos de café son depositados en tanques de reposo para su proceso de fermentación por periodos comprendidos entre 12 a 36 horas, dependiendo de las condiciones de clima, altitud, volumen, variedad y estado de maduración del fruto. (Marin Ciriago, 2010)

5. Lavado

Cuando el mucílago ha sido degradado y removido de la superficie de la semilla, se somete al proceso de lavado en canales de correteo, tanques o lavadoras automáticas, cuya función es remover los residuos que permanecen en el pergamino

En este proceso el café es seleccionado por su peso, separándose aquellos granos que flotan (vanos, brocados, entre otros) en la corriente de agua, los cuales por su defecto, producen disminución de la calidad en taza.

6. Secado

Luego del lavado, el café adquiere niveles mayores al 55% de humedad, en estas condiciones la calidad puede deteriorarse irreversiblemente ocasionando una sobre fermentación; es por ello que se recomienda realizar un pre-secado que consiste en reducir la humedad de 49% a 43% (café mote) y de 42 a 35% (café oreado).

Finalmente, se da el proceso de secado que es la última etapa del beneficio húmedo y consiste en el secado del grano para llegar a una humedad del 11% a 12%. (Marin Ciriago, 2010)

7. Sistemas de secado

El secado del café puede realizarse de dos maneras: secado natural al sol y secado mecánico.

a. Secado al sol

El secado al sol ha sido tradicionalmente valorado como el mejor sistema de secado, se realiza en parihuelas, patios, secador solar. El tiempo de secado depende de las condiciones climáticas y puede oscilar entre cinco y siete días.

b. Secado mecánico

Se realiza por medio de máquinas secadoras horizontales, verticales y guardiolas. El secado mecánico consiste en hacer pasar una corriente de aire impulsada por un ventilador a través de la masa del grano, lo recomendable es calentar el aire a una temperatura que no ponga en riesgo la calidad del grano, como máximo 60 °C.

- **BENEFICIO SECO**

Estas fases ocurren antes de la exportación del café verde y son las siguientes:

a. Trillado

Es el primer paso en el cual se separa el café pergamino y la película de plata del grano. Si no se observa un control estricto, se incurre en errores irreversibles que dañan la calidad del café. Es por eso que el proceso y las máquinas deben ser supervisados continuamente. (Marin Ciriago, 2010)

b. Pulido

El pulido se realiza para remover los restos de la película plateada del grano para darle una mejor apariencia. Este proceso se realiza de manera similar al trillado, es decir por fricción. Aunque el pulido puede darle al café una apariencia más atractiva, el calor excesivo en la fricción puede destruir la brillantez o la acidez del sabor.

c. Selección final

Los granos de café son sometidos a una rigurosa selección antes de ser exportados. Esta selección incluye la clasificación por tamaño, forma, densidad (la dureza de los granos), y por color, que puede variar desde el verde-azulado, hasta el marrón. (Marin Ciriago, 2010) La fase del beneficiado o procesamiento del café da continuidad a la fase anterior (fase agrícola) y consiste en secar el grano en pergamino, posteriormente pasa a la operación de trillado, esta consiste en separar el pergamino del café-oro. Esta operación se lleva a cabo en equipos llamados trillas o retrillas. Al momento de salir de la trilla, el café es pasado por un seccionador que remueve el pergamino suelto, **dicho pergamino o cascarilla se considera un residuo**. Finalmente el café oro es seleccionado, según calidades y destino (exportación o consumo interno).

El rendimiento de 1000 gramos de fruto de café y la fracción representativa de la estructura del grano de cafeto se observa en la

Figura 5.

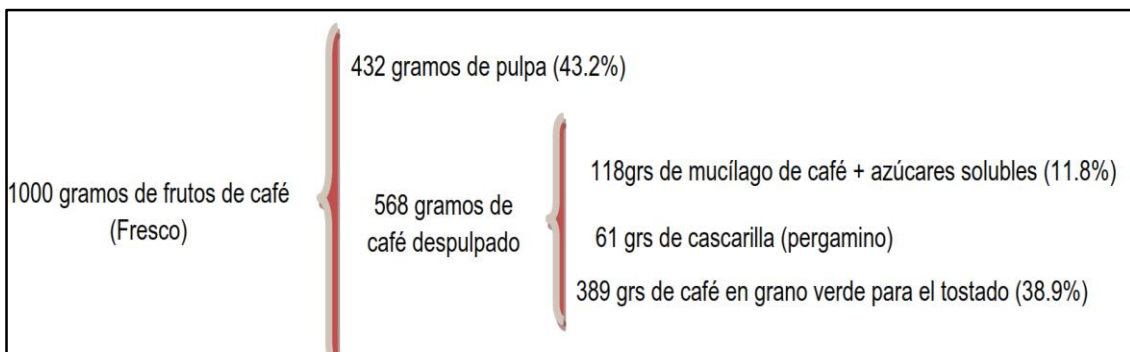


Figura 5: Rendimiento de los granos de café y otras fracciones.

Fuente: (Prieto, 2002)

El pergamino de café o cascarilla representa alrededor de 12% del grano de café en base seca, **Figura 6**

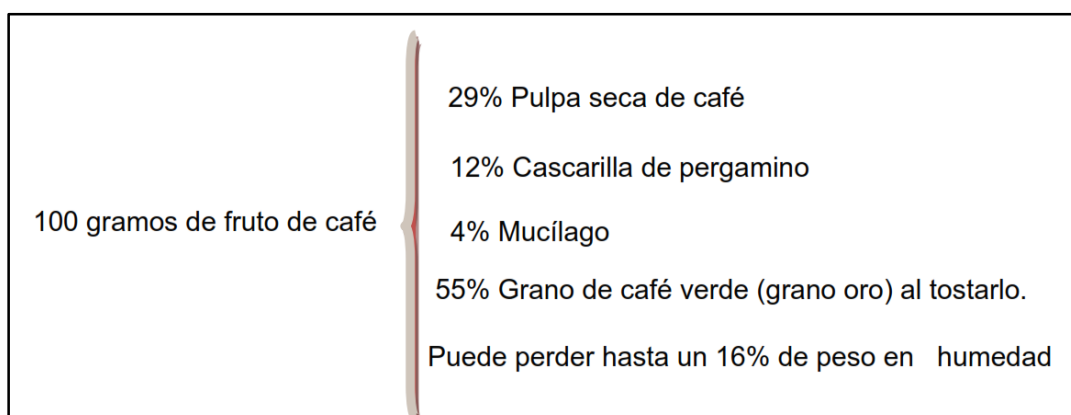


Figura 6: Fraccionamiento de los granos de café en seco

Fuente: (Prieto, 2002)

De un grano de café, sólo el 44% del fruto se utiliza y el 56% restante el cual consiste en pulpa, mucilago y pergamino, se tira en los campos, ríos, y son los principales contaminantes del proceso. (Prieto, 2002).

2.2.3.1.8. CASCARILLA DE CAFÉ

2.2.3.1.8.1. DEFINICIÓN

La cascarilla de café también llamada cisco es una envoltura cartilaginosa de color blanco amarillento de aproximadamente 100 micrómetros de espesor y que corresponde al endocarpio (pergamino) del fruto, la semilla se encuentra en una forma suelta dentro de esta. Esta se extrae mediante el proceso de trillado donde ocurre una separación. (Betancurt & Palacios, 2005)

2.2.3.1.8.2. COMPOSICIÓN

- De acuerdo a estudios realizados Luis Eduardo Terreros Rojas e Iván Leonardo Carvajal Corredor (2010), el cisco o cascarilla del café presenta las siguientes propiedades:
 - El poder calorífico es de aproximadamente 7458 Kcal/Kg.
 - El porcentaje de cenizas es de aproximadamente 0.6%.
 - Su humedad promedio es de 12.1 %.
 - Su Absorción promedio es de 48.5 %.
 - El Material volátil es de 87.7 %.
 - Peso específico 1.25 g / cm³.

- De acuerdo a estudios realizados por (Salazar C, 2004), el cisco o cascarilla del café presenta las propiedades que indica **Tabla 3** :

Tabla 3: Composición química de la cascarilla de café en %

Extracto etéreo	0.40
Proteínas totales	1.50
Celulosa bruta	50.20
Hemicelulosa	11.60
Azúcares	21.30
Pentosa	26.00
Cenizas	1.00
Silicio	15.70
Aluminio (Al 2O ₃)	3.40
Hierro (Fe ² O ³)	13.60
Calcio	19.60
Magnesio	12.20
Sodio	3.40
Potasio	18.00
Grasas	0.60

Fuente: Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café (Salazar C, 2004)

2.2.4. 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].

- **Cemento Portland:** Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. [NTP 400.017- 2011].
- **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].
- **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 339.047-2006].
- **Contracción (retracción):** Disminución de la longitud o de volumen de la pasta de cemento, mortero u concreto (concreto) resultante, de cambios del contenido de humedad, de la temperatura y cambios químicos. [NTP 339.047-2006].
- **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)].
- **Densidad de masa del agregado:** Masa de una unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen vacío entre partículas, expresado en kg/m³. [NTP 400.017-2011].

- **Densidad relativa (gravedad específica):** Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada. [NTP 400.021- Revisada el 2013].
- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico). [NTP 400.021- 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].
- **Durabilidad:** Capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento Portland de resistir a la acción de la intemperie y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión. [NTP 339.047-2006].
- **Resistencia a compresión:** Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. [NTP 339.034-2008 - Revisada el 2013].
- **Trabajabilidad:** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque frescos, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. [NTP 339.047-2006].

3. CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se realizó en Jaén, en el Laboratorio de Materiales en la Universidad Nacional de Cajamarca sede Jaén ubicada entre Jr. Marieta y Arana Vidal, **Figura 7**, **Figura 8**. También algunos ensayos se realizó en laboratorio particular por razones de la falta de equipos, en “GEOCON VIAL”, Gerente general: Ing. Rafael Quiroz Chihuan, ubicado en la calle Capitán Juan Porcel N° 212 - Jaén.

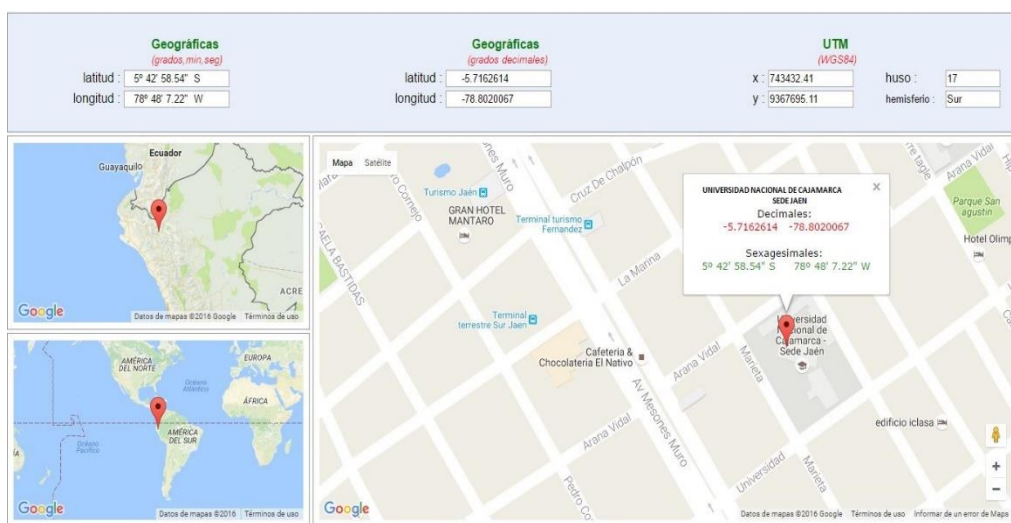


Figura 7: Mapa de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca-sede Jaén”.

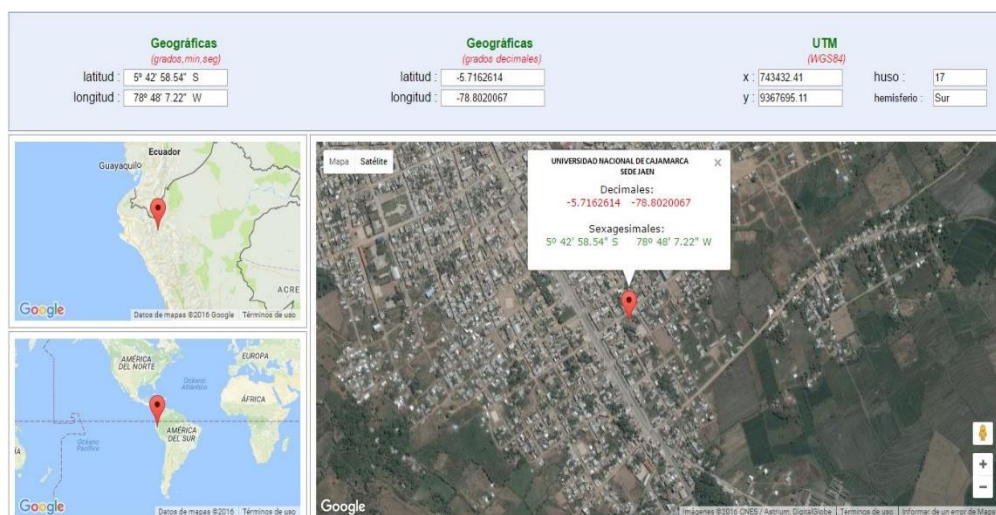


Figura 8: Fotografía satelital de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca-sede Jaén”.

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

3.1.2. 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 cascarilla de café, así mismo también se analizó la resistencia de concreto adicionándole ceniza de cascarilla de café; además se analizó la trabajabilidad y peso unitario del concreto, recolectando datos a través del tiempo en periodos especificados. 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:

Variable	Niveles	Tratamientos	Código
Concreto patrón	0%	Concreto con 0% de FV	CP-0
Fibra vegetal (cascarilla de café)	1.00%	Concreto con 1.0% de FV	CCA – 1.0
	2.00%	Concreto con 2.0% de FV	CCA – 2.0
	3.00%	Concreto con 3.0% de FV	CCA– 3.0
	5.00%	Concreto con 5.0% de CE.	CCE– 5.0
Ceniza	10.00%	Concreto con 10.0% de CE	CCE – 10.0
	15.00%	Concreto con 15.0% de CE	CCE– 15.0

Dónde:

- CP - 0** = Concreto Patrón.
- CCA – 1.0** = Concreto con Fibra Vegetal (cascarilla de café) 1.0%.
- CCA – 2.0** = Concreto con Fibra Vegetal (cascarilla de café) 2.0%.
- CCE – 3.0** = Concreto con Fibra Vegetal (cascarilla de café) 3.0%.
- CCE – 5.0** = Concreto con Ceniza de cascararilla de café 5.0%.
- CCE – 10.0** = Concreto con Ceniza de cascararilla de café 10.0%.
- CCE – 15.0** = Concreto con Ceniza de cascararilla de café 15.0%.

Para esta investigación se procedió a elaborar probetas cilíndricas con incorporación de cascarilla de café tanto con y sin incinerar, además concreto convencional sin incorporación,

Para el caso de la incorporación de cascarilla sin incinerar, las proporciones fueron: 1%, 2% y 3% del peso de concreto por metro cúbico, para luego ser evaluadas a los 07, 14 y 28 días

En el caso de la ceniza las proporciones fueron: 5%, 10% y 15% del peso del cemento y evaluadas a los 07 y 28 días.

3.1.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.1.2.1. POBLACIÓN.

En el caso de la cascarilla sin incinerar: especímenes de concreto cilíndricos normales, con 0% de adición de cascarilla, y reforzados en tres porcentajes; 1%, 2%,3% del peso del cemento por metro cúbico.

Y en el caso de la ceniza con 5%, 10%,15% del peso del cemento en el concreto.

3.1.2.2. MUESTRA.

Estuvo constituido por 180 especímenes de concreto, entre probetas con adición y sin adición, distribuidos de la siguiente manera:

PARA EL CASO DE LA ADICION DE CASCARILLA DE CAFÉ SIN INCINERAR.

Se elaboró un total de 72 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a COMPRESIÓN, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 1% de adición de cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 2% de adición de cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 3% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

Se elaboró un total de 72 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a TRACCIÓN INDIRECTA, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

- 18 especímenes con 1% de adición de cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 2% de adición de cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 3% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

PARA EL CASO DE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARILLA DE CAFÉ.

Se elaboró un total de 36 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a COMPRESION, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 12 especímenes con 5% de adición de ceniza cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días y 6 a los 28 días.
- 12 especímenes con 10% de adición de ceniza cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días y 6 a los 28 días.
- 12 especímenes con 15% de ceniza cascarilla de café, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días y 6 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, 06 especímenes de concreto ensayados a diferentes edades y adiciones de cascarilla de café, superando de esta manera el número de probetas mínima estipulada por norma, para tener una mejor garantía de los resultados obtenidos.

3.2. CANTERA DE ESTUDIO.

3.2.1. ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO.

Teniendo en cuenta a las normas NTP, ASTM, el material utilizado para la elaboración de los especímenes del presente trabajo de investigación fueron de origen pluvial, tanto el agregado fino (arena) como el agregado grueso (piedra chancada); provinieron de la “cantera Olano” del río Chamaya.

3.2.2. UBICACIÓN.

La cantera está ubicada en el km 4+000 de la carretera Chamaya – Jaén, a proximidades del caserío de Mochenta, en el distrito y provincia de Jaén de la región Cajamarca. **Figura 9 y Figura 10**

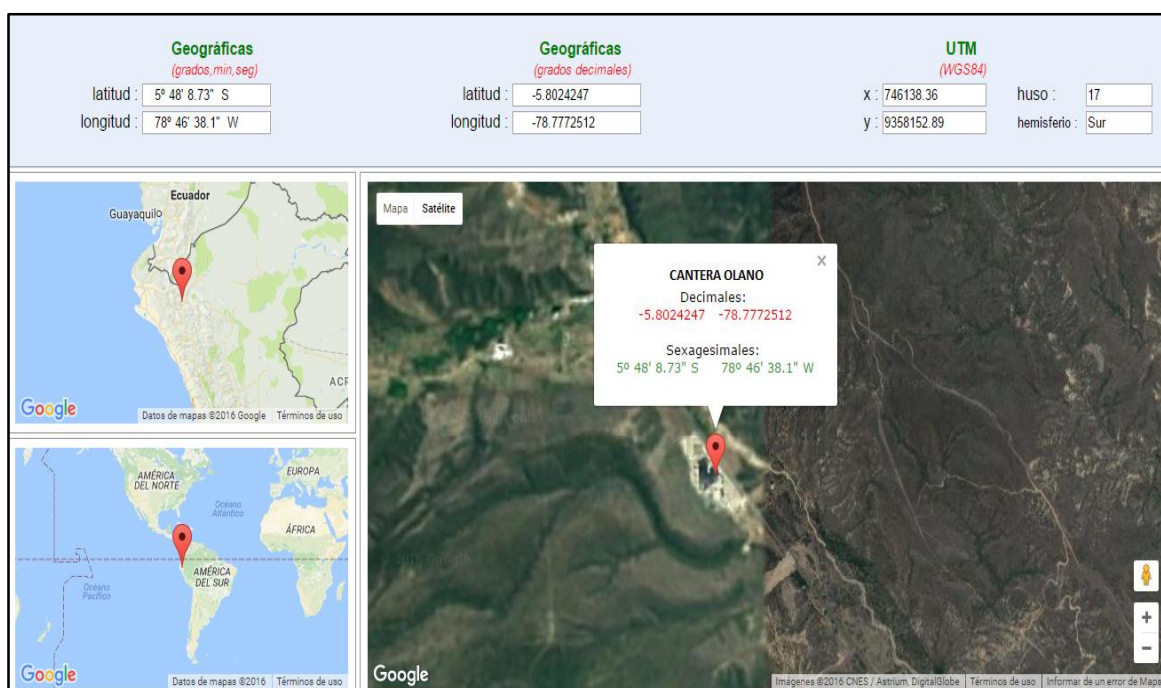


Figura 9: Imagen satelital de la Cantera Olano (Google Earth)

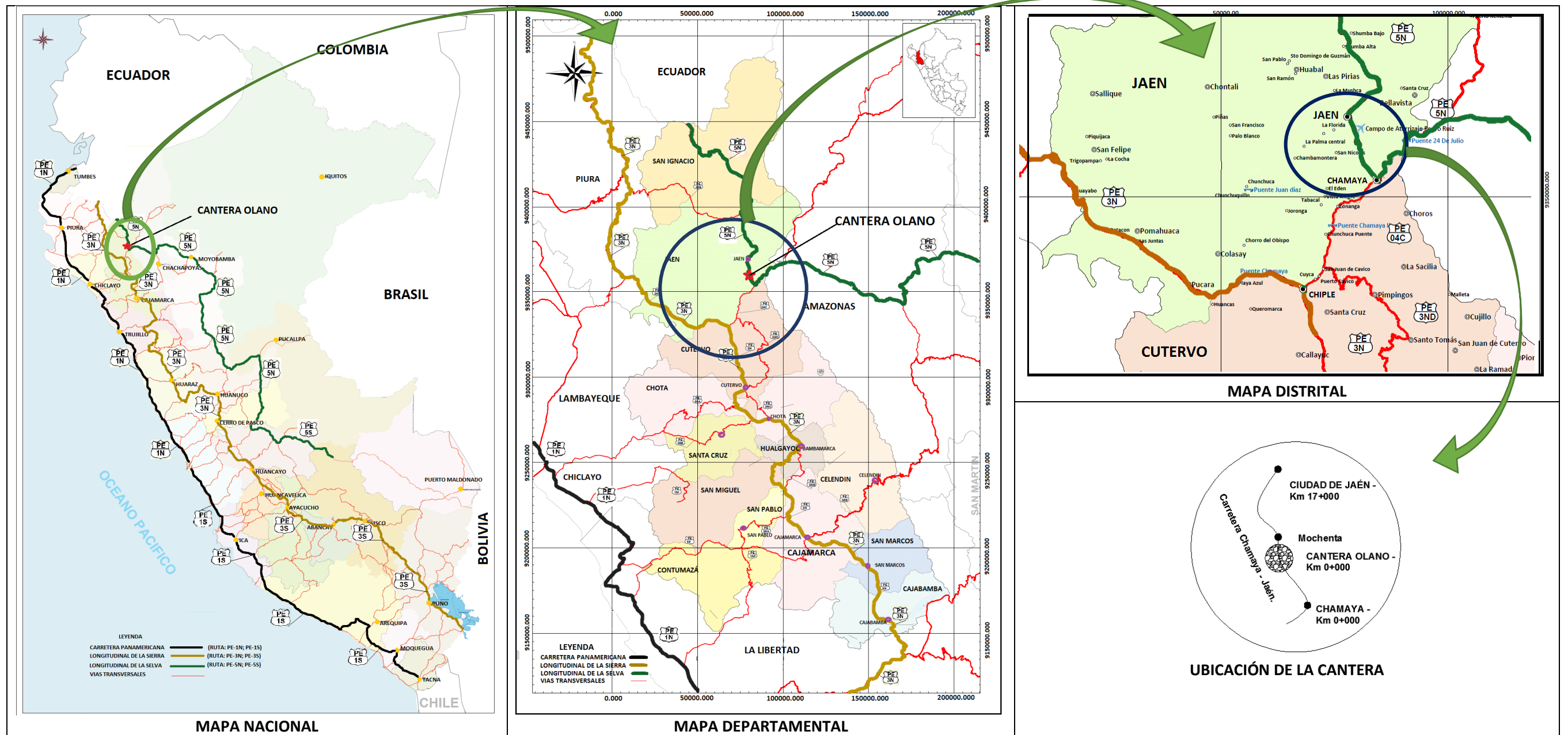


FIGURA 10: Ubicación y Localización de la cantera Olano

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADO.

Las características de los agregados y de su influencia en el comportamiento del concreto, no solo es útil para establecer criterios de selección entre dos o más fuentes de suministro, sino también para definir y especificar los tratamientos de beneficio y acondicionamiento a que pueden someterse los agregados que presentan deficiencias.

En las mezclas de concreto convencional, los agregados suelen representar entre el 60% y el 70%, del volumen absoluto de todos los componentes, por lo que es importante determinar las características y propiedades de los agregados que influyen en el concreto.

Una característica importante en el concreto es su peso unitario, ya que este influye decisivamente en el empleo que se le da. Esta característica del concreto depende principalmente del peso específico de los agregados (fino y grueso) que lo integran.

Las características de estudio en el agregado son: la granulometría, peso específico, peso unitario (suelto y compactado), absorción, humedad, resistencia a la abrasión, materiales finos que pasan por el tamiz N° 200.

3.3.1. EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS.

Para la extracción y preparación de los agregados (fino y grueso) de estudio se realizaron los procedimientos de muestreo descritos en la NTP 400.010 - 2011, que estipula:

“El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representen”.

3.3.2. NÚMERO Y MASA DE LAS MUESTRAS DE CAMPO.

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos.

Las masas de las muestras de campo citadas son tentativas. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los

mismos apropiadamente. La norma de aceptación y ensayos de control están cubiertas por las NTPs, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo específico. En general, las cantidades indicadas en la **Tabla 24**, del **ANEXO III**, proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en NTP 400.010 – 2011 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables (ASTM C 702).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado (según norma) se procedió a realizar la extracción de los materiales de la cantera ya antes mencionada, haciéndolo de la siguiente manera; para agregado fino, se tomó la muestra que se encuentra bajo el material superficial, en tres lugares aleatorios y para el agregado grueso, se tomó la muestra en tres lugares, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo.

Posteriormente los agregados fueron llevados por separado tanto el agregado fino como el agregado grueso a las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca- Sede Jaén agrupados en sacos, para evitar que se mezclen o se produzca contaminación de estos.

3.3.3. REDUCCIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑO DE ENSAYO.

Las muestras de agregados debes ser adecuados para cada tipo de prueba, éstas han sido reducidas a tamaños adecuados para ser ensayadas utilizando para ello lo descrito en la norma NTP 400.043 o ASTM C 702.

Los agregados traídos de la chancadora hacia el laboratorio de materiales de la UNC-sede Jaén, luego se batió por tres veces el material con ayuda de una palana formando un pequeño montículo, enseguida se esparció el agregado de forma circular y se lo dividió en cuatro partes de apariencia simétrica (cuarteo), se tomó dos mitades opuestas y se procedió a repetir el ensayo hasta obtener las muestras según los pesos necesarios aproximados para cada ensayo.

3.3.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO [NTP 400.012 – 2011; ASTM C 136].

Se define como el estudio de la distribución por tamaños de las partículas de un agregado, que se pasan a través de una serie de tamices de aberturas cuadrada, de mayor a menor y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto a la masa total.

En el caso del Agregado Fino (arena), estará graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.012 o ATM C 136. La granulometría será preferentemente uniforme o continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie Tyler (tamices). Los límites recomendados para el agregado fino se muestran en la **Tabla 25**, del **ANEXO III**. El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no deberá exceder del 45%, el porcentaje para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5 % a 0 % respectivamente.

Para el Agregado Grueso, La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.

3.3.5. MÓDULO DE FINURA [NTP 400.011 – 2011; ASTM C 136].

Es el indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado. Puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que no representa la distribución de las partículas.

El módulo de finura está en relación inversa a las áreas superficiales; por lo que la cantidad de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura.

En el caso del Agregado Fino, se calculó a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

$$MF = \frac{\% \text{ RET. ACUM. TAMICES (N}^{\circ} 4, \text{N}^{\circ} 8, \text{N}^{\circ} 16, \text{N}^{\circ} 30, \text{N}^{\circ} 50, \text{N}^{\circ} 100)}{100} \dots \dots \dots (2)$$

Para el Agregado Grueso, se calculó a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1", 3/4", 3/8", N°4, más el valor de 500; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$MG = \frac{\% \text{ RET. ACUM. TAMICES (1", 3/4", 3/8", N°4) + 500}{100} \dots \dots \dots (3)$$

3.3.6. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN [NTP 400.021 – 400.022, 2011; ASTM C 127 – C 128].

2.1.1.1. PESO ESPECÍFICO DE MASA:

Es una relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - V_a} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- W_{ms}**: Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.
- S** : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.
- V_a** : Volumen de agua añadida.

Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - W_{ma}} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

- W_{ms}** : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.
- S** : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.
- W_{ma}** : Peso en el agua de la muestra saturada.

2.4.6.1 PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - V_a} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

S : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - W_{ma}} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

S : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

2.4.6.2 PESO ESPECÍFICO NOMINAL O 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 materiales un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. a} = \frac{W_{ms}}{[(S - V_a) - (S - W_{ms})]} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.

S : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. a} = \frac{W_{ms}}{W_{ms} - W_{ma}} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

2.4.6.3 ABSORCIÓN.

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergido durante 24 horas en esta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca expresado en porcentaje, se denomina porcentaje de Absorción.

La absorción, depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de mezcla de concreto.

La Absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la resistencia a la abrasión y a la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Abs = \frac{S - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100 \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

W_{ms} : Peso de la muestra secada al horno a 105 °C.

S : Peso de la muestra saturada de superficie seca.

3.3.7. CONTENIDO DE HUMEDAD [NTP 339.185 – 2011; ASTM C 70].

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de las mezclas de diseño. Esta puede ser mayor o menor que el porcentaje de absorción, según la naturaleza del agregado.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: secos en el laboratorio, seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto se considera al agregado en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial

El **contenido de Humedad** se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W \% = \frac{A - B}{B} \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

A: Peso de la muestra húmeda.

B: Peso de muestra seca al horno a una temperatura de 105 °C +- 5°C.

3.3.8. PESO UNITARIO [NTP 400.017; ASTM C 29].

Es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

A. PESO UNITARIO SECO SUELTO:

Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5 cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

B. PESO UNITARIO SECO COMPACTADO:

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactado el material en capas dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezclas como es el método de American Concrete Institute (ACI).

Según el ACI, existen dos procedimientos para determinar el peso unitario seco compactado. El **Método del Apisonado**, para agregados cuyo tamaño máximo no sea mayor de 3.8 cm y el **Método de Vibrado**, para agregados cuyo tamaño máximo está comprendido entre 3.8 cm y 10 cm.

- **Método del Apisonado:** El agregado se coloca en un recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta colmarlo. Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona dicha muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes, distribuidos uniformemente en cada capa. La varilla de acero es de 16 mm de ancho y 60 cm de longitud, terminada en una semiesfera. Al apisonar se aplica la fuerza necesaria para que la varilla atravesase solamente la capa respectiva.

Una vez colmado el recipiente se enrasa la superficie usando la varilla como regla y se determina el peso neto del agregado en Kg. para finalmente obtener el peso unitario seco compactado del agregado, al multiplicar dicho peso por el factor (F), como se indica en los cálculos realizados de los agregados.

- **Método de Vibrado:** El agregado se coloca en un recipiente, en tres capas de igual volumen en el recipiente hasta colmarlo. Al terminar de colocar cada capa se coloca el molde sobre una base firme y se inclina hasta que el borde opuesto al punto de apoyo diste unos 5 cm de la base. Luego se suelta, con lo que se produce un golpe seco y se repite la operación inclinando el recipiente por el borde opuesto. Estos golpes alternados se ejecutan 25 veces de cada lado, de modo que el número total sean 50 para cada capa y 150 para todo el conjunto.

Una vez compactada la última capa se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones con relación al plano de enrase y se determina la masa en Kg. del recipiente lleno, para finalmente obtener el peso unitario seco compactado.

3.3.9. PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200 [NTP 400.018; ASTM C 117].

Son materiales muy finos del agregado, se presentan en forma de recubrimientos superficiales (arcillas), o en forma de partículas sueltas (limo y polvo de trituración). La primera interfiere en la adherencia entre el agregado y el cemento, y la segunda incrementa la cantidad de agua de mezclado, logrando disminuir la resistencia.

- Las partículas muy finas como la arcilla, el limo y el polvo de trituración pueden ser eliminadas de los agregados mediante el lavado de los mismos con agua potable o su similar.
- El porcentaje que pasa el tamiz N° 200, se calcula mediante tamizado por lavado en la malla N° 200. A la pérdida en peso debido al lavado, calculado en porcentaje en peso de la muestra original, se la conoce como; porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200.

3.3.10. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN [NTP 400.019 – 020; ASTM C 131].

Es la fuerza que presenta los agregados al ser sometidos a fuerzas de impacto, al desgaste por abrasión y frotamiento. Cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

El método de prueba usado es el de la Máquina de los Ángeles, por su rapidez y porque se puede aplicar a cualquier agregado. Los agregados gruesos ensayados a la abrasión según la norma NTP, se aceptaran una pérdida no mayor al 50 % del peso original. Podrá emplearse agregado grueso que tenga una pérdida mayor siempre que experimentalmente se demuestre la posibilidad de obtener concretos de resistencias adecuadas.

- **Carga abrasiva:**

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente de 4.7 cm de diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 gr. Y se elegirá de acuerdo con la gradación de la muestra de ensayo, como se describe en la **Tabla 28**

- **Muestra de ensayo:**

La muestra de ensayo estará constituida por agregado limpio representativo de material a ensayar y secada en una estufa a 100 °C +- 5 °C hasta un peso aproximadamente constante y cumplirá con una de las gradaciones indicadas en la **Tabla 29**

La **Resistencia a la Abrasión** se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

W_o : Peso original de la muestra.

W_f : Peso final de la muestra.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS ADICIONES A UTILIZAR

3.4.1. LA CASCARILLA DE CAFÉ.

3.4.1.1 RECOLECCIÓN

Para la recolección de ésta desperdicio orgánico se obtuvieron de la piladora de café: “**LOUIS DREYFUS PERU**”, ubicado en Carretera Jaén- Chamaya km 03, ubicado en el sector Fila Alta- Jaén, como se indica en la **Figura 11**, **Figura 12**, **Figura 13**. Luego se pasó la malla de $\frac{1}{2}$, para separar las fibras sin finos y luego se realizó un tratamiento para la fibra con cal, según las investigaciones de Quintero y González (2006), el tratamiento consiste en adicionar 10 gr de cal por litro por 48 horas, al cabo de este tiempo se enjuaga repetidas veces con agua. Esta operación sirve para proteger contra el ataque microbiológico, además protege debido a la alta alcalinidad del concreto y mejora la adherencia ya que confiere cierta aspereza.

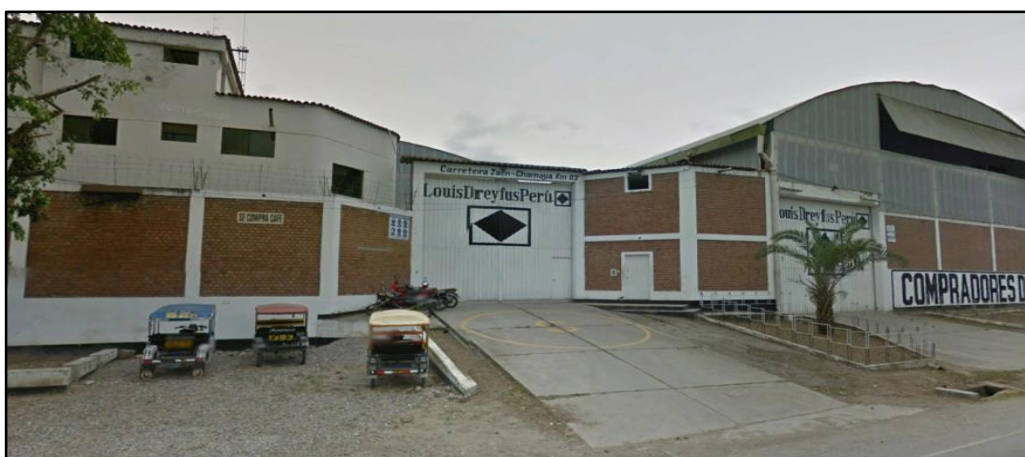


Figura 11: Piladora de café “Louis Dreyfus Perú”

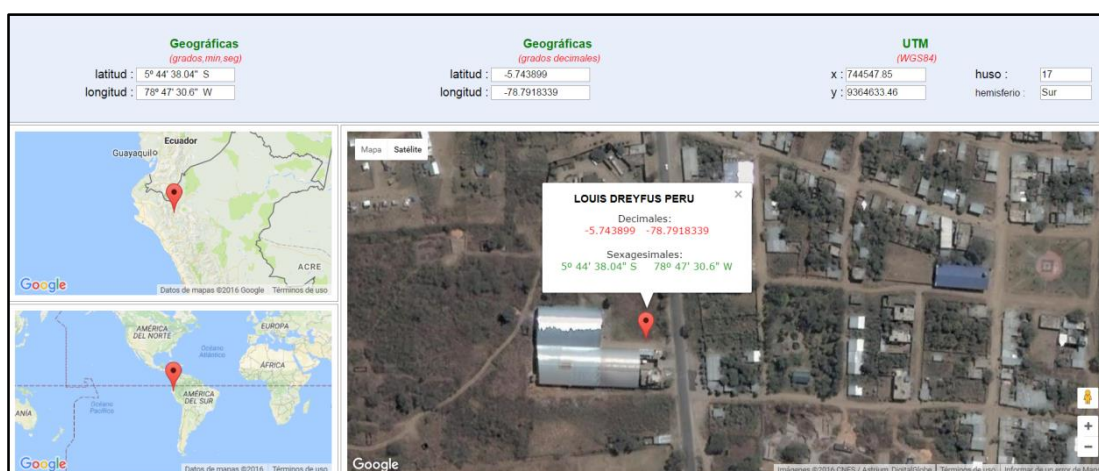


Figura 12: Fotografía satelital de la ubicación donde se recolectó cascara de café

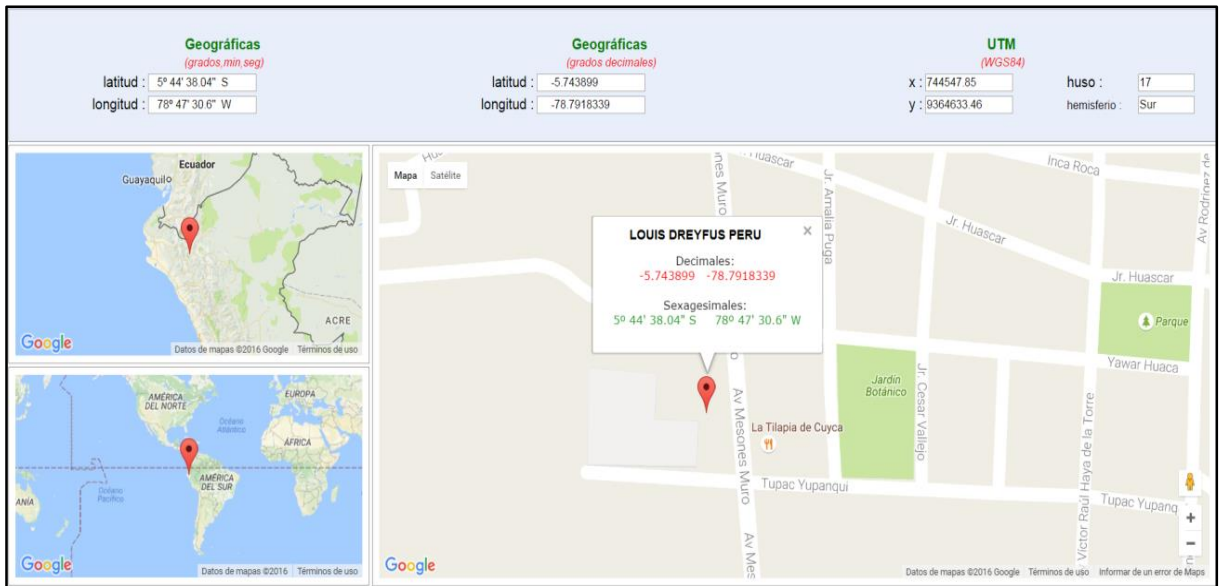


Figura 13: Mapa de la ubicación donde se recolectó cascarilla de café

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

3.4.1.2 DETERMINACIÓN DEL LARGO DE LA CASCARILLA

La longitud promedio de la cascarilla de café es aproximadamente 2 cm de largo, como se indica en la **Figura 14**.



Figura 14: Toma de medidas de la longitud de la cascarilla de café.

3.4.2. CENIZA DE CASCARILLA DE CAFÉ.

3.5.2.1 RECOLECCIÓN

Para la recolección de ésta desperdicio orgánico se obtuvieron de la fábrica de ladrillos: Cerámicos Pakamuros “LADRILLOS GREQ”, ubicado en Carretera Jaén- San Ignacio, cerca al cruce con la carretera a Santa cruz de bellavista, ubicado en el sector Shanango - Jaén, como se indica en la **Figura 15, Figura 16, Figura 17.**

Luego de recolectado se realizó la molienda de la ceniza de tal manera llegue a una finura tal que pase la malla N° 100, y luego ser adicionado en la mezcla de concreto.

La cascarilla de café es utilizada como combustible en la fabricación de ladrillo tanto artesanal como industrial.

En el caso artesanal se realiza en la elaboración de las ladrilleras ubicadas en el sector Fila Alta-Jaén y el industrial en la fábrica de ladrillos: Cerámicos Pakamuros “LADRILLOS GREQ”, ubicado en Shanango, carretera Jaén – San Ignacio. De donde se ha recolectado la ceniza para el estudio respectivo.



Figura 15: Fábrica Cerámicos Pakamuros “LADRILLOS GREQ”

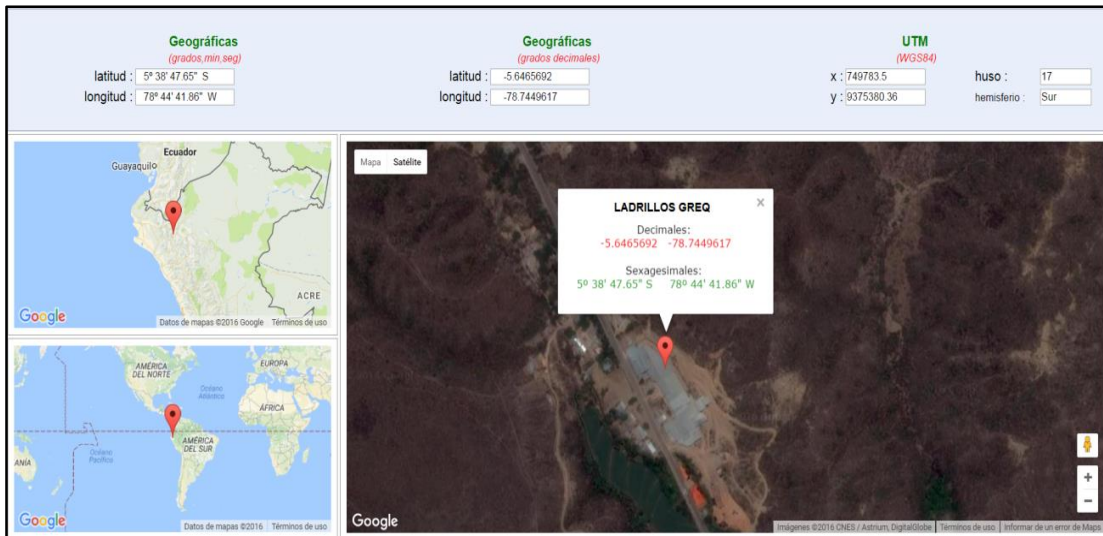


Figura 16: Fotografía satelital de la ubicación donde se recolectó ceniza de cascarilla de café

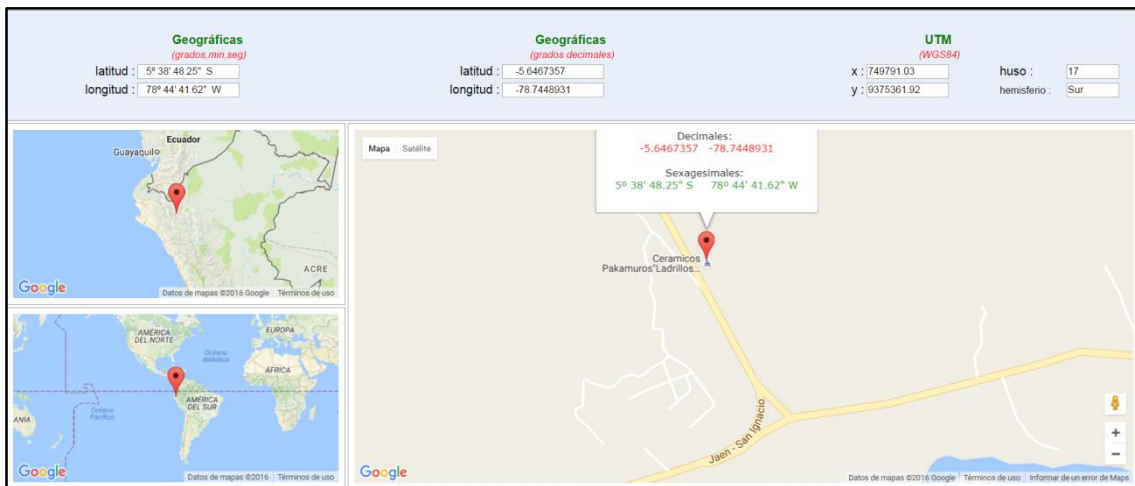


Figura 17: Mapa de la ubicación donde se recolectó ceniza de cascarilla de café- Cerámicos Pakamuros "LADRILLOS GREQ"

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

3.5.2.2 COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICO DE LA CENIZA.

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

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.

3.5. CARACTERÍSTICA DEL CEMENTO.

El cemento que se empleó para elaborar las dosificaciones de estudio, fue Cemento Portland Tipo I 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 VI** se presenta la ficha técnica del Cemento Portland Tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A.

3.6. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue el agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca-sede Jaén, esta agua es extraída directamente de la red de agua potable, cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma **NTP 339.088.**

3.7. DISEÑO DE MEZCLA.

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 más 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 $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento Pacasmayo Tipo I, propiedades encontradas de los agregados de la cantera Olano y agua potable (UNC-sede Jaén). 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 adiciones) y posteriormente mezclas con adiciones.

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 55, del anexo VII**.
- 2° Selección del tamaño máximo nominal. Se escogió (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 56, del anexo VII**.
- 4° Determinación del volumen de agua de mezclado, se utilizó la **Tabla 57, del anexo VII**. Ingresando con el asentamiento, el TMN y la presencia o no de aire incorporado (para nuestro caso será concreto sin aire incorporado).
- 5° Determinar el porcentaje de aire atrapado. Se utilizó la **Tabla 57, del anexo VII**. Ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado se obtiene el porcentaje de aire.
- 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 58, del anexo VII**. Con f'_{cr} y para un concreto sin aire incorporado se determinó el a/c .
- 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:

$$\text{El factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relacion A/C}} \dots \dots \dots (15)$$
- 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 I tiene un peso específico de 3.13 gr/cm^3 . El volumen absoluto del cemento se encontró de dividir el factor cemento por el peso específico de este (3.13 gr/cm^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.

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.

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:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100 \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

m_g : Módulo de finura del agregado grueso.

m_f : Módulo de finura del agregado fino.

m_c : Módulo de la combinación de agregados.

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

Para hallar el valor de “**m_c**”, ingresamos a la Tabla 59, con el número de bolsas de cemento por metro cúbico y el tamaño máximo nominal del agregado (TMN) y encontramos “**m_c**”. 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.

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.

13° Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño. Se partió encontrando los pesos húmedos de los agregados, multiplicando su peso por su respectivo contenido de humedad, luego se encontró la humedad superficial de los agregados sumando algebraicamente su contenido de humedad más su absorción, luego de determinó el aporte de humedad de los agregados multiplicando su peso seco por el porcentaje de humedad superficial de los agregados, se encontró el aporte total de los agregados sumando algebraicamente los aportes independientes de los mismos, finalmente se encontró el agua efectiva, para ello se toma en cuenta el aporte de los agregados, si es negativo significa que hay que sumarle agua de no ser así se hace lo contrario.

14° Proporción en peso de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado, se determinó el peso de los demás componentes con respecto al peso de una bolsa de cemento (42.5 Kg.).

3.8. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA.

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/m²).

Los pesos de los materiales por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba, según diseño **Tabla 60**, fueron los siguientes:

Cemento	:	386.00	Kg/m ³
Agua de diseño	:	182.80	lt/m ³
Agregado Fino húmedo	:	722.90	Kg/m ³
Agregado Grueso húmedo	:	1071.40	Kg/m ³

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. Como se consideró realizar tres (03) especímenes cilíndricos de concreto, se tomó el volumen de un espécimen, de acuerdo al molde metálico usado para su elaboración; el cual tiene un diámetro aproximado de 15 cm, con una altura aproximada de 30 cm, del cual se desprende el volumen:

$$\text{Vol}_{\text{espec.cil.}} = \frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30 \dots \dots \dots (17)$$

$$\text{Vol}_{\text{espec.cil.}} = 0.005301 \text{ m}^3$$

Para la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto se necesitó un volumen de:

$$\text{Vol}_{\text{espec.cil.}} = 3 \times 0.005301 \text{ m}^3 \dots \dots \dots (18)$$

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

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

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = 1.25 \times 0.015904 \text{ m}^3 \dots \dots \dots (19)$$

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = 0.020 \text{ m}^3$$

3.9. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE MEZCLA.

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 cúbico deberá disminuirse en un 10% - 15 %, si tiene apariencia sobrearenosa se aumentará el 10% - 15 % del agregado grueso. Las proporciones de los agregados se calcula 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.
- **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.

Los materiales de diseño corregidos por humedad del concreto normal o patrón final por metro cúbico luego de las correcciones, fueron los siguientes: **Tabla 63**

Agua de diseño	: 215.80 lt/m ³
Cemento	: 365.76 kg/m ³
Agregado grueso seco	: 935.21 Kg/m ³
Agregado fino seco	: 788.37 Kg/m ³
Aire atrapado	: 1.50 %

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

Para el caso de los porcentajes de ceniza se ha tomado en cuenta el libro de “materiales para el concreto” de Enrique Rivva López (2008) en la pág. 189, nos indica que las puzolanas artificiales de residuos agrícolas es recomendable ser empleadas en un rango del 5% al 15% por masa del material cementicio total. Sin embargo, tan bajas concentraciones pueden incrementar la expansión resultante de la reacción sílice alterada en presencia de algún agregado alcalino reactivo. La cantidad óptima de puzolanas naturales depende del lugar donde el concreto es empleado y de las especificaciones del trabajo. Además en la pág. 15 del mismo libro nos indica que el cemento puzolánico tipo IPM es un cemento Pórtland con un porcentaje adicionado de puzolana menor del 15%, que debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 334.044 o ASTM C595. También se ha tomado en cuenta investigaciones hechas por Jacobo Martínez Reyes (2007): “Caracterización de la reactividad puzolánica de materiales de origen natural, industrial y desperdicio agrícola” en su estudio que ha realizado adicionando la puzolana en 5%, 10% y 15% respecto al cemento, obteniendo resultados benéficos. Para el caso de la cascarilla como fibra se ha tratado de seleccionar porcentajes de tal manera no pueda afectar en gran medida la trabajabilidad de la mezcla. También se ha tomado en cuenta la investigación de Luis Eduardo Terreros Rojas e Iván Leonardo Carvajal Corredor (2010) “análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando cascarilla de arroz y cascarilla de café”. De ésta investigación también se ha tomado las propiedades de la cascarilla y el proceso para el curado de la fibra.

En la **Tabla 4**. Se muestra las cantidades de los materiales en un metro cúbico con los diferentes porcentajes de las adiciones. El cálculo de las éstas cantidades se describen en el **ANEXO VIII**, donde se observa que la cantidad del cemento y del agua se conserva en cada adición.

Tabla 4: Proporciones de la mezcla con diferentes porcentajes de las adiciones

PROPORCIONES CON LAS DIFERENTES ADICIONES								
ADICION	FIBRA				CENIZA			
	0%	1%	2%	3%	5%	10%	15%	
Cemento :	365.76	365.76	365.76	365.76	365.76	365.76	365.76	Kg/m ³
Agua de diseño :	215.80	215.80	215.80	215.80	215.80	215.80	215.80	lt/m ³
Agregado Fino seco :	788.37	784.83	781.29	777.75	778.08	767.79	757.51	Kg/m ³
Agregado Grueso seco :	935.21	931.01	926.81	922.61	923.00	910.80	898.60	Kg/m ³
Adición :	0.00	3.66	7.32	10.97	18.29	36.58	54.86	Kg/m ³

3.11. ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.

La elaboración de los especímenes de concreto se realizó según la NTP 339.183. Para lo cual se confecciono especímenes de concreto para pruebas de compresión, tracción indirecta (probetas cilíndrica graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto). El equipo utilizado para la confección de los especímenes de concreto fue:

- Balanza con capacidad aproximada 30 Kg.
- Recipientes para pesar los materiales (baldes de aceites de 30 litros y balde transparente graduado para el agua).
- Probetas cilíndrica; graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto.
- Herramientas: palanas, badilejo, cucharón, enrasador, carretilla.
- Cono de Abrams para medir el asentamiento o Slump.
- Varilla de Acero semiredondeada, para la compactación de la mezcla en cada una de los especímenes, lizo de 60 cm de largo y de 5/8" de diámetro.
- Mezcladora de concreto
- Comba de goma.
- Recipiente graduado para determinar el Peso Unitario del concreto en estado fresco.

El procedimiento detallado de la confección de los especímenes se describe a continuación:

- a) Pesarse 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)** Pesarse el cemento, agua total (corregida por humedad de los agregados), la cascarilla y ceniza respectivamente.
- f)** Preparar la mezcladora, humedeciéndola antes de cargar los materiales.
- g)** Cargar el agregado grueso 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 y ceniza respectivamente en la mezcladora y dejar mezclar durante unos 15 segundos más, la cascarilla se introdujo en estado superficialmente seco luego de ser remojado tratado con cal, el tratamiento de cal fue 10gr por litro de agua durante 48 horas.
- l)** Amasar los materiales durante 3 minutos, agregando el agua gradualmente para el caso de concreto patrón en las mezclas de prueba.
- 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)** Amasar durante 1 minuto más.
- q)** Una vez amasados todos los hormigones, medir la docilidad de cada uno de ellos mediante el cono de Abrams.
- r)** Determinar el peso unitario del concreto fresco.
- s)** Medir la cantidad de aire en el concreto.
- t)** Poner la tanda de concreto en las probetas correspondientes para los ensayos planificados del concreto.

La faena de confección del hormigón requiere la participación de por lo menos 3 personas. Todo el proceso de mezclado del concreto con los distintos porcentajes de adiciones requiere un tiempo aproximado de 45 minutos. La medición de la trabajabilidad o Slump y el moldeo de las probetas requieren a su vez de otros 15 minutos.

- **Fabricación de Probetas Cilíndricas para Ensayos de Compresión y Tracción Indirecta.**

Una vez obtenida la docilidad requerida para la mezcla de hormigón reforzado con fibra de vidrio 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, **Tabla 32** 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 **Tabla 31**. 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 ESPECÍMENES DE CONCRETO.

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

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

3.11.2. 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 cilindros de

plástico para el curado de concreto cubiertos con agua a temperatura de 23°C +- 2°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 DEL CONCRETO.

3.12.1. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO.

3.12.1.1 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. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm).

3.12.1.2 PESO VOLUMÉTRICO [NTP 339.046, ASTM C138]

Esta prueba se realizó de acuerdo a la Norma "Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of concrete. Este método nos ayuda a calcular la densidad del hormigón fresco, y dar a conocer las fórmulas para calcular el rendimiento del hormigón, y su contenido de aire. El rendimiento es conocido como el volumen del hormigón producido de una mezcla de cantidades y materiales conocidos. El peso volumétrico del hormigón se expresa en Kg/m³ . Se realizó esta prueba usando la Olla de Washington en donde se coloca el hormigón después de haber realizado la prueba de revenimiento y antes de colocarlo en los moldes. El procedimiento para calcular el peso volumétrico es: Primero pesamos la Olla de Washington seca y vacía anotamos

ese valor. Po en Kg. Luego, colocamos dentro de la olla el hormigón en tres partes o capas, dando en cada capa 25 punzadas con una varilla lisa de hierro para eliminar cualquier contenido de aire existente. Una vez colocada la última capa hasta la parte superior de la olla, esta es pesada y anotamos ese otro valor P1.

3.12.1.3 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).

- **Densidad Teórica:** Este parámetro es calculado sobre una base libre de aire, se calculó como sigue:

$$T = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (22)$$

Dónde:

T = Densidad teórica del concreto (kg/m³).

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

V = Volumen absoluto de los componentes de la mezcla (m³).

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

$$Y = \frac{M}{D} \dots \dots \dots (23)$$

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:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots \dots \dots (24)$$

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:

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots \dots \dots (25)$$

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).

3.12.1.4 CONTENIDO DE AIRE.

En la prueba de contenido de aire del hormigón fresco se utilizó el Método de Presión aquí se determina la cantidad de aire a partir de la variación del volumen del concreto por una aplicación de una presión conocida. Para determinar los valores del Contenido de aire se utilizó la misma Olla de Washington, la cual su tapa está formada por un medidor en forma de manómetro (dial) que indica la cantidad de aire que existe dentro de la olla, y dos llaves pequeñas para aire y agua.

3.12.2. ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.

3.12.2.1 DENSIDAD DE MASA O PESO UNITARIO DEL CONCRETO.

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/cm³ como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (27)$$

Donde:

W = Masa del especimen (Kg).

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

3.12.2.2 RESISTENCIA A 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.

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto. En la presente tesis se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto con las diferentes adiciones de fibra en el tiempo. También se consiguió tener las tolerancias de una probeta de acuerdo a las edades de las muestras, para esto se tiene, que nos indicara la tolerancias que debemos tener.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

3.13.2.2.1. Medición de la probeta

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.
- 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. **Figura 18**
- 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. **Figura 18**
- Estas medidas 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 18**

3.13.2.2.2. Identificación y colocado de la información.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la parte lateral de estas con un plumón indeleble los identificadores: CP (Concreto Patrón), CCA (Concreto con cascarilla) y CCE (Concreto con ceniza); luego el porcentaje de la adición; la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen, en ese mismo orden. **Figura 19**



Figura 18: Toma de las Medidas de las Probetas Cilíndricas.



Figura 19: Identificación, ensayo a compresión y registro del tipo de falla de los especímenes.

3.13.2.2.3. Ensayo.

Previo al ensayo, se debe observar que las placas de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas y zona de carga.

a) Posición de las probetas.

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

b) 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/cm^2). 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"

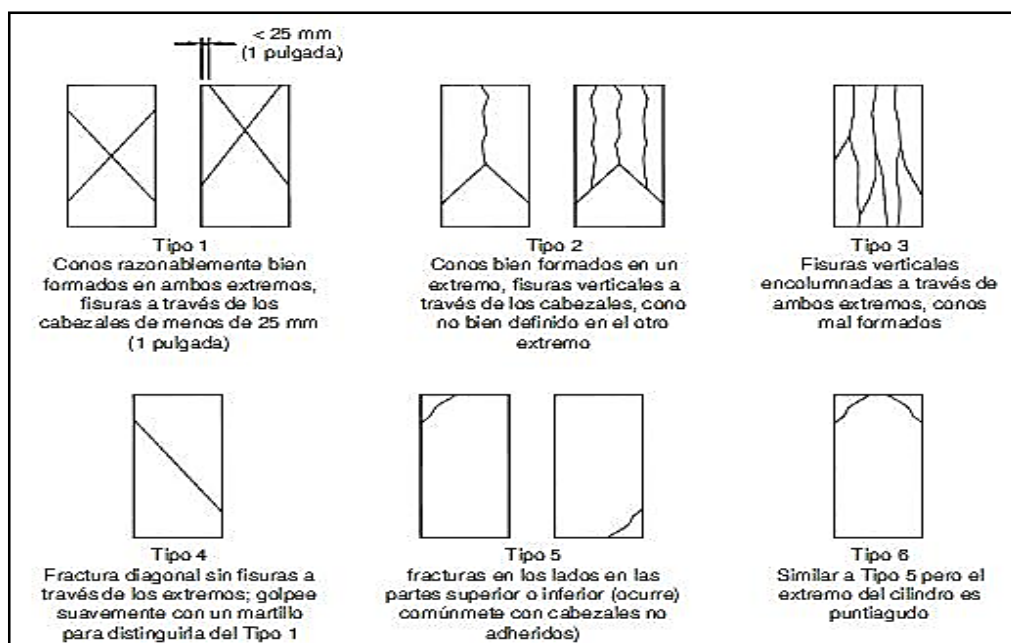


Figura 20: Esquema de los patrones de tipos de Fracturas.

Fuente: Norma NTP 339.034 - 2013.

3.13.2.2.4. Expresión de resultados.

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

$$R_c = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

R_c = Resistencia a compresión (Kg/cm²).

S = Superficie de carga (cm²).

P = Carga máxima (Kg).

3.12.2.3 RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.084 ó ASTM C496**, que establece el ensayo a tracción indirecta de probetas.

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. Se utilizó el mismo equipo empleado en las pruebas de resistencia a compresión, también se consiguió tener las tolerancias de una probeta de acuerdo a las edades de las muestras.

En este ensayo se probaron especímenes cilíndricos en posición horizontal, sometidos a la acción de dos fuerzas opuestas de compresión uniformemente distribuidas a lo largo de las generatrices contenidas en su plano vertical de simetría. A fin de reducir la concentración de esfuerzos de compresión que se producen a lo largo de las generatrices en que se aplican las cargas, se colocan dos tiras de material compresible (madera laminada) entre la superficie de concreto del espécimen y las placas que transmiten la carga, para evitar la ruptura del concreto por aplastamiento en las zonas de contacto, consiguiendo que el falle por efecto de los esfuerzos de tensión.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

3.13.2.3.1. Medición de la probeta.

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.
- 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 medidas 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.

3.13.2.3.2. Identificación y colocado de la información.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la cara superior lisa opuesta al vaciado del espécimen con un plumón indeleble los identificadores: CP (Concreto Patrón), CCA (Concreto con cascarilla) y CCE (Concreto con ceniza); luego el porcentaje de la adición; la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen, en ese mismo orden

3.13.2.3.3. Ensayo.

Previo al ensayo, se debe observar que las placas de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas y zona de carga.

c) Posición de las probetas.

Se colocó la probeta con su cara de llenado en un plano perpendicular a la placa inferior y superior de la máquina compresora, obteniendo de esta manera tener al espécimen de forma echada en donde se puede observar las caras en donde previamente se ha plasmado la información e identificación de cada probeta.

d) 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"

3.13.2.3.4. Expresión de resultados.

Se calculó la resistencia a la Tracción Indirecta del concreto mediante la siguiente fórmula:

$$S_t = \frac{2 * P}{\pi * t * d} \dots \dots \dots (29)$$

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.

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 como aquellos en los que tuvo adiciones.

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
- 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.

4. CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE 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 5** y **Tabla 6**, y su representación se aprecia en los **Gráfico 5** y **Gráfico 6**

Tabla 5: Variación porcentual del asentamiento de las diferentes adiciones con cascarilla respecto al patrón.

% DE ADICIÓN CASCARILLA DE CAFÉ	ASENTAMIENTO (cm.)	VARIACIÓN DEL ASENT. CON RESPECTO AL PATRÓN.
PATRÓN	8.4	—
1%	7.6	-9.52%
2%	6.8	-19.05%
3%	6.2	-26.19%

Tabla 6: Variación porcentual del asentamiento de las diferentes adiciones con ceniza respecto al patrón.

% DE ADICIÓN CENIZA	ASENTAMIENTO (cm.)	VARIACIÓN DEL ASENT. CON RESPECTO AL PATRÓN.
PATRÓN	8.4	—
5%	6.2	-26.19%
10%	5.2	-38.10%
15%	3.8	-54.76%

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 8.4 cm, mientras que la menor alcanzó los 6.2 cm, es decir, 2.2 cm de diferencia respecto del mayor. Este último valor correspondió al concreto con 3% de cascarilla de café, como se indica en la **Tabla 5**. Mientras tanto en el

concreto con adición de ceniza, en el asentamiento hubo una variación, de 8.4 cm del patrón a 3.8 cm del concreto con 15 % de ceniza adicionada, como se indica en la **Tabla 6**.

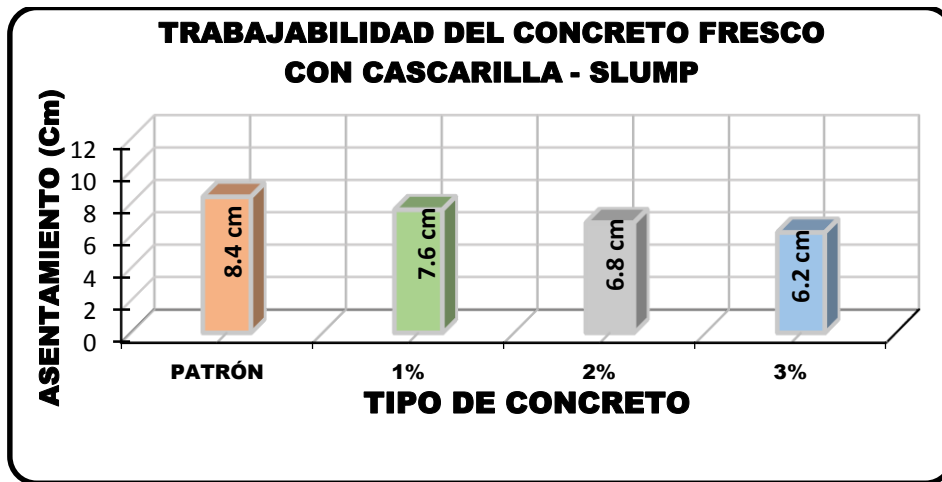


Gráfico 5: Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de cascarilla

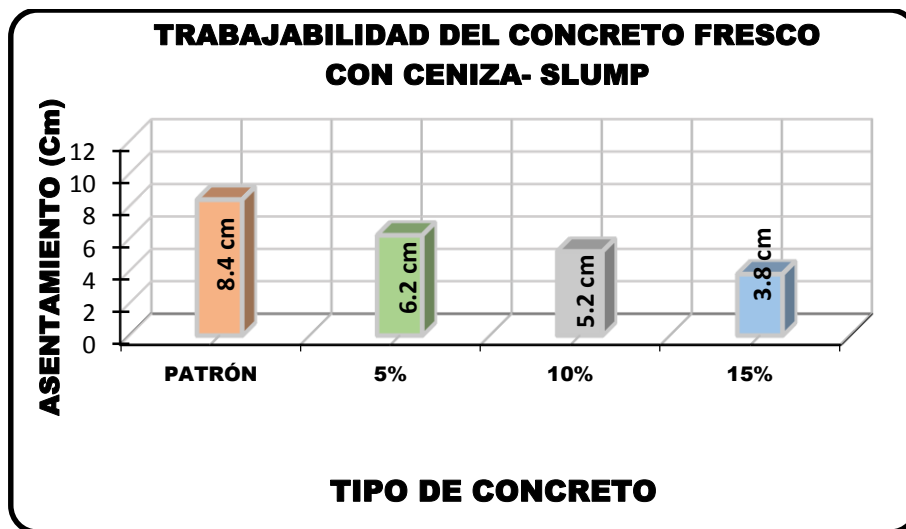


Gráfico 6: Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza

En el caso de la adición de la cascarilla. El menor porcentaje de variación entre un concreto con cascarilla y el concreto patrón lo obtuvo el concreto que contiene 1% de cascarilla. Esta variación con respecto al concreto patrón alcanzó el -9.52%, tal como puede ser apreciado en el **Gráfico 7**. Por su parte la máxima variación con respecto al concreto patrón correspondió al concreto que contiene 3% de cascarilla. Dicha variación correspondió al -26.19%. El concreto con 2% de fibra ocupó el valor intermedio, obteniendo variaciones de -19.05%.

Para el caso de la adición de ceniza, el menor porcentaje de variación es de la adición del 5% con -26.19% y la mayor fue la de 15% de adición con -54.76% y del 10% ha estado en porcentaje medio **Gráfico 8**

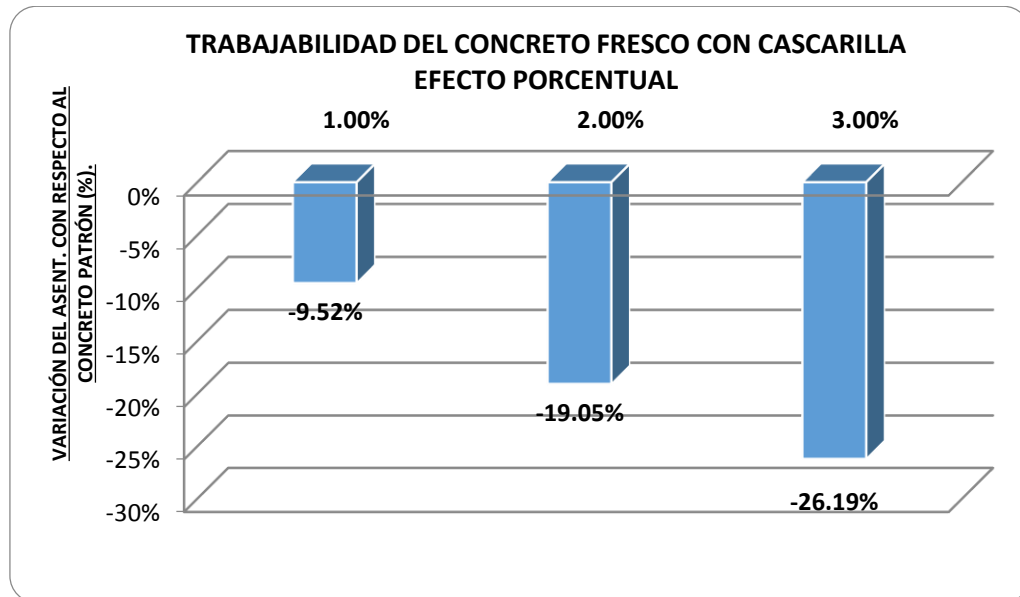


Gráfico 7: Variación porcentual del asentamiento por influencia de la cascarilla adicionada con respecto al patrón.

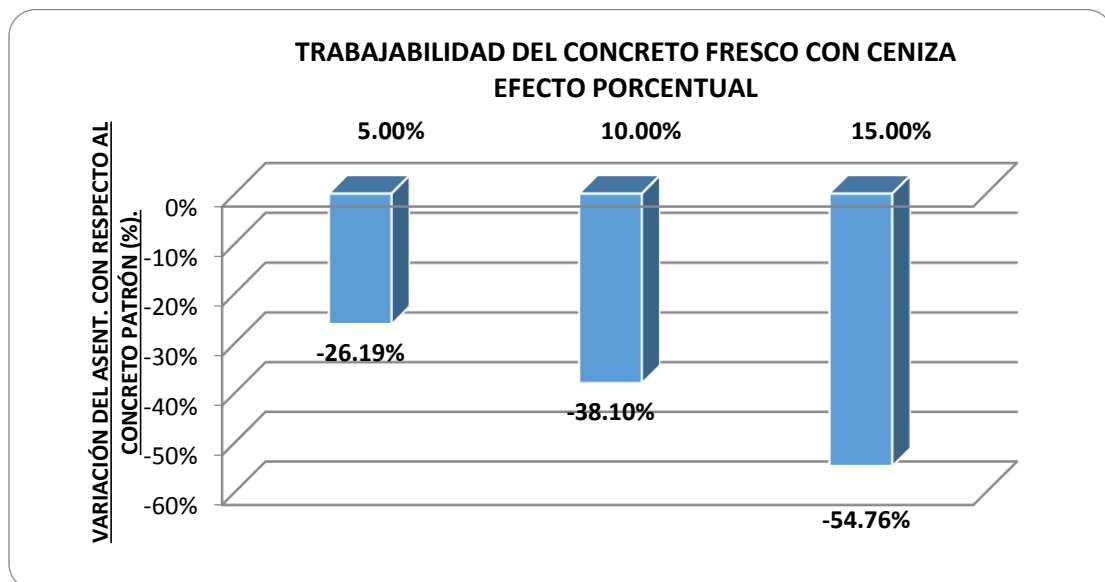


Gráfico 8: Variación porcentual del asentamiento por influencia de la ceniza adicionada con respecto al patrón.

4.2 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO.

Para el caso del concreto con cascarilla, en la **Tabla 7** se observa los pesos unitarios del concreto fresco de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla, teniendo un peso unitario de 2366.52 Kg/m³ para el concreto patrón, 2332.84 Kg/m³ para el concreto con adición de 1% de fibra, 2295.96 Kg/m³ para el concreto con adición de 2% de fibra y 2286.20 Kg/m³ para el concreto con adición más alta igual a 3% de fibra.

En el caso del concreto adicionándole ceniza, en la **Tabla 8**, se observa que los pesos unitarios fresco disminuyen muy poco de 233.52 kg/m³ para el concreto patrón hasta 2345.65 kg/m³ en el concreto con mayor porcentaje de ceniza.

Tabla 7: Peso unitario del concreto fresco a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de cascarilla

% DE ADICIÓN DE CASCARILLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/ m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° FRESCO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2366.52	—
1 % DE CASCARILLA	2332.84	-1.42%
2 % DE CASCARILLA	2295.96	-2.98%
3 % DE CASCARILLA	2286.20	-3.39%

Tabla 8: Peso unitario del concreto fresco a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de ceniza

% DE ADICIÓN DE CENIZA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/ m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° FRESCO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2366.52	—
5 % DE CENIZA	2358.64	-0.33%
10% DE CENIZA	2354.62	-0.50%
15 % DE CENIZA	2345.65	-0.88%

El porcentaje de variación entre un concreto con cascarilla y el concreto patrón va desde -1.42% a -3.39% de menor a mayor porcentaje de adición como se puede observar en el **Gráfico 9**. Para el caso del concreto con ceniza, es poca la variación de -0.33% con 5% de adición hasta -0.88% el de mayor adición con 15%, **Gráfico 10**.

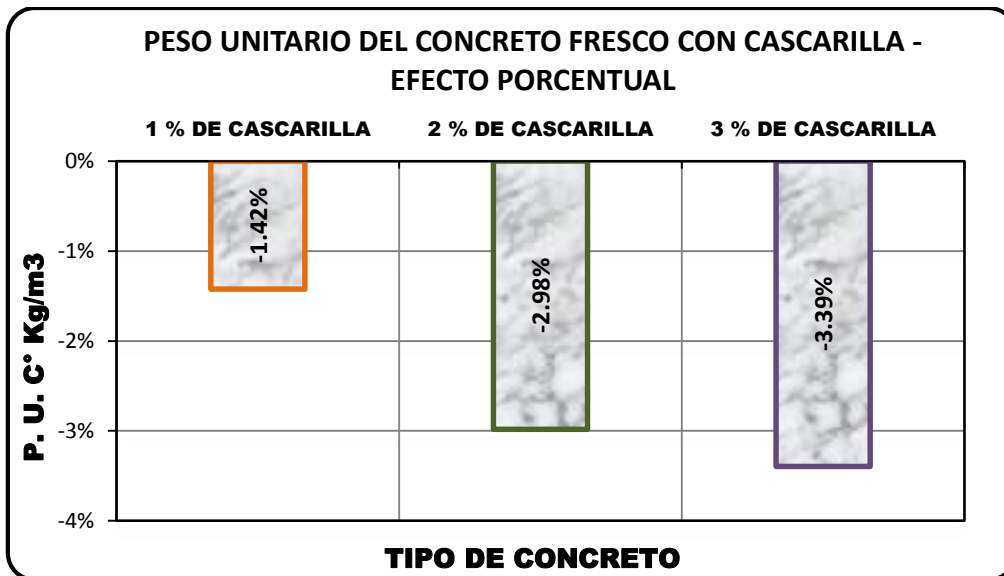


Gráfico 9: Variación porcentual del Peso unitario del concreto fresco por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón.

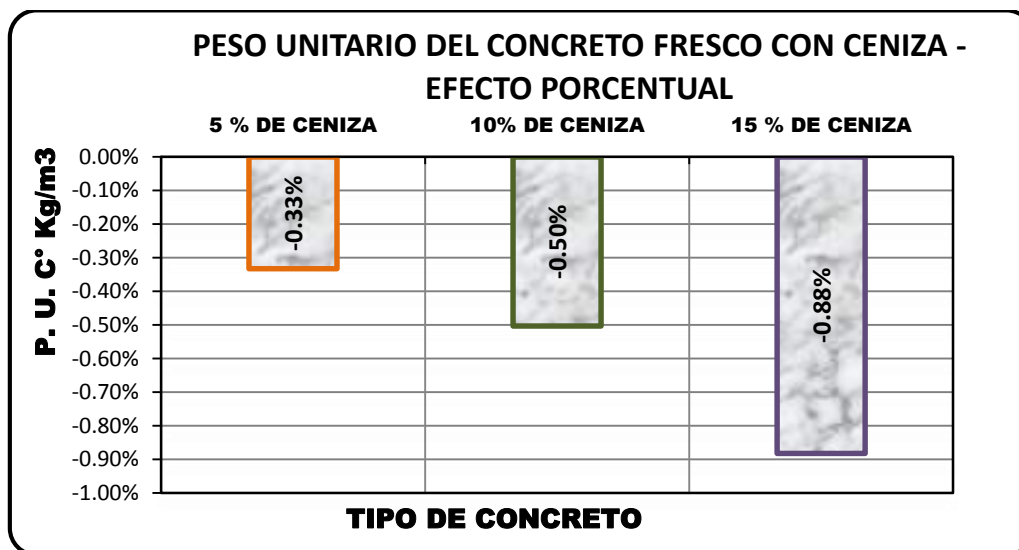


Gráfico 10: Variación porcentual del Peso unitario del concreto fresco por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón.

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 72 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 9** y **Tabla 10**, y su representación se aprecia en los **Gráfico 11** y **Gráfico 12**.

Tabla 9: 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 "				
	PROBETA	PATRÓN	1 % DE CASCARILLA	2 % DE CASCARILLA	3 % DE CASCARILLA
COMPRESIÓN	N° 01	2363.9	2292.6	2296.35	2313.75
	N° 02	2362.0	2346.9	2297.10	2284.10
	N° 03	2363.2	2348.1	2300.20	2281.75
	N° 04	2356.5	2355.4	2298.66	2275.66
	N° 05	2357.6	2325.3	2298.34	2287.10
	N° 06	2367.9	2349.4	2294.43	2276.47
TRACCIÓN	N° 01	2359.8	2325.5	2310.47	2278.26
	N° 02	2358.1	2318.7	2252.59	2225.64
	N° 03	2372.5	2334.8	2318.68	2296.92
	N° 04	2362.5	2295.9	2285.20	2298.98
	N° 05	2371.2	2339.9	2321.95	2279.25
	N° 06	2335.5	2337.6	2240.98	2297.17
PROMEDIO		2360.9	2330.9	2292.9	2282.9

Tabla 10: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de ceniza.

ENSAYO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO EN "Kg/m ³ "				
	PROBETA	PATRÓN	5 % DE CENIZA	10 % DE CENIZA	15 % DE CENIZA
COMPRESIÓN	N° 01	2363.9	2350.8	2355.58	2358.58
	N° 02	2362.0	2368.6	2363.62	2352.36
	N° 03	2363.2	2359.8	2350.32	2367.42
	N° 04	2356.5	2348.7	2353.20	2354.74
	N° 05	2357.6	2370.4	2367.12	2349.10
	N° 06	2367.9	2357.0	2359.16	2349.71
PROMEDIO		2361.85	2359.20	2358.17	2355.32

Tabla 11: 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	2360.90	—
1 % DE CASCARILLA	2330.85	-1.27%
2 % DE CASCARILLA	2292.91	-2.88%
3 % DE CASCARILLA	2282.92	-3.30%

Tabla 12: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido de las diferentes adiciones de ceniza con respecto al patrón

% DE ADICIÓN DE CENIZA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDUR. A LOS 28 DÍAS (Kg/ m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° ENDU. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2361.85	—
5 % DE CENIZA	2359.20	-0.07%
10 % DE CENIZA	2358.17	-0.12%
15 % DE CENIZA	2355.32	-0.24%

En la **Tabla 9** se observa los pesos unitarios del concreto endurecido de diferentes porcentajes de adición de cascarilla, teniendo un peso unitario de 2360.9 Kg/m³ para el concreto patrón, 2330.85 Kg/m³ para el concreto con adición de 1% de cascarilla, 2292.91 Kg/m³ para el concreto con adición de 2% de cascarilla y 2282.92 Kg/m³ para el concreto con adición más alta igual a 3%.

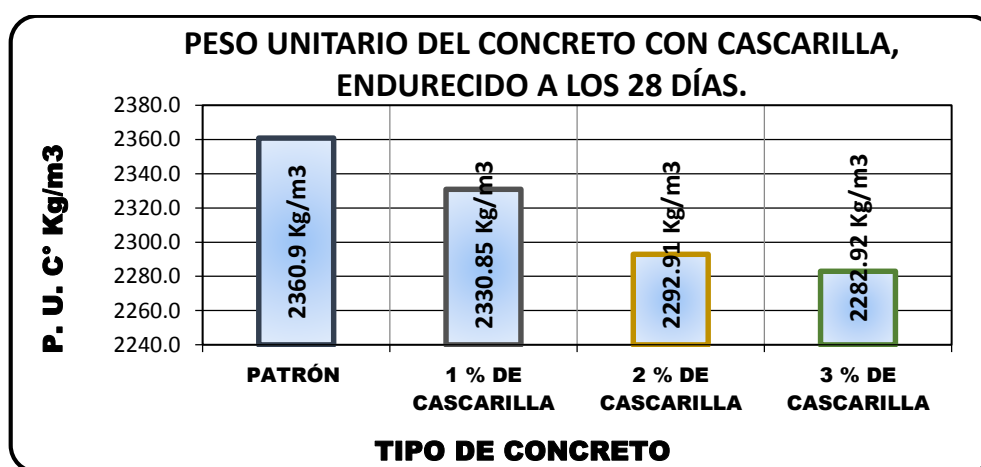


Gráfico 11: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para los distintos ensayos y porcentajes de adición de cascarilla.

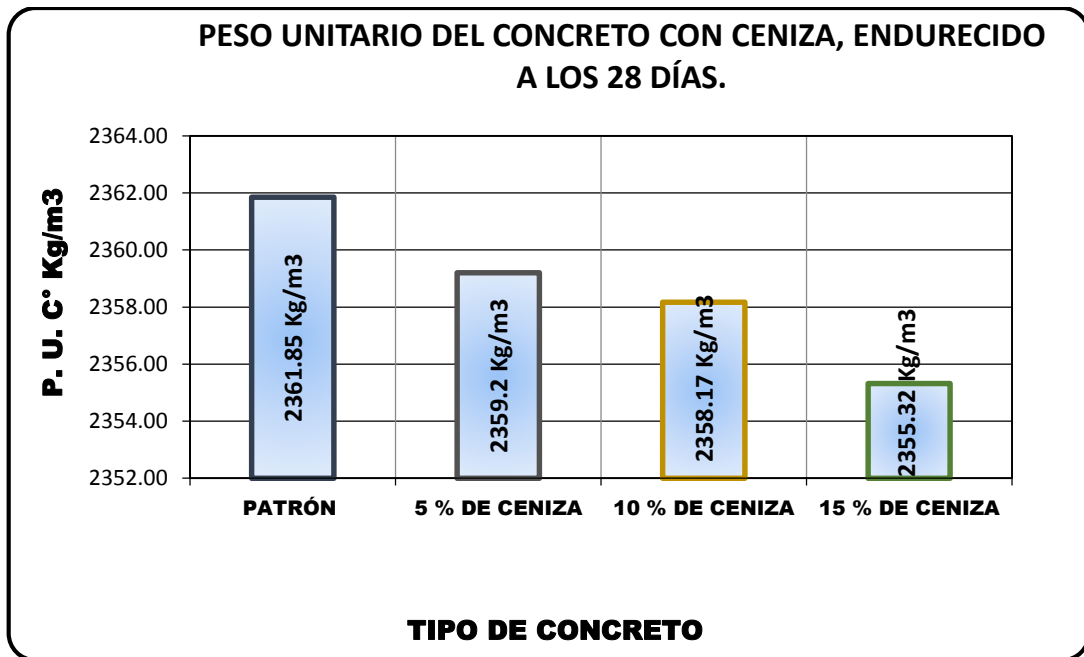


Gráfico 12: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para los distintos ensayos y porcentajes de adición de ceniza.

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 1% de cascarilla. Esta variación con respecto al patrón alcanzó al -1.27%, tal como puede ser apreciado en el **Gráfico 13**. Por otra parte la máxima variación con respecto al patrón correspondió al concreto que contiene 3%, dicha variación correspondió al -3.30%. El concreto con 2% ocupó el valor intermedio, con una variación de -2.88 %.

Para el caso de la adición de ceniza, el porcentaje de variación entre un concreto con ceniza y el concreto patrón es poco significativo en el caso de adición de 5% de ceniza es disminución de -0.07%, en el de 10% es -0.24% y por último la de 15% disminuye en -0.24%. **Gráfico 14**.

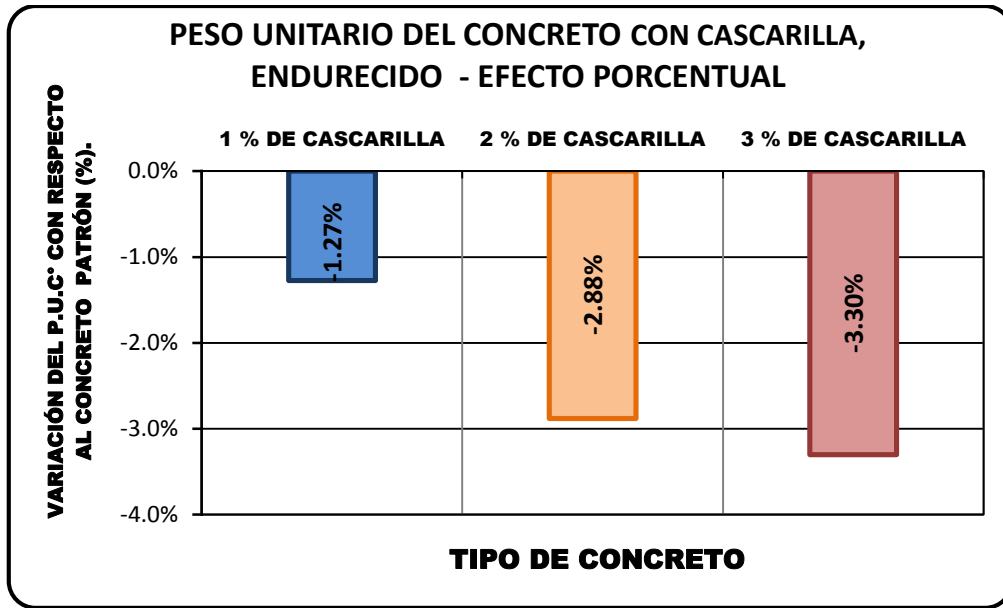


Gráfico 13: Variación porcentual del Peso unitario del concreto endurecido por influencia de la cascarilla adicionada respecto al patrón.

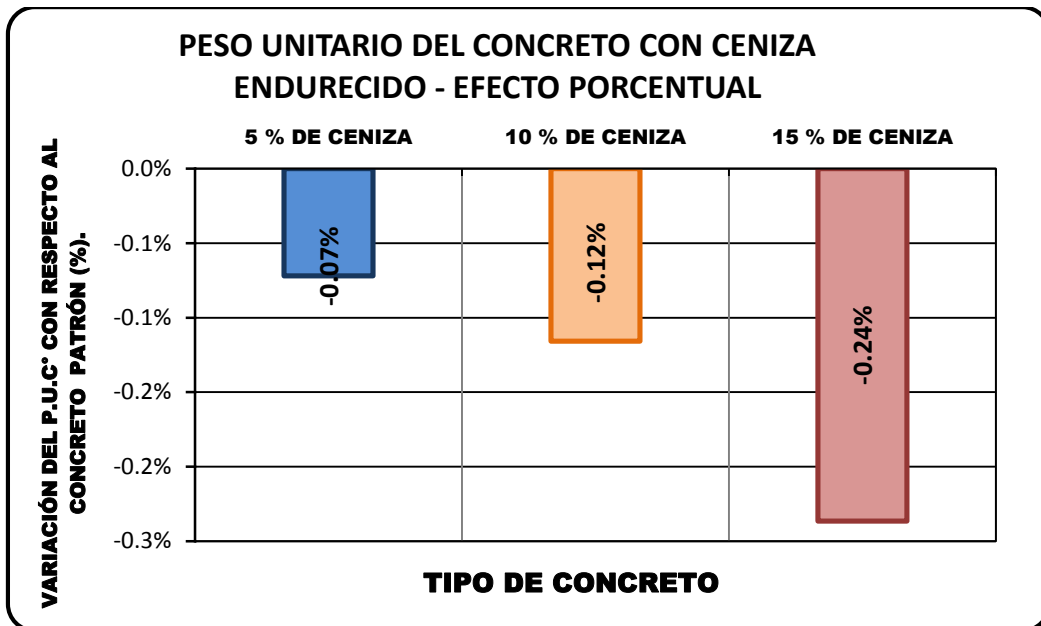


Gráfico 14: Variación porcentual del Peso unitario del concreto endurecido por influencia de la ceniza adicionada respecto al patrón.

Como se observa las 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/m^3 (Concreto liviano) a 2400kg/m^3 (Concreto pesado).

4.4 ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

Al realizar el ensayo de compresión a los 06 especímenes de concreto a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de adiciones, tanto en cascarilla y en ceniza, teniendo un total de 108 (36 con ceniza, 54 con cascarilla y 18 patrón) especímenes ensayados a compresión, se obtienen los valores que se indican en las **Tabla 13 y Tabla 14**.

Tabla 13: 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
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN Kg/cm ²		
0%DE CASCARILLA	206.80	260.66	292.08
1%DE CASCARILLA	204.44	255.85	284.56
2%DE CASCARILLA	197.18	245.37	275.12
3%DE CASCARILLA	193.07	241.23	269.01

Tabla 14: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de ceniza a 07 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE CENIZA	EDAD DE ENSAYO	
	07 días	28 días
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN Kg/cm ²	
0%DE CENIZA	206.80	292.08
5%DE CENIZA	213.02	304.25
10%DE CENIZA	216.84	313.56
15%DE CENIZA	218.84	317.35

Tabla 15: 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%
1 % DE CASCARILLA	-1.14%	-1.84%	-2.58%
2 % DE CASCARILLA	-4.65%	-5.86%	-5.81%
3 % DE CASCARILLA	-6.64%	-7.45%	-7.90%

Tabla 16: Variación porcentual de la resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de ceniza a 07 y 28 días

% DE ADICIÓN DE CENIZA	EDAD DE ENSAYO	
	07 días	28 días
PATRÓN	0.00%	0.00%
5%DE CENIZA	3.01%	4.17%
10%DE CENIZA	4.86%	7.35%
15%DE CENIZA	5.82%	8.65%

En el caso de la cascarilla, **Tabla 15**, indica, que al aumentar la cantidad de fibra adicionada disminuye la resistencia a la compresión; para el caso de la adición de ceniza, en la **Tabla 16**, la resistencia aumenta conforme aumenta el porcentaje de ceniza.

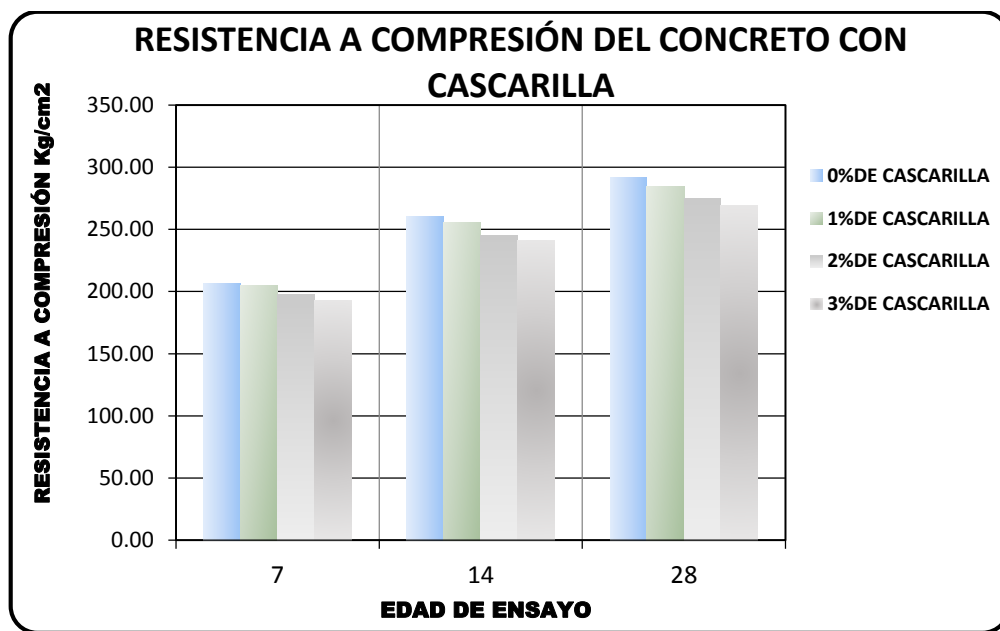


Gráfico 15: Resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregado a los 07, 14 y 28 días

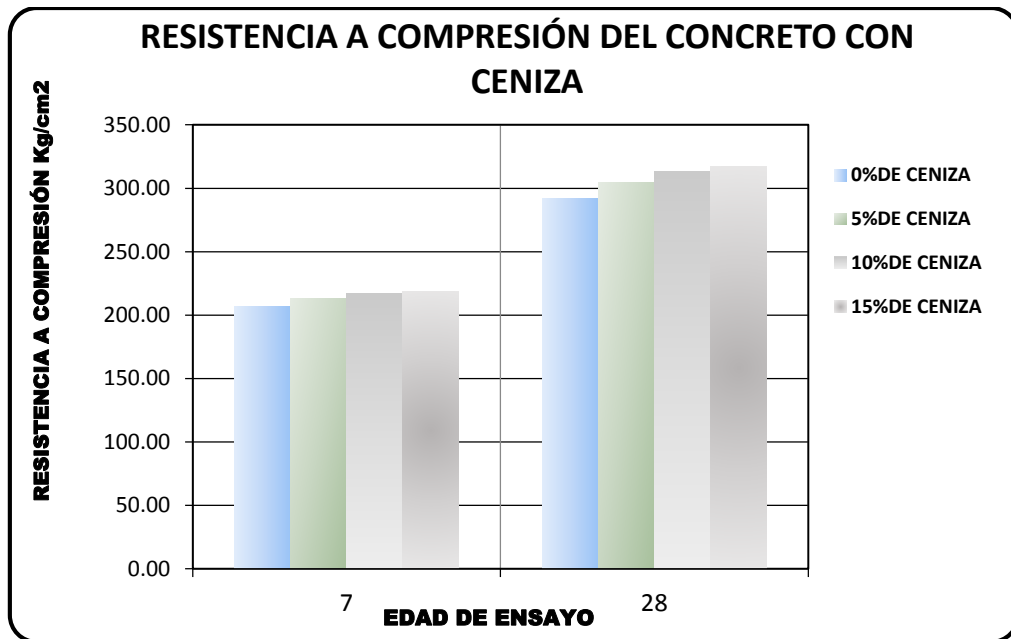


Gráfico 16: Resistencia a la compresión por influencia de la ceniza agregado a los 07 y 28 días

En el caso del concreto con adición de cascarilla, en la **Tabla 13**, se aprecia que el concreto con mayor resistencia es el patrón a los 7 días alcanza una resistencia de 206.8 kg/cm², mientras la resistencia menor a los 07 días alcanzó a los 193.07 kg/cm², correspondiendo este valor al concreto con 3% de cascarilla. Así mismo, en el ensayo a los 14 días el mayor es 260.65 kg/cm², correspondiendo al patrón, el menor valor fue con la adición de 3% con 241.23 kg/cm². A los 28 días igualmente el más alto valor fue del patrón con 292.08 kg/cm² y el menor el concreto con 3% de cascarilla con 269 kg/m². Los concretos con adición de 1 y 2%, obtuvieron valores intermedios entre el patrón y el concreto con adición de 3% de fibra, tanto en el ensayo a 07 días como en el ensayo a 28 días.

Para el concreto con adición de ceniza, en la **Tabla 14**, se aprecia que el concreto más resistente a los 7 días es el concreto con 15 % de adición del de ceniza con 218.84 kg/cm² y el menor es el patrón con 206.80 kg/cm². A los 28 días igualmente el mayor es el concreto con 15% de ceniza llegando a 317.85 kg/cm² mientras que el patrón es de 292.98 kg/cm². Los demás concretos con adición de 5 y 10% obtuvieron valores intermedios.

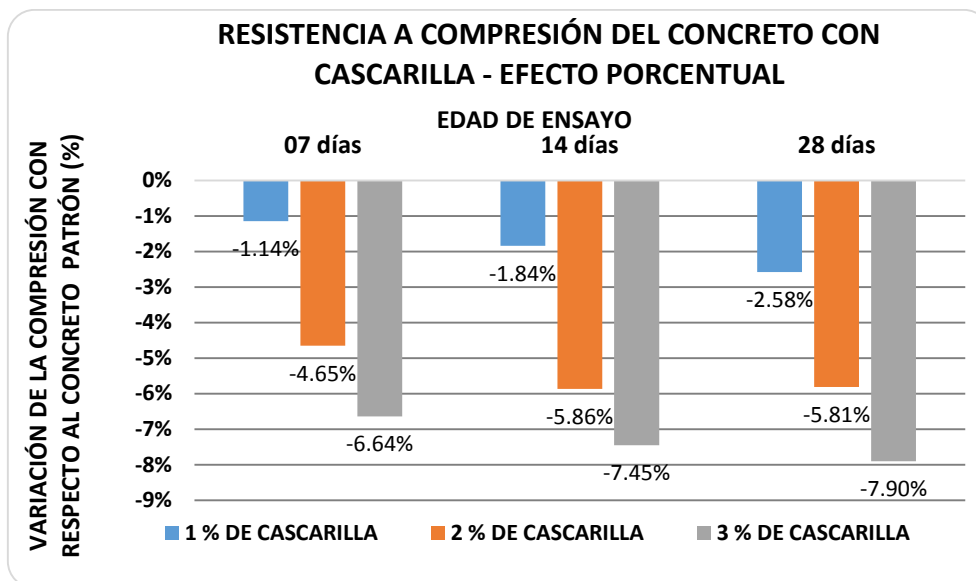


Gráfico 17: Variación porcentual de la resistencia a la compresión por influencia de la cascarilla agregada con respecto al concreto patrón.

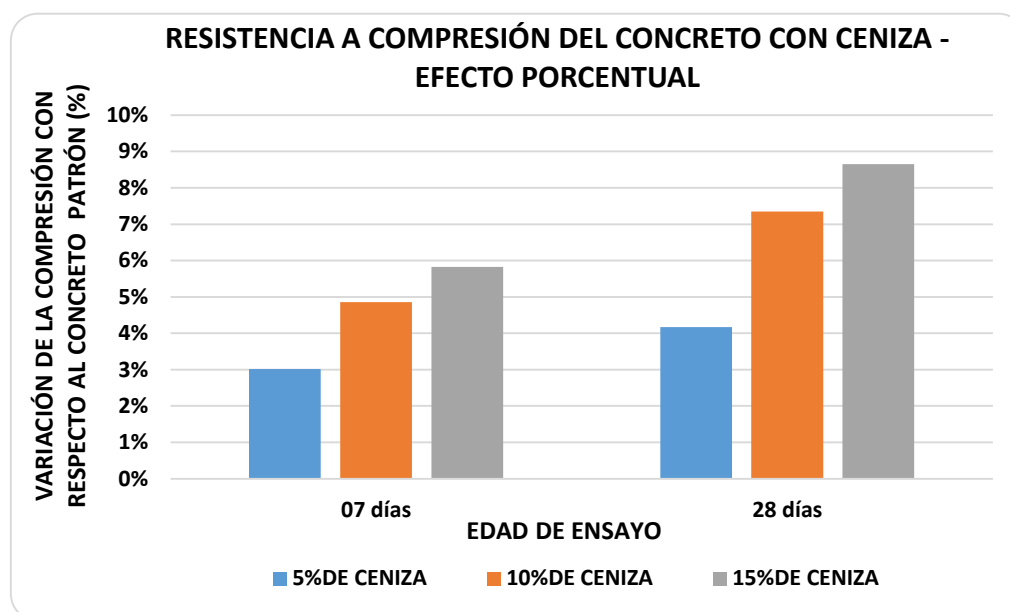


Gráfico 18: Variación porcentual de la resistencia a la compresión por influencia de la ceniza agregada con respecto al concreto patrón

Para el caso del concreto con adición de cascarilla, en el **Gráfico 17**, se puede apreciar que los porcentajes que disminuye el concreto con adiciones respecto al patrón; a los 7 días están entre -1.14 % y -6.64%, a los 14 días -1.84% y -7.45% y a los 28 días varían de -2.58 a -7.90%, respecto al patrón.

En cambio para los concretos con adición de ceniza, en el **Gráfico 18**, se parecía que el aumento porcentual en porcentajes respecto al patrón de los concretos adicionados varían a los 7 días de 3.01% a 5.82% y a los 28 días de 4.17% a 8.65% de resistencia respecto al patrón.

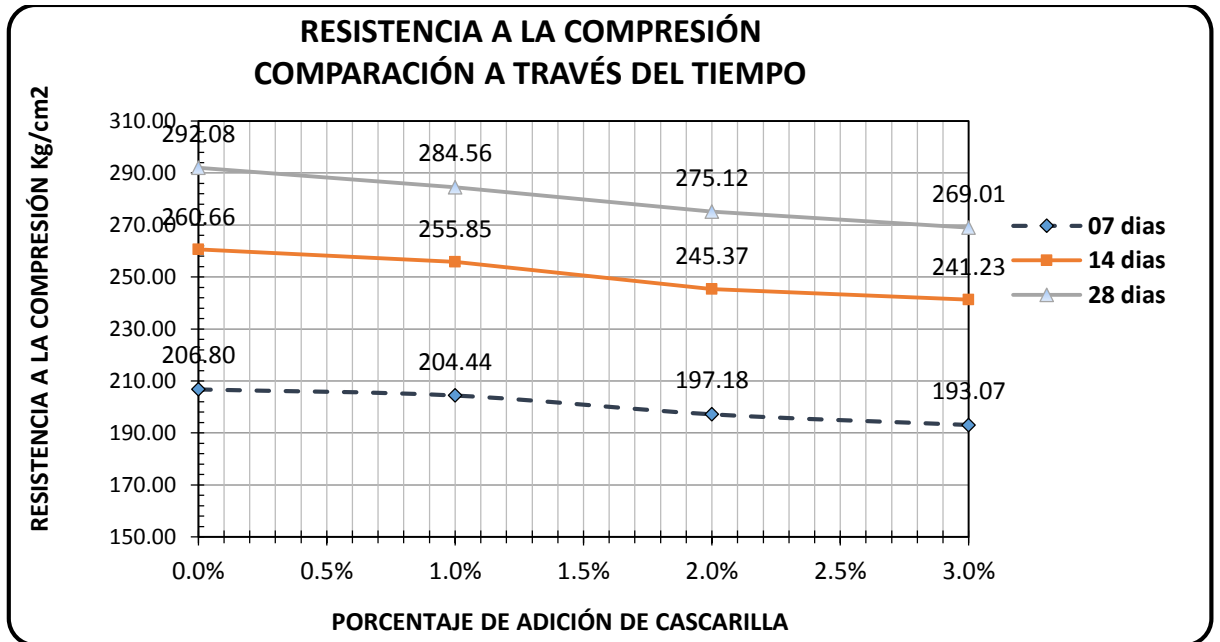


Gráfico 19: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión a diferentes edades y adiciones de cascarilla

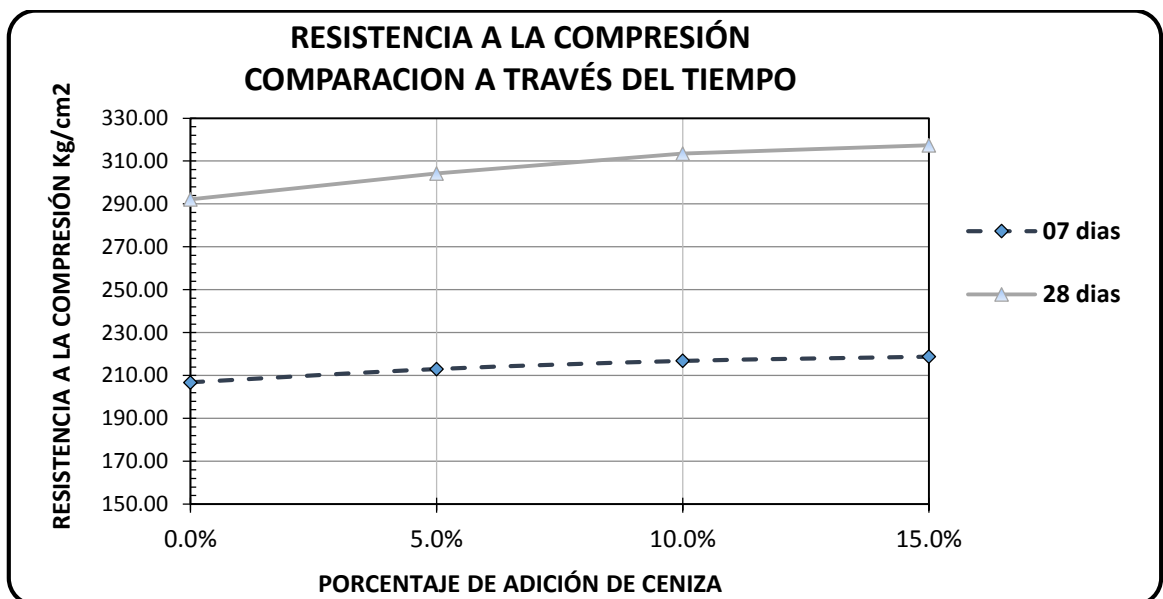


Gráfico 20: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión a diferentes edades y adiciones de ceniza

En el **Gráfico 19**, se desarrolla el consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de cascarilla, 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.

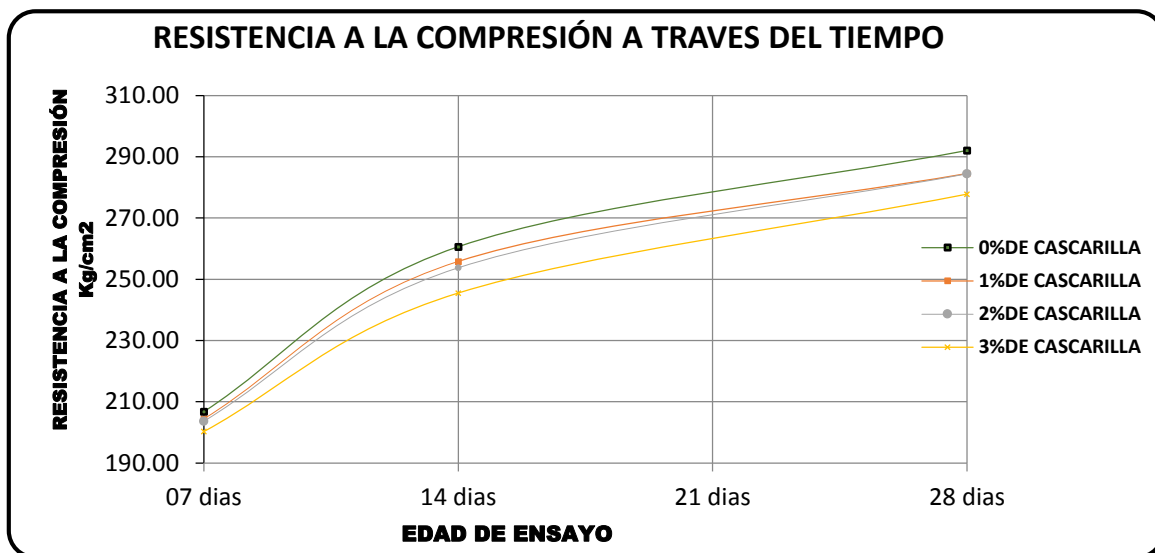


Gráfico 21: Resistencia a compresión en el tiempo de los diferentes porcentajes de adición-cascarilla

El **Gráfico 21**, muestra la resistencia a compresión del concreto con todos los porcentajes de adición de cascarilla respecto al tiempo,

4.5 ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.

Al realizar el ensayo de tracción indirecta a los 06 especímenes de concreto a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de fibra (patrón, 1%, 2% y 3%) teniendo un total de 72 especímenes ensayados a tracción, se obtienen los valores que se indican en las **Tabla 17**, **Tabla 18**

Tabla 17 Resistencia a tracción indirecta 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
	RESISTENCIA A TRACCION EN Kg/cm ²		
0%DE CASCARILLA	19.52	21.72	24.54
1%DE CASCARILLA	19.23	21.31	24.03
2%DE CASCARILLA	19.20	20.96	23.68
3%DE CASCARILLA	19.15	20.70	23.41

Tabla 18: 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%
1 % DE CASCARILLA	-1.48%	-1.90%	-2.08%
2 % DE CASCARILLA	-1.66%	-3.52%	-3.50%
3 % DE CASCARILLA	-1.92%	-4.69%	-4.62%

Al realizar el ensayo de tracción indirecta se observa una disminución en la resistencia del concreto, tanto a los 07 como a los 14 y 28 días, a medida que aumenta el porcentaje de fibra presente en la mezcla de concreto, tal como muestra el **Gráfico 22**.

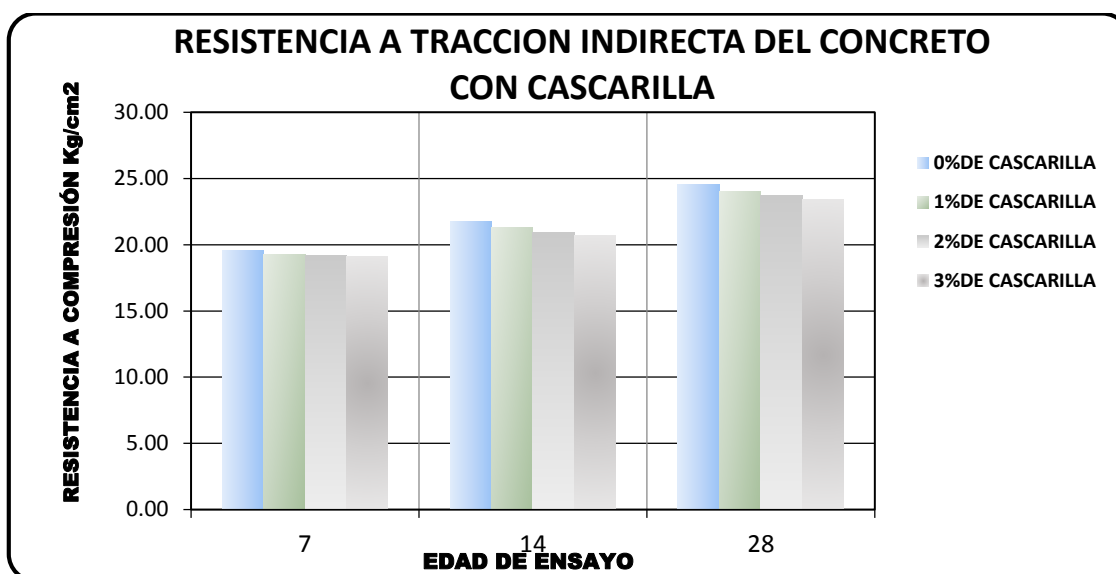


Gráfico 22: Resistencia a la tracción indirecta por influencia de la cascarilla agregada a los 07, 14 y 28 días

Porcentualmente hablando **Gráfico 23**, 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 3%, asimismo, la menor variación la registró el concreto que contenía menor cantidad de cascarilla con 1%. Es decir, mientras mayor fue la cantidad de la adición, menor fue la resistencia a tracción indirecta.

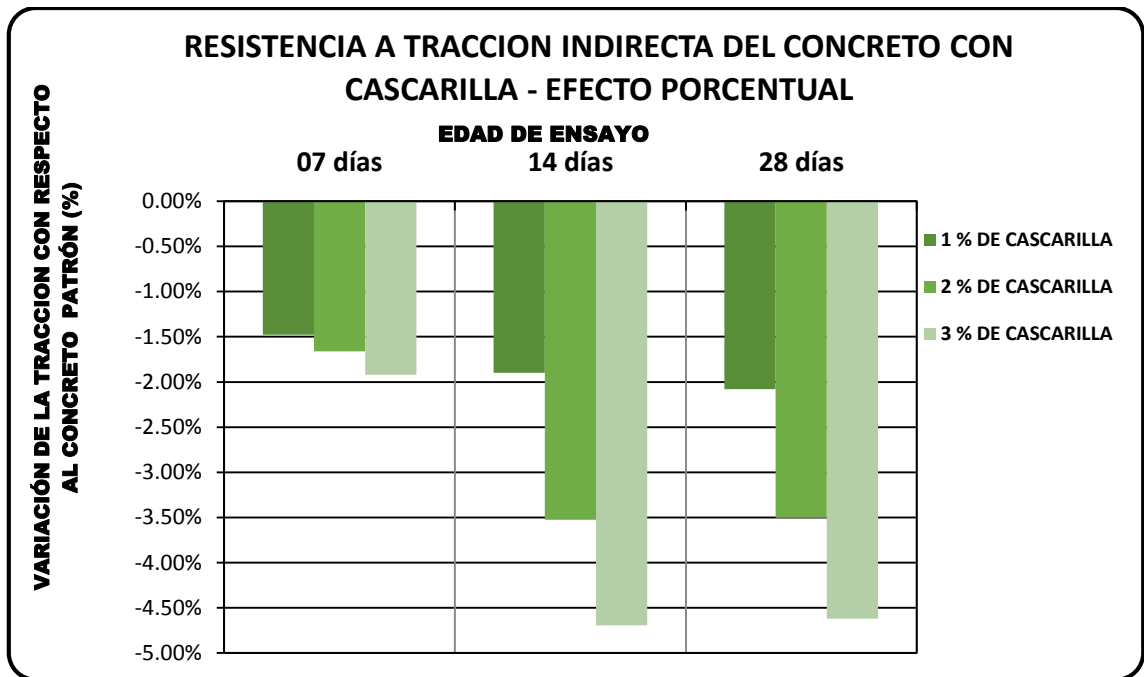


Gráfico 23: Variación porcentual de la resistencia a la tracción indirecta por influencia de la fibra agregada con respecto al concreto patrón.

En el **Gráfico 24**, se desarrolla el consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a la tracción indirecta, a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de adición en este gráfico se puede observar que existe un disminución en la resistencia de 07 a 14 días que va disminuyendo de 14 a 28 días considerablemente para todos los casos.

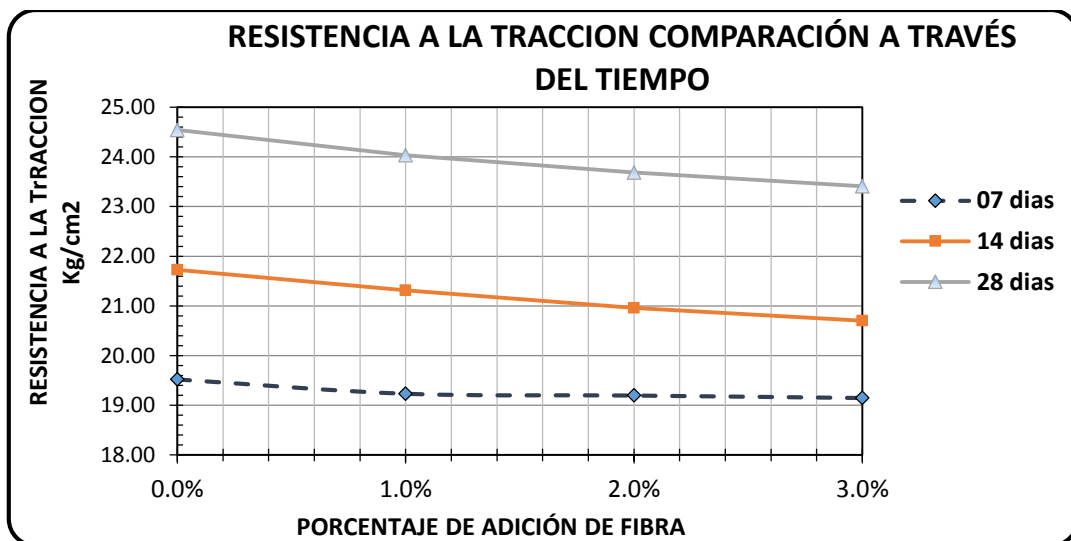


Gráfico 24: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a tracción indirecta a diferentes edades y adición de fibra

4.6 ANÁLISIS DE LA FISURA DEL ESPECIMEN

Se determinó el ancho y longitud transversal 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 fibra es 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 19**.

Tabla 19: 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 DIAS
	07 días	14 días	28 días	
ANCHO DE LA FISURA EN "mm"				
PATRÓN	2.55	2.78	2.34	—
1%DE CASCARILLA	2.49	2.69	2.20	-5.99%
2%DE CASCARILLA	2.40	2.46	1.94	-17.38%
3%DE CASCARILLA	2.18	2.24	1.85	-21.08%

La **Tabla 19**, muestran la variación de los anchos y longitud transversal de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta de las diferentes adiciones de cascarilla a las tres edades de ensayo. Así mismo se aprecia la variación porcentual del ancho transversal de la fisura con respecto al concreto patrón a los 28 días.

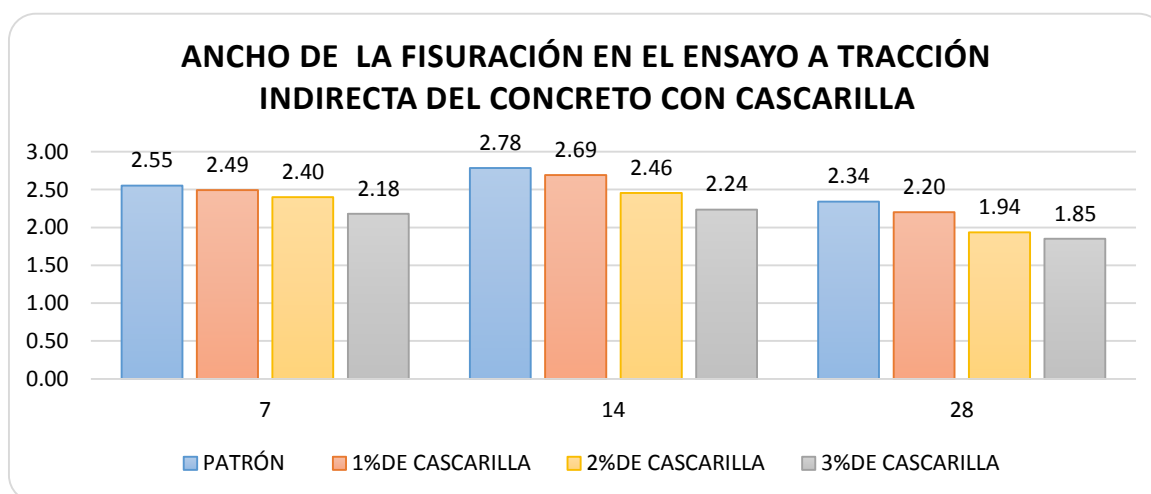


Gráfico 25: Promedio de los anchos de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta.

En el **Gráfico 25**, 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 1%, 2% y 3% de adición de cascarilla respectivamente.

4.7 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) para los especímenes ensayados a compresión, los resultados son los mostrados en la **Tabla 20**.

Tabla 20: Tipos y porcentaje de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.

TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
tipo 1	0	-
tipo 2	16	14.81%
tipo 3	6	5.56%
tipo 4	10	9.26%
tipo 5	44	40.74%
tipo 6	32	29.63%
TOTAL	108	100%

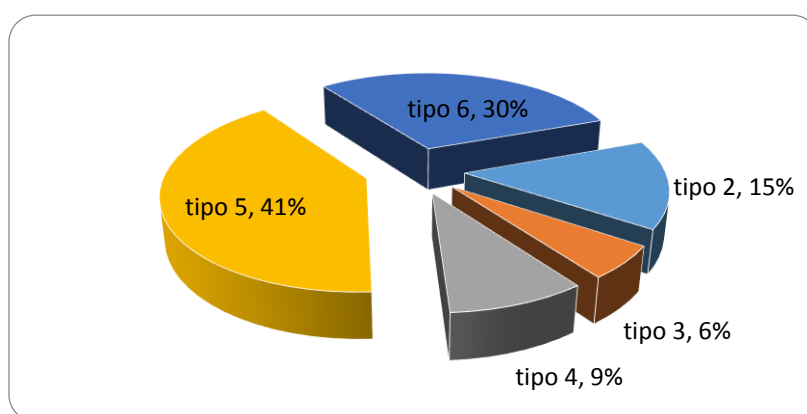


Gráfico 26: Representación de los tipos de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.

El tipo de falla más común registrado, fue el tipo 5 con un porcentaje del 40.74%, en el cuál la fractura se da en la parte superior o inferior solamente en una esquina de la probeta. Los tipos de falla 6 y 2 resultaron porcentajes de 29.63% y 15% respectivamente, para el tipo de falla 4 se obtuvo un 9.24 %.**Gráfico 26**



Figura 21: Tipos de fallas típicas en los especímenes de concretos ensayados a compresión.

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 espécimen 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.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Al comparar el concreto patrón y el concreto con adiciones, se observa:

- En las propiedades del concreto fresco se observa que a medida que aumenta las adiciones al concreto la trabajabilidad disminuye, en el caso de la cascarilla llega a -26.19% en las mayores dosificaciones y en la ceniza hasta -54.76% respecto del concreto sin adiciones, en el caso de peso unitario de concreto fresco disminuye con las adiciones en mayor porcentaje el concreto con adición de cascarilla que con el de ceniza en un- 3.39% y -0.88% respectivamente con las mayores dosificaciones
- En el concreto endurecido el peso unitario disminuye al aumentar las adiciones, en el caso de la fibra hasta -3.30% y en la ceniza hasta -0.24% respecto al concreto sin ninguna adición.
- La resistencia a la compresión, en el caso de la adición con cascarilla hace que la resistencia disminuya conforme aumenta el porcentaje de adición llegando hasta -7.90% con la mayor dosis, Sin embargo la adición de ceniza hace que la resistencia aumente conforme aumenta la adición llegando hasta 8.65% a los 28 días en la más alta dosis, además se observa que el porcentaje de aumento a los 28 días es mayor que a los 7 días en todas las dosis.
- En lo respecta a resistencia a tracción se ha evaluado solamente al concreto con adición de cascarilla donde se aprecia que conforme aumenta el porcentaje de adición éste disminuye la resistencia a tracción disminuyendo hasta -4.69% para el mayor porcentaje de adición.
- En el análisis de fisuras se observa que 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 1%, 2% y 3% de adición de cascarilla respectivamente.

5.2 RECOMENDACIONES.

Luego de realizar la presente investigación, surgen varias ideas acerca de otros aspectos relativos al concreto con adiciones de fibras y cenizas, que podrían ser tratados en investigaciones futuras, entre ellos:

- Realizar análisis de otros residuos agrícolas en el medio que podría servir en la construcción.
- Realizar investigaciones con otro tipo de cemento

Es de esperar que esta investigación, que acá concluye, sea una de las muchas que se hagan respecto a este tema.

6 BIBLIOGRAFÍA

6.1 LIBROS.

- ABANTO CASTILLO, FLAVIO. 2009. Tecnología del concreto (Teoría y problemas). (2da edición) Lima - Perú.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. 2014. Reglamento de los requisitos para concreto estructural (ACI 363R-92).
- HARMSSEN, E. T. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado (4ta ed.). Lima, Perú.
- INSTITUTO DEL CONCRETO, 1997. Manual Tecnología y Propiedades, Asociación colombiana de productores de concreto - ASOCRETO. D Sánchez. 2 ed. Sexta impresión, Colombia. 215 p
- KOSMATKA, S. H., KERKHOFF, B., PANARESE, W., & TANESI, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto (1era ed.). Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association
- LEZAMA LEIVA, JOSE. 2013. Tecnología del concreto. Cajamarca – Perú.
- MARIN CIRIAGO, G. (2010). Cultivo del Café. Lima.
- 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.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2010). Perú, un campo fértil para inversiones y el desarrollo de sus exportaciones. Lima.
- MONTALVO GUEVARA, M. E. (2015). Pavimentos Rígidos Reforzados con fibras de acero versus Pavimentos Tradicionales. Lima.
- NAVARRO VELIZ, J., & LÓPEZ YARANGO, J. (2006). Tecnología de los Materiales (1era ed.). Huancayo, Perú: Imagen Gráfica SRL.

- NEVILLE, A.M. y BROOKS, J.J. 1998. Tecnología del Concreto. Editorial Trillas. México D.F.
- OROZCO, S. C., CANTARERO, P. V., & RODRÍGUEZ M, J. F. (S.F.). Tratamiento de residuos del café PROME café_ ILCA PELCCE ICAFE. Matagalpa, Nicaragua: Promecafe, Ilca, Peicce E Icafe
- PASQUEL CARVAJAL, ENRIQUE. 2000. Control de Calidad del Concreto. Capítulo Peruano ACI. Lima - Perú.
- PORTUGAL BARRIGA, PABLO. Tecnología del concreto de alto desempeño. Bogotá-Colombia. (2008)
- PRIETO, D. Y. (2002). Caracterización física del café semitostado. Bogotá.
- QUINTERO, SANDRA; LUIS, GONZÁLEZ. Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Barranquilla. Universidad del Norte. 2006 [citado 9 de marzo, 2016].
- RIAÑO LUNA, E. (2010). Tecnología del Café. Bogotá, Colombia.
- RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. 2000. La Naturaleza del Concreto y Materiales. Capítulo Peruano ACI. Lima - Perú.
- RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. 2007. Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas. Lima - Perú.
- SALAZAR C, J. (2004). Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café. Bogotá.

6.2 TESIS.

- ÁGUILA, IDALBERTO & SOSA, MILENA. (2008). Evaluación Físico Química de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hojas de

- maíz y su influencia en mezclas de mortero, como material puzolánicos. Tesis, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- ALVARADO ROMERO, HERNÁN FABRICIO. Análisis de la resistencia mecánica del concreto con adiciones de fibras de pambil. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 228 pág.
 - CARDENAS ESPINOZA, GUSTAVO. (2014). Mejoramiento de las propiedades mecánicas de concretos puzolánicos para incrementar su resistencia ante ataques de sulfatos. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. 182 Pág.
 - HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, E. W. (2011). Análisis Comparativo De La Resistencia a la Compresión, Tensión Indirecta Y a La Flexión de Concreto Fibroreforzado De Matriz Cementicia Y Plumitas de Ave: Pollos. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
 - MATAY PINEL, D. E. (2014). Valorización de Cenizas de Bagazo procedente de Honduras: posibilidades de uso en matices de cemento portland. Universidad Politécnica de Valencia.
 - OSORIO SARAZ, JAIME ALEXANDER (2006). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar, Universidad Nacional de Colombia. 162 pág.
 - REYES BAÑUELOS, URIEL ISAAC. 2008. Concreto reforzado con fibra de bagazo de caña. Universidad Veracruzana. México. 131 Pág.
 - RÍOS GONZÁLEZ, EDUARDO (2011). Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico. Universidad Veracruzana.
 - TERREROS ROJAS, LUIS & CARVAJAL CORREDOR, IVÁN. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando cascarilla de arroz y cascarilla de café. Colombia. 84 pág.
 - VILLEGAS MARTÍNEZ, CARLOS. (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. Perú. 136 Pág.

6.3 NORMAS Y REGLAMENTO.

- NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.034.2008 (revisada 2013). CONCRETO (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.046.2008 (revisada 2013). CONCRETO (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto (concreto). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.047.2006. CONCRETO (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.079.2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.084.2012 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.088.2006 CONCRETO (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.183.2013. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.185.2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.010.2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.

- NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.017.2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.018.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (N° 200). 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.019.2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.021.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.022.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto (concreto). 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

7 ANEXO

7.1 ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND.

Tabla 21: Principales componentes del cemento Portland.

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
TOPO 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							

Fuente: Tecnología del concreto, A. M. Neville y J. J. Brooks.

Tabla 22: Fuentes de materias primas usadas en la fabricación de cemento Pórtland.

Hierro Fe ₂ O ₃	Yeso CaSO ₄ .2H ₂ O	Magnesio MgO
Arcilla Ceniza de altos homos 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

Fuente: Tecnología del concreto, A. M. Neville y J. J. Brooks.

Tabla 23: Componentes químicos del cemento Portland.

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, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeso	Minerales Varios

Fuente: Tecnología del concreto, A. M. Neville y J. J. Brooks.

**7.2 ANEXO II: NORMA NTE E.060.
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

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

Tabla 24: Medida de las muestras de campo requeridas para los ensayos de laboratorio

TAMAÑO DEL AGREGADO	MASA DE LA MUESTRA DE CAMPO, min Kg. (lbs)	MUESTRA DE CAMPO VOLUMEN, min L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm [N° 8]	10 [22]	8 [2]
4.75 mm [N° 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado Grueso		
09.5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12.5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19.0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25.0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37.5 mm [1 1/2 in.]	75 [165]	60 [15]
50.0 mm [2 in.]	110 [220]	80 [21]
63.0 mm [2 1/2 in.]	125 [275]	100 [26]
75.0 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90.0 mm [3 1/2 in.]	175 [385]	140 [37]

Fuente: Normas NTP 400.010 - 2011.

Tabla 25: Límites Granulométricos recomendados para Agregado Fino.

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

Fuente: Normas NTP 400.037 – 2002.

Tabla 26: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso.

N° ASTM (HUSO)	Tamaños nominales en pulgadas (Abertura Cuadrada)			Porcentajes pasantes en peso para cada tamiz standard												
				4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
1	3 1/2"	-	1 1/2"	100	90 - 100	...	25 - 60	...	0 - 15	...	0 - 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2"	-	1 1/2"	...	...	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	...	0 - 15	...	...	...	...	...
3	2"	-	1"	...	...	...	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	...	0 - 5	...	...	...	...
357	2"	-	N°4	...	...	...	100	95 - 100	...	35 - 70	...	.10-30	...	0 - 5	...	...
4	1 1/2"	-	3/4"	...	...	...	...	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	...	0 - 5	...	...	...
467	1 1/2"	-	N°4	...	...	...	...	100	95 - 100	...	35 - 70	...	.10-30	0 - 5	...	...
5	1"	-	1/2"	...	...	...	...	...	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5	...	...	...
56	1"	-	3/8"	...	...	...	...	...	100	90 - 100	40 - 85	.10-40	0 - 15	0 - 5	...	...
57	1"	-	N°4	...	...	...	...	...	100	95 - 100	...	25 - 60	...	0 - 10	0 - 5	...
6	3/4"	-	3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5	...	...
67	3/4"	-	N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 - 100	...	20 - 55	0 - 10	0 - 5	...
7	1/2"	-	N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	...
8	3/8"	-	N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	85 - 100	0 - 30	0 - 10	0 - 5

Fuente: Norma NTP 400.037 – 2002.

Tabla 27: Cantidad Mínima de muestra para el ensayo.

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

Fuente: Norma NTP 400.018 – 2013.

Tabla 28: Carga Abrasiva según gradación del agregado grueso.

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

Fuente: Norma NTP 400.019 – 2002.

Tabla 29: Gradaciones de muestras de ensayo.

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

Fuente: Norma NTP 400.019 – 2002.

Tabla 30: Número de capas requeridas por espécimen.

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

Fuente: Norma NTP 339.183 - 2013.

Tabla 31: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba

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
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

Fuente: Normas NTP 339.183 - 2013.

Tabla 32: Capacidad de los recipientes de medición.

TAMAÑO MÁXIMO 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 1/2	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.

Fuente: Normas NTP 339.046 - 2013.

Tabla 33: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia.

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 %

Fuente: Normas NTP 339.034 - 2013.

**7.4 ANEXO IV: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO**

Tabla 34: Análisis Granulométricos del agregado fino- ENSAYO 1

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 - 2002	Descripción de la muestra
Pulg.	mm						
3/8"	9.53				100	100	
N°04	4.76	19.93	3.99	3.99	96.01	95 - 100	Agregado fino para elaboración de concreto
N°08	2.38	64.68	12.94	16.92	83.08	80 - 100	
N°16	1.19	115.37	23.07	40.00	60.00	50 - 85	Módulo de fineza: 2.76 %
N°30	0.59	59.91	11.98	51.98	48.02	25 - 60	
N°50	0.3	104.19	20.84	72.82	27.18	10 - 30	
N°100	0.15	86.83	17.37	90.18	9.82	2 - 10	
N°200	0.07	24.45	4.89	95.07	4.93		
<N°200		24.64	4.93	100.00	0.00		
Peso Inicial (g)		500.00					

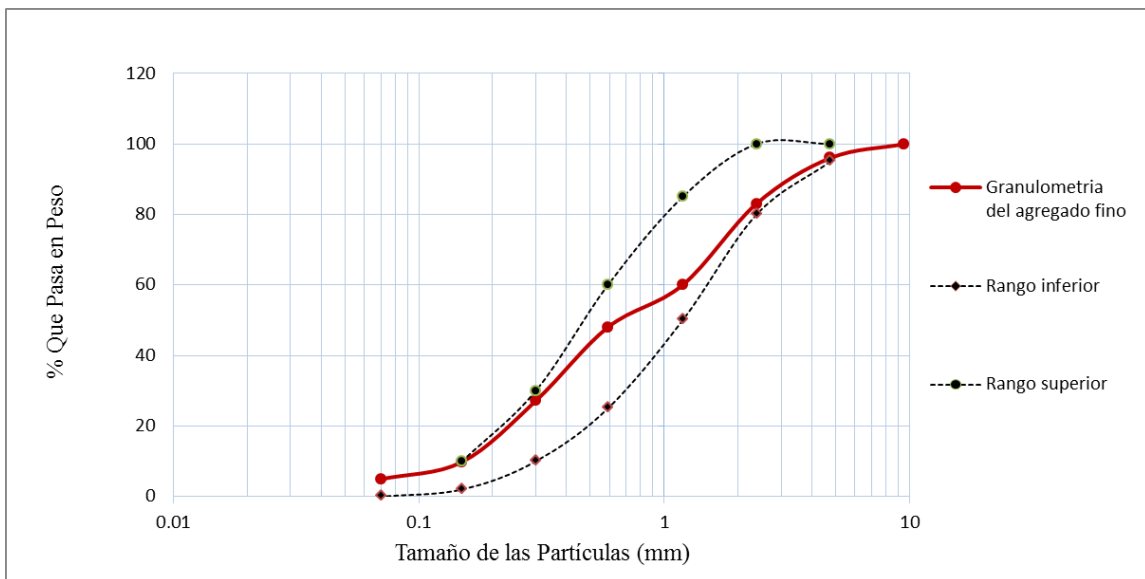


Gráfico 27: Curva granulométrica del agregado fino- ENSAYO 1

Tabla 35: Análisis Granulométricos del agregado fino- ENSAYO 2

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 - 2002	Descripción de la muestra
Pulg.	mm						
3/8"	9.53				100	100	
N°04	4.76	14.56	2.91	2.91	97.09	95 - 100	Agregado fino para elaboración de concreto
N°08	2.38	55.34	11.07	13.98	86.02	80 - 100	
N°16	1.19	86.35	17.27	31.25	68.75	50 - 85	Módulo de fineza: 2.54 %
N°30	0.59	65.64	13.13	44.38	55.62	25 - 60	
N°50	0.3	135.45	27.09	71.47	28.53	10 -30	
N°100	0.15	94.36	18.87	90.34	9.66	2 - 10	
N°200	0.07	24.65	4.93	95.27	4.73		
<N°200		23.65	4.73	100.00	0.00		
Peso Inicial (g)		500.00					

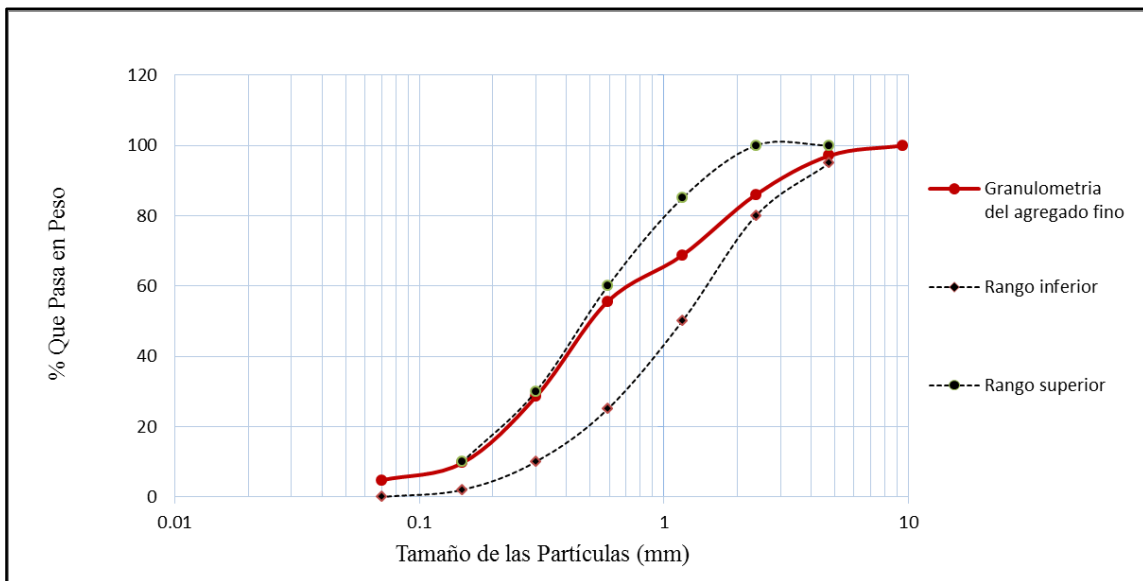


Gráfico 28: Curva granulométrica del agregado fino- ENSAYO 2

Tabla 36: Análisis Granulométricos del agregado fino- ENSAYO 3

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 - 2002	Descripción de la muestra
Pulg.	mm						
3/8"	9.53				100	100	
N°04	4.76	15.41	3.08	3.08	96.92	95 - 100	Agregado fino para elaboración de concreto
N°08	2.38	62.48	12.50	15.58	84.42	80 - 100	
N°16	1.19	98.65	19.73	35.31	64.69	50 - 85	Módulo de finura: 2.61 %
N°30	0.59	48.36	9.67	44.98	55.02	25 - 60	
N°50	0.3	131.12	26.22	71.20	28.80	10 -30	
N°100	0.15	96.45	19.29	90.49	9.51	2 - 10	
N°200	0.07	24.11	4.82	95.32	4.68		
<N°200		23.42	4.68	100.00	0.00		
Peso Inicial (g)		500.00					

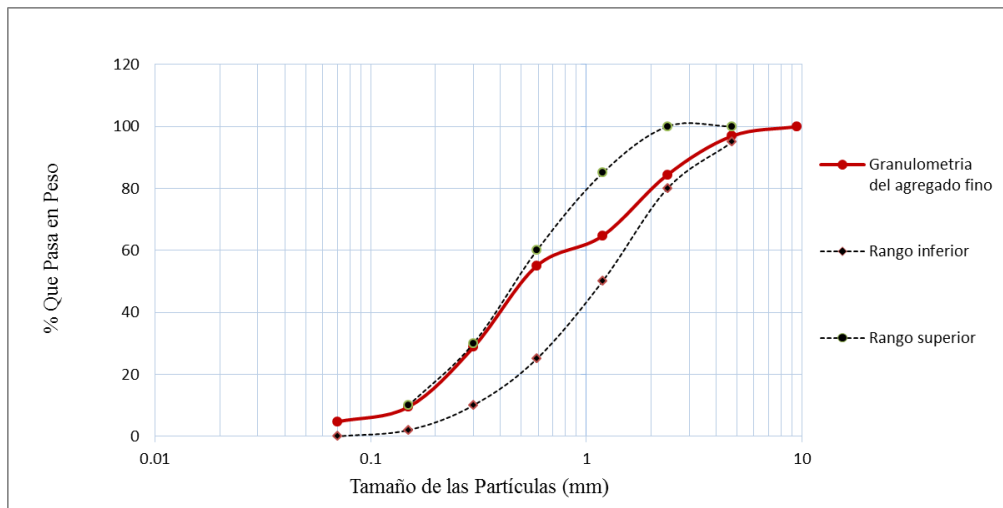


Gráfico 29: Curva granulométrica del agregado fino- ENSAYO 3

Tabla 37: promedio del módulo de finura del agregado fino

MODULO DE FINURA PROMEDIO			
N° ENSAYO	1	2	3
MODULO DE FINURA	2.76 %	2.54 %	2.61 %
MODULO DE FINURA PROMEDIO	2.64 %		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 38: Análisis Granulométricos del agregado grueso- ENSAYO 1

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm				
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	784	9.80	9.80	90.20
3/4"	19.05	2338	29.23	39.03	60.98
1/2"	12.70	3562	44.53	83.55	16.45
3/8"	9.53	1152	14.40	97.95	2.05
N°04	4.76	152	1.90	99.85	0.15
FONDO		12.00	0.15		
Peso Inicial (g)		8000.00	100.00		
Módulo de fineza:					7.37

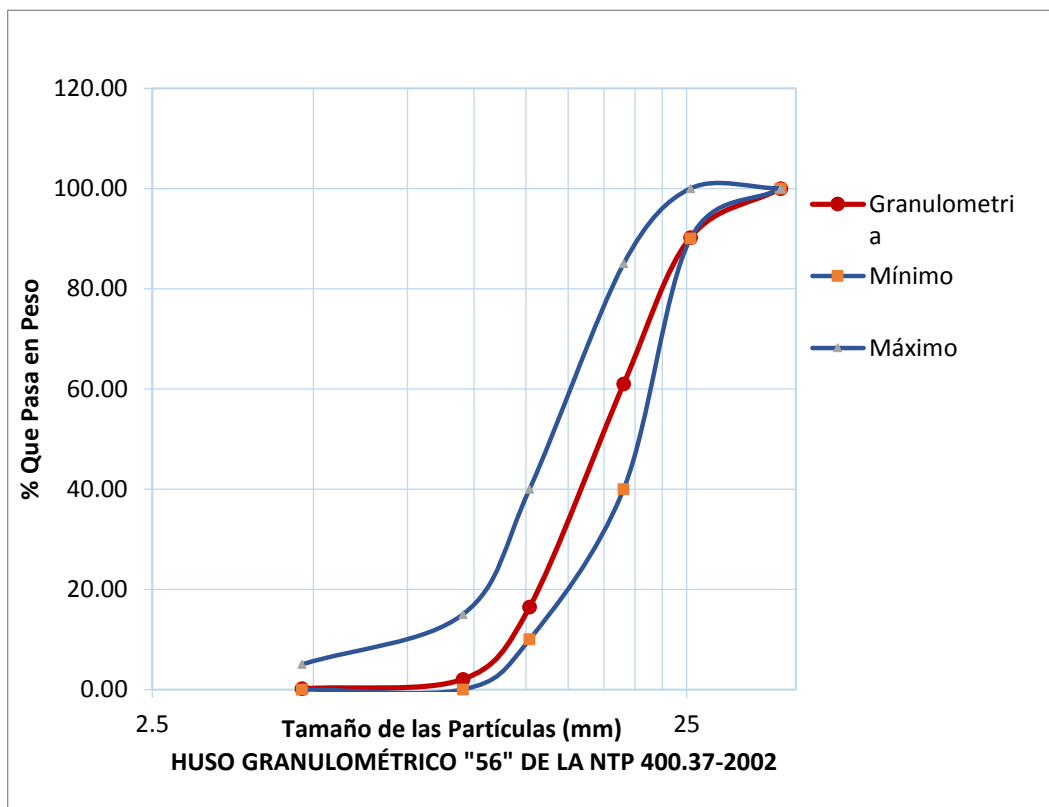


Gráfico 30: Curva granulométrica del agregado grueso- ENSAYO 1

Tabla 39: Análisis Granulométricos del agregado grueso- ENSAYO 2

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm				
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	862	10.78	10.78	89.23
3/4"	19.05	2144	26.80	37.58	62.43
1/2"	12.70	3608	45.10	82.68	17.33
3/8"	9.53	1275	15.94	98.61	1.39
N°04	4.76	103	1.29	99.90	0.10
FONDO		8.00	0.10		
Peso Inicial (g)		8000			
Módulo de fineza:					7.36

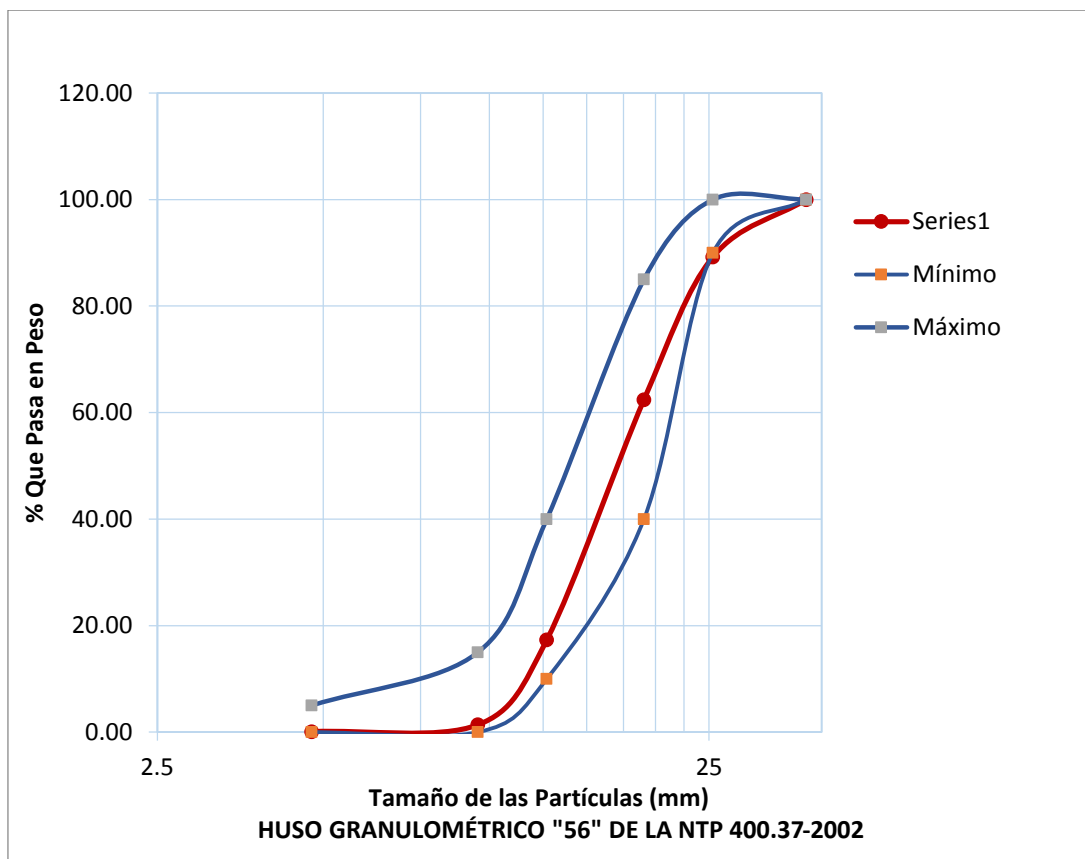


Gráfico 31: Curva granulométrica del agregado grueso- ENSAYO2

Tabla 40: Análisis Granulométricos del agregado grueso- ENSAYO 3

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm				
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	702	8.78	8.78	91.23
3/4"	19.05	2394	29.93	38.70	61.30
1/2"	12.70	3732	46.65	85.35	14.65
3/8"	9.53	986	12.33	97.68	2.32
N°04	4.76	174	2.18	99.85	0.15
FONDO		12	0.15	100.00	
Peso Inicial (g)		8000			
Módulo de fineza:					7.36

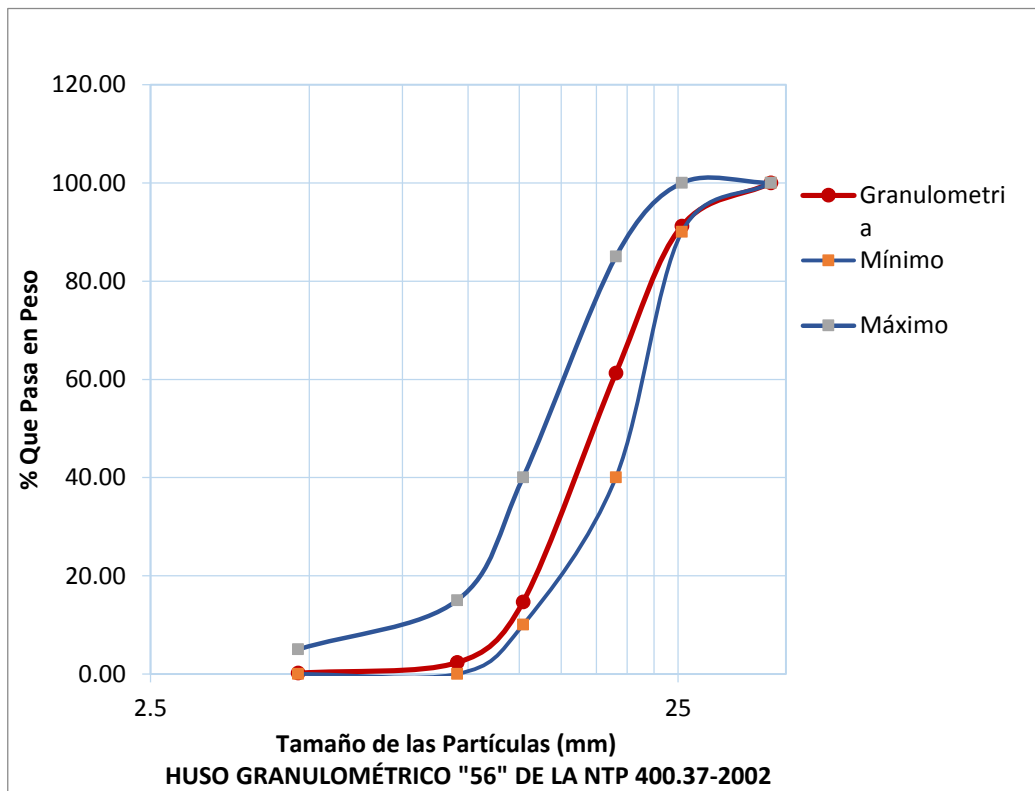


Gráfico 32: Curva granulométrica del agregado grueso- ENSAYO 3

Tabla 41: promedio del módulo de finura del agregado grueso

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

Tabla 42: 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	492.5	493.5	493.0	
PESO DEL PICNOMETRO LLENO DE AGUA (gr) B	1299.0	1300.0	1300.0	
PESO TOTAL DEL PICNOMETRO AFORADO CON MUESTRA Y LLENO DE AGUA (gr) C	1614.0	1614.0	1614.5	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr) S	500.0	500.0	500.0	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³) =	2.66	2.65	2.66	2.66
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	2.70	2.69	2.70	2.70
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.77	2.75	2.76	2.76
ABSORCION (%) =	1.52	1.32	1.42	1.42

Tabla 43: 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	4094.00	3975.00	4269.00	
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr) B	4128.00	4007.00	4304.00	
PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA (gr) C	2564.00	2498.00	2680.00	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³)	2.62	2.63	2.63	2.63
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	2.64	2.66	2.65	2.65
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.68	2.69	2.69	2.68
ABSORCION (%)	0.83	0.81	0.82	0.82

Tabla 44: Porcentaje de Humedad del Agregado.

PARA EL AGREGADO FINO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
% DE HUMEDAD PARA LA PRIMERA PRUEBA DE CORRECCION 05 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	484.32	484.81	484.42
Peso del Agua en la Muestra	15.68	15.19	15.58
% DE HUMEDAD	3.24%	3.13%	3.22%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	3.20%		

% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 12 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	488.88	489.53	489.12
Peso del Agua en la Muestra	11.12	10.47	10.88
% DE HUMEDAD	2.27%	2.14%	2.22%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	2.21%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 14 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	487.76	488.41	488
Peso del Agua en la Muestra	12.24	11.59	12
% DE HUMEDAD	2.51%	2.37%	2.46%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	2.45%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 22 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	485.32	485.97	485.56
Peso del Agua en la Muestra	14.68	14.03	14.44
% DE HUMEDAD	3.02%	2.89%	2.97%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	2.96%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 29 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	487.78	488.43	488.02
Peso del Agua en la Muestra	12.22	11.57	11.98
% DE HUMEDAD	2.51%	2.37%	2.45%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	2.44%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 05 DE OCTUBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	485.6	486.25	485.84
Peso del Agua en la Muestra	14.4	13.75	14.16
% DE HUMEDAD	2.97%	2.83%	2.91%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	2.90%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 06 DE OCTUBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	486.18	486.83	486.42
Peso del Agua en la Muestra	13.82	13.17	13.58
% DE HUMEDAD	2.84%	2.71%	2.79%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	2.78%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 10 DE OCTUBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	500	500	500
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	486.76	487.41	487
Peso del Agua en la Muestra	13.24	12.59	13
% DE HUMEDAD	2.72%	2.58%	2.67%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	2.66%		

Tabla 45: Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso.

PARA EL AGREGADO GRUESO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
% DE HUMEDAD PARA LA PRIMERA PRUEBA DE CORRECCION 05 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2982	2979	2985
Peso del Agua en la Muestra	18	21	15
% DE HUMEDAD	0.60%	0.70%	0.50%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.60%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 12 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2994	2998	2996
Peso del Agua en la Muestra	6	2	4
% DE HUMEDAD	0.20%	0.07%	0.13%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.13%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 14 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2992	2996	2994
Peso del Agua en la Muestra	8	4	6
% DE HUMEDAD	0.27%	0.13%	0.20%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.20%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 22 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2990	2991	2992
Peso del Agua en la Muestra	10	9	8
% DE HUMEDAD	0.33%	0.30%	0.27%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.30%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 29 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2991	2995	2993
Peso del Agua en la Muestra	9	5	7
% DE HUMEDAD	0.30%	0.17%	0.23%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.23%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 05 DE OCTUBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2988	2992	2990
Peso del Agua en la Muestra	12	8	10
% DE HUMEDAD	0.40%	0.27%	0.33%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.33%		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 06 DE OCTUBRE DEL 2016			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2988	2992	2990
Peso del Agua en la Muestra	12	8	10
% DE HUMEDAD	0.40%	0.27%	0.33%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.33%		

% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 10 DE OCTUBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	3000	3000	3000
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	2989	2993	2991
Peso del Agua en la Muestra	11	7	9
% DE HUMEDAD	0.37%	0.23%	0.30%
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.30%		

PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS, SUELTOS Y COMPACTADOS

Tabla 46: Peso Específico del Agua para determinar el factor Agua "f".

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso de la Fiola + agua (gr)	710.4	710.5	710.2
Peso de la Fiola (gr)	212.4	212.6	212.6
Peso del Agua (gr)	498	497.9	497.6
Volumen del Agua (cm3)	500	500	500
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (Kg/m3)	0.996	0.996	0.995
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO DEL AGUA	0.000996 Kg/m3		

Tabla 47: Factor de Agua "f" para determinar los Pesos Unitarios.

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del Molde + vidrio (gr)	7580	7580	7580
Peso del Molde + Vidrio + Agua (gr)	21480	21480	21480
Peso del Agua (gr)	13900	13900	13900
Peso Específico del Agua (Kg/m3)	0.000996	0.000996	0.000996
Volumen del Molde (Cm3)	13956	13956	13956
FACTOR DE AGUA "f" EN m3	0.07165	0.07165	0.07165
PROMEDIO DEL FACTOR DE AGUA "f"	0.07165		

Tabla 48: Peso volumétrico suelto

PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)						
ITEM	ARENA			PIEDRA CHANCADA		
	N° 01	N° 02	N° 03	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	6615	6615	6615	6615	6615	6615
Peso del recipiente + Material (gr)	29050	28850	28750	26250	26350	26400
Peso del Material (gr)	22435	22235	22135	19635	19735	19785
Factor "f"	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)	1607.57	1593.24	1586.08	1406.94	1414.11	1417.69
PROM. PESO UNITARIO SUELTO SECO	1596			1413		

Tabla 49: peso volumétrico compacto

PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)						
ITEM	ARENA			PIEDRA CHANCADA		
	N° 01	N° 02	N° 03	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	6615	6615	6615	6615	6615	6615
Peso del recipiente + Material (gr)	29750	29650	29550	27500	27550	27850
Peso del Material (gr)	23135	23035	22935	20885	20935	21235
Factor "f"	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)	1657.73	1650.57	1643.40	1496.51	1500.09	1521.59
PROM. PESO UNITARIO SUELTO SECO	1651			1506		

Tabla 50: 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)	475.36	476.35	476.58
MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (%)	4.93	4.73	4.68

Tabla 51: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado Grueso.

PARA EL AGREGADO GRUESO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso de Muestra Seca antes del ensayo (gr.)	10638	10870	10168
Peso de Muestra Seca después del ensayo (gr.)	10598	10825	10134
Peso de las partículas menores al tamiz N° 200	40	45	34
% DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	0.38%	0.41%	0.33%
% PROM. DE PARTÍCULAS MENORES TAMIZ N° 200	0.37%		

Tabla 52: cantidad de muestra de agregado para el ensayo de abrasión

TAMICES		GRADACION "A"	N° DE ENSAYOS		
ABERTURA	RETENIDO EN	gr	1	2	3
1 1/2"	1"	1250± 25	1256	1252	1254
1"	3/4"	1250± 25	1256	1252	1256
3/4"	1/2"	1250± 10	1248	1249	1246
1/2"	3/8"	1250± 10	1250	1250	1250
TOTAL		5000±10	5010	5003	5006

Tabla 53: Porcentaje de abrasión

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso original de la Muestra (gr.)	5010	5003	5006
Peso final de la Muestra (gr.)	4053	3846	3642
Peso del desgaste del agregado	957	1157	1364
% DE ABRASIÓN	19.10%	23.13%	27.25%
% PROMEDIO DE ABRASIÓN	23.16%		

7.5 ANEXO V: ANALISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE CENIZA UTILIZADA EN LAS MEZCLAS



CERTIFICADO DE ANALISIS N° 1207-2016

Tesista : Nixon Carlos Rodríguez Soberón
 Dirección : Jr. Torre Tagle 340-Jaén Cajamarca
 Fecha de recepción : 15/10/2016
 Proyecto de Tesis : Diseño de concreto $F'c=250$ kg/cm² reforzado con cascarilla de café en la ciudad de Jaén

I. - Datos de la muestra

Tipo de Muestra : Ceniza de Cáscarilla de Café
 Fecha y Hora de muestreo : 15/10/2016 14:20 p.m.
 Distrito : Jaén
 Provincia : Jaén
 Departamento : Cajamarca

II.- Resultados

Análisis Químico	Muestra
Conductividad (mS/cm)	17.84
Óxido Férrico (%Fe ₂ O ₃)	8.57
Potencial de Iones Hidrógeno (pH)	12.48
Óxido de Calcio (%CaO) soluble en agua	9.52
Óxido de Silicio (%SiO ₂)	55.30
Silicio (%Si)	25.86


 Jorge A. Delgado Soto
 INC. RESPONSABLE
 CIP. 50757



Tabla 54: Peso específico de la ceniza

ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA (gr) A	50.0	50.0	50.0	
PESO DE LA FIOLA LLENO DE AGUA (gr) B	643.45	643.75	643.05	
PESO TOTAL DE LA FIOLA AFORADA CON MUESTRA Y LLENO DE AGUA (gr) C	670.22	669.94	670.45	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³) =	2.15	2.10	2.21	2.15

7.6 ANEXO VI: 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. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

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 Mayo 2016
(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello
Superintendente de Control de Calidad

7.7 ANEXO VII: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Tabla 55: Resistencia a la compresión promedio.

$f'c$ (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	$1.1f'c + 51$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-060

Tabla 56: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	≥ 5"	Muy Trabajable

Fuente: Diseño de mezclas – Rivva López.

Tabla 57: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada.

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

Fuente: Diseño de mezclas – Rivva López.

Tabla 58: Relación agua/cemento (a/c) del concreto por resistencia.

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

Fuente: Diseño de mezclas – Rivva López.

Tabla 59: Módulo de finura de la combinación de agregados “mc”.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN Saco / m ³ 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 sobrearenosa pavimentos e estructuras ciclópeas si las condiciones de colocación son favorables estos valores pueden ser incrementados en 0.2.

Fuente: Diseño de mezclas – Rivva López.

7.8 ANEXO VIII: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Tabla 60: Mezcla para el 1er ajuste del concreto

TESIS	: DISEÑO DE CONCRETO F'c=250 KG/CM2 REFORZADO CON CASCARILLA DE CAFÉ EN LA CIUDAD			
TESISTA	: BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON			
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS				
Fecha de Diseño	: 05 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Realizado por	: BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ			
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS				
Cantera de donde se extraen los material: OLANO				
DATUM WGS-84	USO 17			FRANJA M
COORDENADAS UTM	ESTE			: 0746138.36
	NORTE			: 9358152.89
	COTA	: 780.00 m.s.n.m		
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)	: 1596	Peso unitario suelto seco (kg/m3)	: 1413.00	
Peso unitario seco compactado (kg/m3)	: 1651	Peso unitario seco compactado (kg/r)	: 1506.00	
Peso específico de masa (gr/cm3)	: 2.66	Peso específico de masa (gr/cm3)	: 2.63	
Absorción (%)	: 1.42	Absorción (%)	: 0.82	
Contenido de Humedad (%)	: 3.20	Contenido de Humedad (%)	: 0.60	
Módulo de Finura	: 2.64	Módulo de Finura	: 7.36	
CEMENTO		AGUA		
Tipo de Cemento : Pacasmayo Tipo I		Tamaño máximo Nominal (Pulg.) : 1"		
Peso Específico (gr/cm : 3.12		Perfil del Agregado : Angular		
Norma : NTP 334.009-2013		Peso específico de la fibra (gr/cm3) : 1.25		
Peso Específico (gr/cm : 1.00		Humedad (%) : 12.1		
		Absorción (%) : 48.5		
		Peso específico de la ceniza (gr/cm3) : 2.15		
DISEÑO DE MEZCLA				
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia : Plástica			
Tipo de Concreto a diseñar	Asentamiento : 3" - 4"			
Volumen unitario de Agua	Concreto sin Aire Incorporado			
Contenido de aire total	193.00 lt/m3			
Relación Agua / Cemento	1.50 %			
Factor cemento	0.50			
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta	Cantidad de Cemento	: 386.00 Kg/m3		
	Factor Cemento	: 9.1 Bolsas/m3		
	Cemento	: 0.124 m3		
	Agua	: 0.193 m3		
	Aire	: 0.015 m3		
Volumen absolutos de los Agregados.	Suma de Volúmenes	: 0.332 m3		
Módulo de finura de la Combinación de Agregados	Volumen absoluto	: 0.668 m3		
Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado.	Contenido de Cemento	: 9.08 Bolsas/m3		
	TMN	: 1"		
Volúmenes absolutos de los Agregados.	MFC	: 5.50		
	% de Agregado Fino	: 39.41 %		
Peso Seco de los Agregados.	Agregado Fino	: 0.263 m3		
	Agregado Grueso	: 0.405 m3		
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.	Agregado Fino	: 700.50 Kg/m3		
	Agregado Grueso	: 1065.00 Kg/m3		
	Cemento	: 386.00 Kg/m3		
	Agua de diseño	: 193.00 lt/m3		
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Agregado Fino seco	: 700.50 Kg/m3		
	A. Grueso seco	: 1065.00 Kg/m3		
	Cemento	: 42.50 Kg/bls		
	Agua de diseño	: 21.25 lt/bls		
	Agregado Fino seco	: 77.13 Kg/bls		
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado	Agregado Grueso seco	: 117.26 Kg/bls		
	Cemento	: 1		
	Agregado fino seco	: 1.81		
	Agregado grueso seco	: 2.76		
	Agua de Diseño	: 21.3 lt/bls		

Tabla 61: Corrección por Contenido de Humedad de los Agregados para el ajuste de Mezcla

TESIS : DISEÑO DE CONCRETO F' C=250 KG/CM2 REFORZADO CON CASCARILLA DE CAFÉ EN LA CIUDAD DE JAÉN TESISTA : BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON	
DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS	
Fecha de Correcci: 05 DE SETIEMBRE DEL 2016 Realizado por : BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO (CONCRETO PATRON)	
Cantera de donde se extraen los materiales : OLANO	
Materiales de Diseño	Cemento : 386.00 Kg/m3
	Agua de diseño : 193.00 lt/m3
	Agregado Fino seco : 700.50 Kg/m3
	Agregado Grueso seco : 1065.00 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 3.20 %
	Agregado Grueso : 0.60 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.42 %
	Agregado Grueso : 0.82 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 722.90 Kg/m3
	Agregado Grueso : 1071.40 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 1.78 %
	Agregado Grueso : -0.22 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 12.50 lt/m3
	Agregado Grueso : -2.30 lt/m3
	Aporte Total : 10.20 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 182.80 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m3	Cemento : 386.00 Kg/m3
	Agua Efectiva : 182.80 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo : 722.90 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo : 1071.40 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.47
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva : 20.1 lt/bls
	Agregado fino húmedo : 79.6 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 118.0 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 1.87
	Agregado grueso húmedo : 2.78
	Agua Efectiva : 20.1 lt / saco

Tabla 62: Ajuste de Mezcla por Apariencia, Asentamiento, Agua Adicional y Contenido de Aire para la elaboración del concreto.

TESIS : DISEÑO DE CONCRETO F'C=250 KG/CM2 REFORZADO CON CASCARILLA DE CAFÉ EN LA CIUDAD DE JAÉN TESISTA : BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON		
CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE		
Fecha de Correcci: 05 DE SETIEMBRE DEL 2016 Realizado por : BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON		
Cantera de donde se extraen los materiales :	OLANO	/ER DISEÑO)
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 4.99 %
	Agregado Grueso	: 0.61 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.42 %
	Agregado Grueso	: 0.82 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 3.57 %
	Agregado Grueso	: -0.21 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento	: 7.72 Kg/tanda
	Agua de diseño	: 3.86 lt/tanda
	Agregado Fino seco	: 14.01 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco	: 21.30 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3)	Cemento	: 7.72 Kg/tanda
	Agua Efectiva	: 3.66 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	: 14.46 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	: 21.43 Kg/tanda
Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia	: Sobregravosa
	Asentamiento	: 4.40 cm
	Agua adicional	: 45.00 cm3
	Contenido de Aire	: 2.50 %
	Peso Unitario del Concreto	: 2326.2 Kg/m3
Tanda de mezclado	Cemento	: 7.72 Kg/tanda
	Agua Añadida	: 3.70 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	: 14.46 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	: 21.43 Kg/tanda
	Peso de la Colada	: 47.31 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimieto de la tanda	: 0.0203 m3/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino	: 0.50 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso	: -0.04 lt/tanda
	Agua Añadida	: 3.70 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda	: 4.16 lt/tanda
Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3	: 204.60 lt/m3
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado	: 9.00 cm
	Asentamiento obtenido	: 4.40 cm
	Incrementar asentamiento en	: 4.60 cm
	Incrementar agua de mezcla en	: 9.20 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3	: 213.80 lt/m3
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/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3	: 215.80 lt/m3
Corrección por apariencia de la mezcla (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño	: 0.2158 m3
	Cemento	: 0.1383 m3
	Aire atrapado	: 0.0150 m3
	Agregado grueso	: 0.3441 m3
	Agregado fino	: 0.2868 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño	: 215.80 lt/m3
	Cemento	: 431.50 Kg/m3
	Agregado grueso	: 904.98 Kg/m3
	Agregado fino	: 762.89 Kg/m3
	Aire atrapado	: 1.50 %

Tabla 63: Ajuste de Mezcla por Resistencia debido al Grado de Hidratación del Concreto.

TESIS : DISEÑO DE CONCRETO F'C=250 KG/CM2 REFORZADO CON CASCARILLA DE CAFÉ EN LA CIUDAD DE JAÉN	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON	
CORRECCIÓN POR RESISTENCIA	
Fecha de Correcci: 12 DE SETIEMBRE DEL 2016	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON	
Cantera de donde se extraen los materiales : OLANO	
Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días	Resistencia del especimen 01 : 261.275 kg/cm2
	Resistencia del especimen 02 : 269.594 kg/cm2
	Resistencia del especimen 03 : 258.740 kg/cm2
	Resistencia de 03 especímenes : 263.20 kg/cm2
Probable resistencia a los 28 días (1.4 de la Resist. a los 7 días)	Resistencia probable a 28 días : 368.48 kg/cm2
Resistencia deseada a los 28 días	Resistencia deseada a 28 días f : 250.00 kg/cm2
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c diseño 1° corrección : 0.50
Grado de hidratación del concreto bajo las condiciones de	Grado de hidratación (α) : 0.56
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c corregida por hidrat. : 0.59
Volúmenes Absolutos de los Nuevos Materiales de Diseño (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño : 0.216 m3
	Cemento : 0.117 m3
	Agregado grueso seco : 0.356 m3
	Agregado fino seco : 0.296 m3
	Aire atrapado : 0.015 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño : 215.80 lt/m3
	Cemento : 365.76 Kg/m3
	Agregado grueso seco : 935.21 Kg/m3
	Agregado fino seco : 788.37 Kg/m3
	Aire atrapado : 1.50 %

Tabla 64: Cantidades de materiales en un m3 con diferentes porcentajes de adiciones

TESIS :		DISEÑO DE CONCRETO F'C=250 KG/CM2 REFORZADO CON CASCARILLA DE CAFÉ EN LA CIUDAD DE JAÉN							
TESISTA :		BACH. ING. CIVIL NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON							
MATERIALES DEL CONCRETO PATRÓN	Cemento	: 365.76	Kg/m3	0.117	m3				
	Agua de diseño	: 215.80	lt/m3	0.216	m3				
	Agregado fino seco	: 788.37	Kg/m3	0.296	m3				
	Agregado grueso seco	: 935.21	Kg/m3	0.356	m3				
	Aire atrapado	: 1.5	%	0.015	m3				
	PESO ESPECIFICO DE LOS MATERIALES	Cemento	: 3120	Kg/m3					
	Agua de diseño	: 1000	lt/m3						
	Agregado fino seco	: 2660	Kg/m3						
	Agregado grueso seco	: 2630	Kg/m3						
	Cascarilla	: 1250	Kg/m3						
	Ceniza	: 2150	Kg/m3						
PROPORCIONES CON LAS DIFERENTES ADICIONES									
PORCENTAJE	ADICION	0%		FIBRA		CENIZA			
		0%	1%	2%	3%	5%	10%	15%	
Materiales de Diseño en volumen	Cemento	: 0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	m3
	Agua de diseño	: 0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	m3
	Agregado Fino seco	: 0.296	0.295	0.294	0.292	0.293	0.289	0.285	m3
	Agregado Grueso seco	: 0.356	0.354	0.352	0.351	0.351	0.346	0.342	m3
	Adición	: 0.000	0.003	0.006	0.009	0.009	0.017	0.026	m3
	Aire atrapado	: 0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	m3
	Volumen de agregados	: 0.652	0.649	0.646	0.643	0.643	0.635	0.626	m3
Materiales de Diseño	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76	365.76	365.76	365.76	Kg/m3
	Agua de diseño	: 215.80	215.80	215.80	215.80	215.80	215.80	215.80	lt/m3
	Agregado Fino seco	: 788.37	784.83	781.29	777.75	778.08	767.79	757.51	Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 935.21	931.01	926.81	922.61	923.00	910.80	898.60	Kg/m3
	Adición	: 0.00	3.66	7.32	10.97	18.29	36.58	54.86	Kg/m3

Tabla 65: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto - 12 de setiembre del 2016.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS DEL CONCRETO CON CASCARILLA Y EL PATRÓN				
Fecha de Corrección	:	12 DE SETIEMBRE DEL 2016		
Realizado por	:	NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON		
		0%	1%	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	:	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua de diseño	:	215.80	215.80 lt/m3
	Agregado Fino seco	:	788.37	784.83 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	:	935.21	931.01 Kg/m3
	Cascarilla	:		3.66 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	2.21	2.21 %
	Agregado Grueso	:	0.13	0.13 %
	Adición	:	12.1	12.1
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.42	1.42 %
	Agregado Grueso	:	0.82	0.82 %
	Cascarilla	:	48.5	48.5
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	:	805.80	802.20 Kg/m3
	Agregado Grueso	:	936.40	932.20 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	0.79	0.79 %
	Agregado Grueso	:	-0.69	-0.69 %
	Cascarilla	:	-36.40	-36.40
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	6.20	6.20 lt/m3
	Agregado Grueso	:	-6.50	-6.40 lt/m3
	Cascarilla	:	0.00	-1.30 lt/m3
	Aporte Total	:	-0.30	-1.50 lt/m3
Agua Efectiva	:	216.10	217.30 lt/m3	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	:	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua Efectiva	:	216.10	217.30 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	:	805.80	802.20 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	:	936.40	932.20 Kg/m3
	Cascarilla	:	0.00	3.66 Kg/m3

Tabla 66: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto - 14 de setiembre del 2016.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS DEL CONCRETO CON CASCARILLA					
Fecha de Corrección	:	14 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Realizado por	:	Bach. Ing. Civil NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON			
		1%	2%	3%	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	:	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua de diseño	:	215.80	215.80	215.80 lt/m3
	Agregado Fino seco	:	788.37	784.83	781.29 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	:	935.21	931.01	926.81 Kg/m3
	Cascarilla	:	0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	2.45	2.45	2.45 %
	Agregado Grueso	:	0.2	0.2	0.2 %
	Adición	:	12.1	12.1	12.1
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.42	1.42	1.42 %
	Agregado Grueso	:	0.82	0.82	0.82 %
	Cascarilla	:	48.5	48.5	48.5
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	:	807.70	804.10	800.40 Kg/m3
	Agregado Grueso	:	937.10	932.90	928.70 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	1.03	1.03	1.03 %
	Agregado Grueso	:	-0.62	-0.62	-0.62 %
	Cascarilla	:	-36.40	-36.40	-36.40
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	8.10	8.10	8.00 lt/m3
	Agregado Grueso	:	-5.80	-5.80	-5.70 lt/m3
	Cascarilla	:	0.00	-1.30	-2.70 lt/m3
	Aporte Total	:	2.30	1.00	-0.40 lt/m3
Agua Efectiva	:	213.50	214.80	216.20 217.50 lt/m3	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	:	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua Efectiva	:	213.50	214.80	216.20 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	:	807.70	804.10	800.40 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	:	937.10	932.90	928.70 Kg/m3
	Cascarilla	:	0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3

Tabla 67: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración de concreto – 22 de setiembre del 2016.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS DEL CONCRETO CON CASCARILLA					
Fecha de Corrección	:	22 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Realizado por	:	Bach. Ing. Civil NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON			
		1%	2%	3%	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua de diseño	: 215.80	215.80	215.80	215.80 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 788.37	784.83	781.29	777.75 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 935.21	931.01	926.81	922.61 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.96	2.96	2.96	2.96 %
	Agregado Grueso	: 0.3	0.3	0.3	0.3 %
	Adición	12.1	12.1	12.1	12.1
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.42	1.42	1.42	1.42 %
	Agregado Grueso	: 0.82	0.82	0.82	0.82 %
	Cascarilla	48.5	48.5	48.5	48.5
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 811.70	808.10	804.40	800.80 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 938.00	933.80	929.60	925.40 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 1.54	1.54	1.54	1.54 %
	Agregado Grueso	: -0.52	-0.52	-0.52	-0.52 %
	Cascarilla	-36.40	-36.40	-36.40	-36.40
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 12.10	12.10	12.00	12.00 lt/m3
	Agregado Grueso	: -4.90	-4.80	-4.80	-4.80 lt/m3
	Cascarilla	0.00	-1.30	-2.70	-4.00 lt/m3
	Aporte Total	: 7.20	6.00	4.50	3.20 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 208.60	209.80	211.30	212.60 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 208.60	209.80	211.30	212.60 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 811.70	808.10	804.40	800.80 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 938.00	933.80	929.60	925.40 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3

Tabla 68: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración de concreto – 29 de setiembre del 2016.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS DEL CONCRETO CON CENIZA					
Fecha de Corrección	:	29 DE SETIEMBRE DEL 2016			
Realizado por	:	Bach. Ing. Civil NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON			
		5%	10%	15%	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua de diseño	: 215.80	215.80	215.80	215.80 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 788.37	778.08	767.79	757.51 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 935.21	923.00	910.80	898.60 Kg/m3
	Ceniza	: 0.00	18.29	36.58	54.86 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.44	2.44	2.44	2.44 %
	Agregado Grueso	: 0.23	0.23	0.23	0.23 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.42	1.42	1.42	1.42 %
	Agregado Grueso	: 0.82	0.82	0.82	0.82 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 807.60	797.10	786.50	776.00 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 937.40	925.10	912.90	900.70 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 1.02	1.02	1.02	1.02 %
	Agregado Grueso	: -0.59	-0.59	-0.59	-0.59 %
Aporte de Humedad de	Agregado Fino	: 8.00	7.90	7.80	7.70 lt/m3
	Agregado Grueso	: -5.50	-5.40	-5.40	-5.30 lt/m3
	Aporte Total	: 2.50	2.50	2.40	2.40 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 213.30	213.30	213.40	213.40 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 213.30	213.30	213.40	213.40 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 807.60	797.10	786.50	776.00 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 937.40	925.10	912.90	900.70 Kg/m3
	Ceniza	: 0.00	18.29	36.58	54.86 Kg/m3

Tabla 69: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto – 05 de octubre del 2016.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS DEL CONCRETO CON CASCARILLA					
Fecha de Corrección	:	05 DE OCTUBRE DEL 2016			
Realizado por	:	Bach. Ing. Civil NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON			
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO PARA ADICIÓN DE CASCARILLA Y PATRÓN					
Cantera de donde se extraen los materiales:		OLANO	(VER DISEÑO)		
			1%	2%	
			3%		
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua de diseño	: 215.80	215.80	215.80	215.80 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 788.37	784.83	781.29	777.75 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 935.21	931.01	926.81	922.61 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.90	2.90	2.90	2.90 %
	Agregado Grueso	: 0.3	0.3	0.3	0.3 %
	Adición		12.1	12.1	12.1
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.42	1.42	1.42	1.42 %
	Agregado Grueso	: 0.82	0.82	0.82	0.82 %
	Cascarilla		48.5	48.5	48.5
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 811.20	807.60	803.90	800.30 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 938.00	933.80	929.60	925.40 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 1.48	1.48	1.48	1.48 %
	Agregado Grueso	: -0.52	-0.52	-0.52	-0.52 %
	Cascarilla		-36.40	-36.40	-36.40
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 11.70	11.60	11.60	11.50 lt/m3
	Agregado Grueso	: -4.90	-4.80	-4.80	-4.80 lt/m3
	Cascarilla		0.00	-1.30	-2.70
	Aporte Total	: 6.80	5.50	4.10	2.70 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 209.00	210.30	211.70	213.10 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 209.00	210.30	211.70	213.10 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 811.20	807.60	803.90	800.30 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 938.00	933.80	929.60	925.40 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3

Tabla 70: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto – 06 de octubre del 2016.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS DEL CONCRETO CON CENIZA					
Fecha de Corrección	:	06 DE OCTUBRE DEL 2016			
Realizado por	:	Bach. Ing. Civil NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON			
			5%	10%	
			15%		
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua de diseño	: 215.80	215.80	215.80	215.80 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 788.37	778.08	767.79	757.51 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 935.21	923.00	910.80	898.60 Kg/m3
	Ceniza	: 0.00	18.29	36.58	54.86 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.78	2.78	2.78	2.78 %
	Agregado Grueso	: 0.33	0.33	0.33	0.33 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.42	1.42	1.42	1.42 %
	Agregado Grueso	: 0.82	0.82	0.82	0.82 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 810.30	799.70	789.10	778.60 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 938.30	926.00	913.80	901.60 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 1.36	1.36	1.36	1.36 %
	Agregado Grueso	: -0.49	-0.49	-0.49	-0.49 %
Aporte de Humedad de	Agregado Fino	: 10.70	10.60	10.40	10.30 lt/m3
	Agregado Grueso	: -4.60	-4.50	-4.50	-4.40 lt/m3
	Aporte Total	: 6.10	6.10	5.90	5.90 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 209.70	209.70	209.90	209.90 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 209.70	209.70	209.90	209.90 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 810.30	799.70	789.10	778.60 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 938.30	926.00	913.80	901.60 Kg/m3
	Ceniza	: 0.00	18.29	36.58	54.86 Kg/m3

Tabla 71: Corrección por Humedad de los Agregados utilizado para la elaboración del concreto – 10 de octubre del 2016.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS DEL CONCRETO CON CASCARILLA					
Fecha de Corrección	:	10 DE OCTUBRE DEL 2016			
Realizado por	:	Bach. Ing. Civil NIXON CARLOS RODRIGUEZ SOBERON			
		1%	2%	3%	
Materiales de Diseño en peso	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua de diseño	: 215.80	215.80	215.80	215.80 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 788.37	784.83	781.29	777.75 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 935.21	931.01	926.81	922.61 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.66	2.66	2.66	2.66 %
	Agregado Grueso	: 0.3	0.3	0.3	0.3 %
	Adición	: 12.1	12.1	12.1	12.1
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.42	1.42	1.42	1.42 %
	Agregado Grueso	: 0.82	0.82	0.82	0.82 %
	Cascarilla	: 48.5	48.5	48.5	48.5
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 809.30	805.70	802.10	798.40 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 938.00	933.80	929.60	925.40 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 1.24	1.24	1.24	1.24 %
	Agregado Grueso	: -0.52	-0.52	-0.52	-0.52 %
	Cascarilla	: -36.40	-36.40	-36.40	-36.40
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 9.80	9.70	9.70	9.60 lt/m3
	Agregado Grueso	: -4.90	-4.80	-4.80	-4.80 lt/m3
	Cascarilla	: 0.00	-1.30	-2.70	-4.00 lt/m3
	Aporte Total	: 4.90	3.60	2.20	0.80 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 210.90	212.20	213.60	215.00 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 365.76	365.76	365.76	365.76 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 210.90	212.20	213.60	215.00 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 809.30	805.70	802.10	798.40 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 938.00	933.80	929.60	925.40 Kg/m3
	Cascarilla	: 0.00	3.66	7.32	10.97 Kg/m3

7.9 ANEXO IX: CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DONDE SE HA REALIZADO LOS ENSAYOS.



GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
Calle. Capitan Juan Porcel N° 108 – JAEN – Cajamarca, R.U.C. 20495954847. Cel. 976-882127, R.P.M. #0119741, RPC 973483857
Av. Chachapoyas N° 3214 Sector Esperanza Alta (Despues del terminal Leyva), BAGUA GRANDE – Amazonas, Cel. 976980743, R.P.M. #0119743
Email : geoconvial@hotmail.com, geoconvial@gmail.com.

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,
TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y
VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
JUAN PORCEL N° 108 URB. SAN CAMILO
JAEN

MG. ING. LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUÁN, Gerente General de la empresa **GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

CERTIFICA,

Que, el **TESISTA RODRIGUEZ SOBERÓN, NIXON CARLOS**, con **DNI N° 46743134** ha realizado sus ensayos para la tesis: **DISEÑO DE CONCRETO F'c=250 KG/CM², REFORZADO CON CASCARILLA DE CAFÉ EN LA CIUDAD DE JAÉN**, en los meses de setiembre y octubre de este año, realizados en ésta empresa, habiéndose alcanzado los objetivos programados de forma enteramente satisfactorias.

Para que conste donde sea oportuno firmo la presente .

GEOCON VIAL
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

16 de noviembre del 2016


LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUÁN
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 123802

Atentamente:

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI), Derechos Reservados RQ – GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

7.10 ANEXO X: RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS.

Tabla 72: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 0% de adición.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON															
Muestra N°	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diámetro (D) (cm)	R _{LD}	Factor Correc.	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m ³)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²) ²	f'c Promedio
1	CP 1	12/09/2016	19/09/2016	7	30.10	14.97	2.01	1.00	357.22	36414	12.55	2369.07	5	206.89	206.80
2	CP 2	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	369.44	37660	12.24	2351.28	2	214.82	
3	CP 3	12/09/2016	19/09/2016	7	30.10	14.95	2.01	1.00	344.86	35154	12.48	2362.55	3	200.26	
4	CP 4	12/09/2016	19/09/2016	7	30.20	14.97	2.02	1.00	372.14	37935	12.54	2359.91	5	215.53	
5	CP 5	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	336.46	34298	12.25	2351.86	2	195.65	
6	CP 6	12/09/2016	19/09/2016	7	29.60	14.94	1.98	1.00	357.02	36393	12.28	2365.78	5	207.60	
7	CP 1	22/09/2016	06/10/2016	14	30.20	14.94	2.02	1.00	453.00	46177	12.48	2357.69	5	263.41	260.66
8	CP 2	22/09/2016	06/10/2016	14	29.90	14.94	2.00	1.00	446.76	45541	12.42	2369.71	2	259.79	
9	CP 3	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.97	2.01	1.00	457.24	46610	12.53	2365.86	6	264.81	
10	CP 4	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.94	2.01	1.00	446.38	45503	12.52	2373.29	5	259.56	
11	CP 5	22/09/2016	06/10/2016	14	29.70	14.86	2.00	1.00	443.12	45170	12.20	2368.51	3	260.45	
12	CP 6	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.92	2.02	1.00	438.91	44741	12.46	2367.69	6	255.91	
13	CP 1	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.88	2.00	1.00	502.41	51214	12.25	2363.87	6	294.51	292.08
14	CP 2	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.94	2.02	1.00	510.32	52020	12.51	2362.03	5	296.74	
15	CP 3	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.97	2.01	1.00	510.24	52012	12.52	2363.22	6	295.51	
16	CP 4	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.97	1.99	1.00	488.12	49757	12.36	2356.51	6	282.70	
17	CP 5	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.94	2.01	1.00	498.32	50797	12.44	2357.56	6	289.77	
18	CP 6	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.94	1.99	1.00	504.34	51411	12.37	2367.89	5	293.27	

Tabla 73: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 1% de adición de cascarilla.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 1% DE CASCARILLA															
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/m ³)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
1	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	30.20	14.97	2.02	1.00	352.38	35920	12.16	2287.67	2	204.08	204.44
2	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	364.60	37166	12.42	2384.51	5	212.01	
3	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	30.10	14.94	2.01	1.00	340.02	34661	12.43	2355.67	2	197.72	
4	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	367.30	37441	12.21	2345.14	3	213.58	
5	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	30.20	14.88	2.03	1.00	331.62	33804	12.29	2340.18	2	194.39	
6	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	352.18	35900	12.22	2347.06	5	204.79	
7	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.88	2.02	1.00	444.16	45276	12.15	2321.21	6	260.36	255.85
8	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	29.70	14.94	1.99	1.00	437.92	44640	12.41	2382.59	6	254.64	
9	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	29.90	14.97	2.00	1.00	448.40	45708	12.42	2360.03	5	259.69	
10	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.94	2.01	1.00	437.54	44601	12.20	2312.08	4	254.42	
11	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.86	2.03	1.00	434.28	44269	12.28	2352.36	5	255.25	
12	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.92	2.02	1.00	430.07	43840	12.21	2320.18	6	250.75	
13	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.96	2.02	1.00	490.57	50007	12.17	2292.61	6	284.50	284.56
14	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.94	2.02	1.00	498.48	50813	12.43	2346.92	6	289.86	
15	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.97	2.01	1.00	498.40	50805	12.44	2348.12	5	288.65	
16	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	29.70	14.95	1.99	1.00	476.28	48550	12.28	2355.43	5	276.58	
17	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.97	2.02	1.00	486.48	49590	12.36	2325.29	6	281.75	
18	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.95	1.99	1.00	492.50	50204	12.29	2349.43	6	286.00	

Tabla 74: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 2% de adición de cascarilla.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 2% DE CASCARILLA															
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/m ³)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
1	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.80	14.97	1.99	1.00	350.88	35768	12.03	2293.59	5	203.22	197.18
2	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	30.10	14.97	2.01	1.00	329.10	33547	12.21	2304.71	2	190.60	
3	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	350.52	35731	11.95	2295.20	2	203.82	
4	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	30.20	14.94	2.02	1.00	331.80	33823	12.16	2296.87	5	192.94	
5	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.90	14.98	2.00	1.00	336.12	34263	12.04	2284.77	3	194.41	
6	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	30.10	14.94	2.01	1.00	340.68	34728	12.04	2281.75	5	198.10	
7	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.70	14.92	1.99	1.00	426.46	43472	11.96	2303.28	5	248.65	245.37
8	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.94	2.01	1.00	420.22	42836	12.06	2285.54	5	244.35	
9	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.70	14.94	1.99	1.00	430.70	43904	11.98	2300.96	6	250.45	
10	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.90	14.88	2.01	1.00	419.84	42797	11.94	2296.35	4	246.10	
11	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.70	14.94	1.99	1.00	416.58	42465	11.96	2297.12	6	242.24	
12	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.92	2.02	1.00	412.37	42036	12.12	2303.08	5	240.43	
13	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.70	14.93	1.99	1.00	472.29	48144	11.94	2296.35	6	275.00	275.12
14	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.10	14.89	2.02	1.00	480.2	48950	12.04	2297.10	5	281.11	
15	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.70	14.93	1.99	1.00	480.12	48942	11.96	2300.20	4	279.56	
16	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.70	14.91	1.99	1.00	458.01	46688	11.92	2298.66	5	267.40	
17	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.10	14.96	2.01	1.00	468.2	47727	12.16	2298.34	4	271.52	
18	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.70	14.93	1.99	1.00	474.22	48340	11.93	2294.43	6	276.12	

Tabla 75: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 3% de adición de cascarilla.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 3% DE CASCARILLA															
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/m ³)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
1	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.70	14.86	2.00	1.00	340.60	34720	11.95	2319.98	5	200.19	193.07
2	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	30.10	14.92	2.02	1.00	322.82	32907	11.94	2268.87	2	188.22	
3	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.70	14.95	1.99	1.00	342.24	34887	11.84	2271.03	3	198.74	
4	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.70	14.97	1.98	1.00	323.52	32979	11.96	2287.92	5	187.37	
5	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.90	14.94	2.00	1.00	327.84	33419	11.86	2262.68	6	190.63	
6	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	332.40	33884	11.98	2300.96	5	193.29	
7	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.20	14.88	2.03	1.00	413.66	42167	11.95	2275.44	5	242.48	241.23
8	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.70	14.94	1.99	1.00	417.92	42601	11.84	2274.07	6	243.01	
9	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.97	2.01	1.00	407.22	41511	12.14	2291.49	4	235.84	
10	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.70	14.97	1.98	1.00	412.95	42095	11.96	2287.92	5	239.16	
11	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.94	2.01	1.00	420.05	42819	12.08	2289.34	5	244.25	
12	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.70	14.94	1.99	1.00	417.22	42530	11.90	2285.60	6	242.61	
13	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.70	14.88	2.00	1.00	473.42	48259	11.95	2313.75	6	277.51	269.01
14	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.70	14.97	1.98	1.00	469.89	47899	11.94	2284.10	5	272.14	
15	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.60	14.94	1.98	1.00	451.04	45978	11.84	2281.75	4	262.27	
16	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.90	14.96	2.00	1.00	451.89	46064	11.96	2275.66	5	262.07	
17	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.90	14.86	2.01	1.00	462.94	47191	11.86	2287.10	6	272.10	
18	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.10	14.92	2.02	1.00	459.56	46846	11.98	2276.47	6	267.95	

Tabla 76: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 0% de adición - ceniza.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON															
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/cm) ²	f'c Promedio (kg/cm) ²
1	CP 1	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.97	2.01	1.00	357.22	36414	12.55	2369.07	5	206.89	206.80
2	CP 2	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	369.44	37660	12.24	2351.28	2	214.82	
3	CP 3	12/09/2016	19/09/2016	7	30.10	14.95	2.01	1.00	344.86	35154	12.48	2362.55	3	200.26	
4	CP 4	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.97	2.02	1.00	372.14	37935	12.54	2359.91	5	215.53	
5	CP 5	12/09/2016	19/09/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	336.46	34298	12.25	2351.86	2	195.65	
6	CP 6	12/09/2016	19/09/2016	7	29.60	14.94	1.98	1.00	357.02	36393	12.28	2365.78	5	207.60	
7	CP 1	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.88	2.00	1.00	502.41	51214	12.25	2363.87	6	294.51	292.08
8	CP 2	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.94	2.02	1.00	510.32	52020	12.51	2362.03	5	296.74	
9	CP 3	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.97	2.01	1.00	510.24	52012	12.52	2363.22	6	295.51	
10	CP 4	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.97	1.99	1.00	488.12	49757	12.36	2356.51	6	282.70	
11	CP 5	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.94	2.01	1.00	498.32	50797	12.44	2357.56	6	289.77	
12	CP 6	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.94	1.99	1.00	504.34	51411	12.37	2367.89	5	293.27	

Tabla 77: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 5% de adición - ceniza.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 5% DE CENIZA															
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/m ³)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
1	CCE 5%	29/09/2016	06/10/2016	7	30.20	14.86	2.03	1.00	373.96	38120	12.28	2344.96	2	219.80	213.02
2	CCE 5%	29/09/2016	06/10/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	360.18	36716	12.15	2334.19	5	209.44	
3	CCE 5%	29/09/2016	06/10/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	366.06	37315	12.21	2345.71	2	212.86	
4	CCE 5%	29/09/2016	06/10/2016	7	29.70	14.86	2.00	1.00	361.58	36858	12.27	2382.49	4	212.52	
5	CCE 5%	29/09/2016	06/10/2016	7	29.90	14.92	2.00	1.00	359.59	36655	12.26	2344.31	2	209.66	
6	CCE 5%	29/09/2016	06/10/2016	7	30.10	14.94	2.01	1.00	367.77	37489	12.00	2274.17	5	213.85	
13	CCE 5%	06/10/2016	03/11/2016	28	29.80	14.88	2.00	1.00	531.01	54129	12.18	2350.75	6	311.27	304.25
14	CCE 5%	06/10/2016	03/11/2016	28	29.70	14.94	1.99	1.00	529.65	53991	12.33	2368.57	6	307.98	
15	CCE 5%	06/10/2016	03/11/2016	28	30.10	14.94	2.01	1.00	515.59	52558	12.45	2359.83	5	299.81	
16	CCE 5%	06/10/2016	03/11/2016	28	30.10	14.94	2.01	1.00	516.89	52690	12.39	2348.65	5	300.56	
17	CCE 5%	06/10/2016	03/11/2016	28	30.10	14.86	2.03	1.00	518.21	52825	12.37	2370.37	6	304.59	
18	CCE 5%	06/10/2016	03/11/2016	28	30.10	14.92	2.02	1.00	516.78	52679	12.40	2357.04	6	301.31	

Tabla 78: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 10% de adición - ceniza.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 10% DE CENIZA															
Muestra N°	IDENTIFICACION	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)
1	CCE 10%	29/09/2016	06/10/2016	7	30.20	14.94	2.02	1.00	381.44	38883	12.35	2332.75	5	221.80	216.84
2	CCE 10%	29/09/2016	06/10/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	367.39	37451	12.04	2312.49	2	213.63	
3	CCE 10%	29/09/2016	06/10/2016	7	29.70	14.86	2.00	1.00	373.38	38061	12.18	2364.63	2	219.46	
4	CCE 10%	29/09/2016	06/10/2016	7	30.20	14.92	2.02	1.00	368.81	37595	12.45	2357.95	5	215.03	
5	CCE 10%	29/09/2016	06/10/2016	7	29.90	14.94	2.00	1.00	366.78	37388	12.04	2297.02	5	213.28	
6	CCE 10%	29/09/2016	06/10/2016	7	30.10	14.95	2.01	1.00	375.13	38240	12.07	2284.38	5	217.84	
13	CCE 10%	06/10/2016	03/11/2016	28	30.20	14.97	2.02	1.00	550.32	56098	12.52	2355.58	6	318.72	313.56
14	CCE 10%	06/10/2016	03/11/2016	28	30.10	14.94	2.01	1.00	548.91	55954	12.47	2363.62	5	319.18	
15	CCE 10%	06/10/2016	03/11/2016	28	30.20	14.97	2.02	1.00	534.34	54469	12.49	2350.32	4	309.47	
16	CCE 10%	06/10/2016	03/11/2016	28	29.70	14.94	1.99	1.00	535.69	54607	12.25	2353.20	5	311.50	
17	CCE 10%	06/10/2016	03/11/2016	28	29.70	14.97	1.98	1.00	537.05	54745	12.37	2367.12	4	311.04	
18	CCE 10%	06/10/2016	03/11/2016	28	29.70	14.94	1.99	1.00	535.57	54594	12.28	2359.16	6	311.43	

Tabla 79: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión con 15% de adición - ceniza.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 15 % DE CENIZA															
Muestra N°	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Díámetro (D) (cm)	R _{L/D}	Factor Correc.	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Peso C° Endur (Kg)	Peso Unitario C° Endur (Kg/m ³)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
1	CCE 15 %	29/09/2016	06/10/2016	7	29.80	14.94	1.99	1.00	368.64	37578	12.39	2371.72	5	214.36	218.84
2	CCE 15 %	29/09/2016	06/10/2016	7	29.70	14.86	2.00	1.00	383.17	39059	12.08	2345.22	2	225.21	
3	CCE 15 %	29/09/2016	06/10/2016	7	29.60	14.92	1.98	1.00	363.62	37066	12.22	2361.30	2	212.01	
4	CCE 15 %	29/09/2016	06/10/2016	7	30.10	14.94	2.01	1.00	390.70	39827	12.38	2346.19	3	227.19	
5	CCE 15 %	29/09/2016	06/10/2016	7	30.20	14.95	2.02	1.00	373.23	38046	12.08	2278.70	5	216.74	
6	CCE 15 %	29/09/2016	06/10/2016	7	29.70	14.94	1.99	1.00	374.10	38135	12.12	2327.85	5	217.53	
13	CCE 15 %	06/10/2016	03/11/2016	28	29.70	14.94	1.99	1.00	556.94	56773	12.28	2358.58	6	323.85	317.35
14	CCE 15 %	06/10/2016	03/11/2016	28	30.10	14.86	2.03	1.00	552.91	56362	12.28	2352.36	5	324.98	
15	CCE 15 %	06/10/2016	03/11/2016	28	30.20	14.92	2.02	1.00	531.42	54171	12.50	2367.42	4	309.84	
16	CCE 15 %	06/10/2016	03/11/2016	28	29.70	14.94	1.99	1.00	532.39	54270	12.26	2354.74	5	309.58	
17	CCE 15 %	06/10/2016	03/11/2016	28	29.70	14.86	2.00	1.00	544.99	55555	12.10	2349.10	6	320.33	
18	CCE 15 %	06/10/2016	03/11/2016	28	29.60	14.92	1.98	1.00	541.14	55162	12.16	2349.71	6	315.51	

Tabla 80: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 0% de cascarilla.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON														
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/cm)²	St Promedio (kg/cm)²	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
													Ancho	Prom Ancho
1	CP 1	12/09/2016	19/09/2016	7	30.10	14.88	132.41	13497	12.30	2349.86	19.19	19.52	2.6	2.55
2	CP 2	12/09/2016	19/09/2016	7	30.10	14.86	132.84	13541	12.42	2379.18	19.27		3.08	
3	CP 3	12/09/2016	19/09/2016	7	29.80	14.92	144.65	14745	12.28	2356.97	21.11		2.87	
4	CP 4	12/09/2016	19/09/2016	7	29.80	14.97	132.46	13503	12.34	2352.69	19.27		2.58	
5	CP 5	12/09/2016	19/09/2016	7	30.20	14.88	136.42	13906	12.25	2332.56	19.70		1.85	
6	CP 6	12/09/2016	19/09/2016	7	30.20	14.86	128.62	13111	12.24	2336.94	18.60		2.34	
7	CP 1	22/09/2016	06/10/2016	14	29.90	14.92	146.43	14927	12.26	2345.26	21.30	21.72	2.72	2.78
8	CP 2	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.97	148.51	15139	12.34	2329.25	21.39		3.2	
9	CP 3	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.94	144.60	14740	12.15	2302.60	20.87		2.99	
10	CP 4	22/09/2016	06/10/2016	14	29.80	14.86	151.82	15476	12.25	2370.24	22.25		2.7	
11	CP 5	22/09/2016	06/10/2016	14	29.80	14.94	154.45	15744	12.54	2400.44	22.51		1.97	
12	CP 6	22/09/2016	06/10/2016	14	30.20	14.88	152.51	15546	12.24	2330.66	22.02		3.12	
13	CP 1	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	15.11	167.52	17076	12.61	2359.83	24.14	24.54	2.02	2.34
14	CP 2	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.98	167.82	17107	12.39	2358.12	24.40		2.012	
15	CP 3	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.88	169.52	17280	12.46	2372.55	24.48		2.84	
16	CP 4	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.86	171.68	17501	12.21	2362.50	25.16		2.55	
17	CP 5	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.92	171.54	17486	12.52	2371.21	24.71		2.32	
18	CP 6	05/10/2016	02/11/2016	28	29.80	14.97	167.54	17078	12.25	2335.53	24.37		2.31	

Tabla 81: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 1% de cascarilla.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 1% DE CASCARILLA														
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/m ³)	St Obtenido (kg/cm ²)	St Promedio (kg/cm ²)	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
													ANCHO	Prom Ancho
1	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	29.60	14.94	130.35	13287	11.96	2304.88	19.13	19.23	2.24	2.49
2	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	30.20	14.95	130.78	13331	12.02	2267.38	18.80		2.15	
3	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	29.80	14.88	142.59	14535	12.16	2346.51	20.87		2.78	
4	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	30.20	14.97	130.40	13293	11.96	2250.04	18.72		2.52	
5	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	30.10	14.97	134.36	13696	12.10	2283.94	19.35		2.81	
6	CCA 1%	12/09/2016	19/09/2016	7	29.80	14.86	126.56	12901	11.98	2318.00	18.55		2.45	
7	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.92	143.71	14649	12.26	2329.68	20.77	21.31	2.72	2.69
8	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	29.80	14.97	145.79	14861	12.20	2326.00	21.21		3.18	
9	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	29.60	14.96	141.88	14463	12.05	2316.02	20.79		2.97	
10	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.94	149.10	15199	12.24	2319.66	21.52		2.68	
11	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.95	151.73	15467	12.22	2312.77	21.88		2.04	
12	CCA 1%	22/09/2016	06/10/2016	14	30.10	14.88	149.79	15269	12.22	2334.58	21.70		2.56	
13	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.97	163.50	16667	12.32	2325.47	23.55	24.03	2.01	2.20
14	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	29.60	14.97	163.80	16697	12.08	2318.68	23.99		2.04	
15	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.94	165.50	16871	12.32	2334.82	23.88		2.32	
16	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.20	14.98	167.66	17091	12.22	2295.89	24.05		2.23	
17	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	30.10	14.96	167.52	17076	12.38	2339.92	24.14		2.31	
18	CCA 1%	05/10/2016	02/11/2016	28	29.60	14.94	167.52	17076	12.13	2337.64	24.58		2.3	

Tabla 82: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 2% de cascarilla.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 2% DE CASCARILLA														
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/cm)²	St Promedio (kg/cm)²	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
													ANCHO	Prom Ancho
1	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.60	14.97	129.59	13210	11.89	2282.22	18.98	19.20	2.15	2.40
2	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.80	14.96	130.02	13254	11.87	2266.11	18.93		2.78	
3	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.80	14.94	141.83	14458	11.83	2264.53	20.67		2.52	
4	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.80	14.95	129.64	13215	11.99	2292.08	18.88		2.24	
5	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	30.20	14.88	133.60	13619	12.03	2290.67	19.29		2.53	
6	CCA 2%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.60	14.96	125.80	12824	12.05	2316.02	18.44		2.17	
7	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.80	14.94	141.34	14408	11.94	2285.58	20.60	20.96	2.44	2.46
8	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.70	14.95	143.42	14620	11.92	2286.38	20.96		2.9	
9	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.90	14.94	139.51	14221	11.88	2266.49	20.27		2.22	
10	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	15.02	146.73	14957	12.04	2257.51	21.06		2.13	
11	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.94	149.36	15225	12.08	2289.34	21.55		2.76	
12	CCA 2%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.92	147.42	15028	12.10	2299.28	21.30		2.28	
13	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.80	14.94	161.26	16438	12.07	2310.47	23.51	23.68	2.04	1.94
14	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.20	14.88	161.56	16469	11.83	2252.59	23.33		1.68	
15	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.60	14.97	163.26	16642	12.08	2318.68	23.91		2.04	
16	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.80	14.96	165.42	16862	11.97	2285.20	24.08		1.95	
17	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.80	14.94	165.28	16848	12.13	2321.95	24.09		1.88	
18	CCA 2%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.20	14.95	161.28	16440	11.88	2240.98	23.18		2.02	

Tabla 83: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta con 3% de cascarilla.

RESULTADO DE CONCRETO PATRON+ ADICION DEL 3% DE CASCARILLA														
Muestra N°	IDENTIFICACION	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/cm)²	St Promedio (kg/cm)²	FISURACIÓN DE LA PROBETA	
													ANCHO	Prom Ancho
1	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.80	14.98	129.41	13192	12.02	2288.63	18.81	19.15	1.93	2.18
2	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.60	14.96	129.84	13235	11.78	2264.13	19.03		2.56	
3	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	30.10	14.94	141.65	14439	12.09	2291.23	20.44		2.3	
4	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	30.10	14.95	129.46	13197	11.98	2267.35	18.67		2.02	
5	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.70	14.88	133.42	13600	11.94	2311.81	19.59		2.31	
6	CCA 3%	14/09/2016	21/09/2016	7	29.90	14.86	125.62	12805	11.83	2281.32	18.35		1.95	
7	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.90	14.94	139.11	14180	12.03	2295.11	20.21	20.70	2.22	2.24
8	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.80	14.90	141.19	14392	11.79	2269.00	20.64		2.68	
9	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	29.60	14.94	137.28	13994	12.10	2331.86	20.15		2	
10	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.86	144.50	14730	11.99	2296.81	20.96		1.91	
11	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.94	147.13	14998	11.95	2264.70	21.23		2.54	
12	CCA 3%	23/09/2016	07/10/2016	14	30.10	14.88	145.19	14800	11.84	2261.98	21.04		2.06	
13	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.20	14.97	160.01	16311	12.11	2278.26	22.97	23.41	2.2	1.85
14	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.10	15.02	160.30	16340	11.87	2225.64	23.01		1.88	
15	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.10	14.94	162.01	16515	12.12	2296.92	23.38		1.82	
16	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.80	14.94	164.16	16734	12.01	2298.98	23.93		1.73	
17	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	30.20	14.88	164.02	16720	11.97	2279.25	23.69		1.66	
18	CCA 3%	10/10/2016	07/11/2016	28	29.60	14.94	160.02	16312	11.92	2297.17	23.48		1.8	

7.11 ANEXO XI: PANEL FOTOGRÁFICO.



FOTO 1: Elección y acarreo de los agregados de la cantera "Olano"



FOTO 2: Cuarteo del agregado fino y grueso para la reducción a tamaño de muestra para los ensayos a realizar.



FOTO 3: Secado en la estufa a 110°C del agregado fino y grueso para los diferentes ensayos



FOTO 4: Tamizado y pesando de cada malla para obtener análisis granulométrico del agregado fino y grueso



FOTO 5: Ensayo para la obtención de los pesos específicos y la absorción del Agregado fino.



FOTO 6: Agregado superficialmente seca, Peso de muestra sumergida



FOTO 7: Ensayo de pesos unitarios seco de los agregados fino y grueso



FOTO 8: Ensayo de lavado del agregado para determinar las partículas que pasan el tamiz N° 200.



FOTO 9: Ensayo de abrasión en la maquina los Ángeles



FOTO 10: Recolección de ceniza de cascarilla de café en Cerámicos Pakamuros “LADRILLOS GREQ”



FOTO 11: Recolección de ceniza de cascarilla de café en Cerámicos Pakamuros “LADRILLOS GREQ”



FOTO 12: molienda de la ceniza para obtener una finura similar al cemento.



FOTO 13: Determinación del peso específico de la ceniza



FOTO 14: Recolección de cascarilla de café en “LOUIS DREYFUS PERU”



FOTO 15: tamizado de las adiciones.



FOTO 16: Apoyo en la realización del análisis químico de la ceniza en estudio.



FOTO 17: Tratamiento a la fibra para luego ser usado como adición



FOTO 18: Pesado de los componentes de la mezcla y mezclado de la tanda



FOTO 19: Pesado de los componentes de la mezcla y mezclado de la tanda



FOTO 20: Determinación del Slump (asentamiento) mediante el cono de Abrams



FOTO 21: Medición del peso unitario



FOTO 22: Medición de Aire mediante Olla de Washington para corrección



FOTO 23: Elaboración de probetas de prueba.



FOTO 24: Preparación de mezcla con ceniza en diferentes proporciones



FOTO 25: Preparación de mezcla con ceniza en diferentes proporciones



FOTO 25: Preparación de mezcla con adiciones de cascarilla de café en diferentes proporciones



FOTO 27: Determinación de Slump con diferentes adiciones



FOTO 28: Determinación de Slump con diferentes adiciones



FOTO 29: Elaboración de los especímenes



FOTO 30: Curado de probetas



FOTO 31: Curado de probetas



FOTO 32: Extracción de los especímenes de concreto para realizar los ensayos respectivos



FOTO 33: Toma de medidas y peso de los especímenes de concreto para su posterior ensayo.



FOTO 34: Ensayo a tracción indirecta de los especímenes de concreto cilíndricos



FOTO 35: Ensayo a tracción indirecta de los especímenes de concreto cilíndricos



FOTO 36: Medida de ancho de fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.



FOTO 37: Ensayo a compresión de los especímenes de concreto cilíndricos con diferentes adiciones



FOTO 38: Ensayo a compresión de los especímenes de concreto cilíndricos con diferentes adiciones