



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES
PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE
AZÚCAR, UPNC 2016”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Geoffrey Andreé Jiménez Chávez

Asesor:

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Geoffrey André Jiménez Chávez**, denominada:

**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON
LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE
CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2015”**

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero.
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga.
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro.
JURADO

M. Cs. Ing. María Salome de la Torre Ramírez.
JURADO

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme protegido durante todo mi camino y darme fuerza para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre Mery C. Chávez Salazar.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi Padre Alejandro A. Jiménez Juárez

Por el ejemplo de lucha, por tu sacrificio día a día que me ha llevado a conseguir orgullosamente las metas que me he propuesto, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Mis hermanos

Anabel, Jackeline y Kollber, por su apoyo incondicional y ánimo en todo momento en la elaboración de esta tesis.

Kharilin de los Ángeles Intor Villatty

Por estar a mi lado apoyándome y fortaleciéndome.

A mis amigos

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Erlyn, Antonio, Ronald, Cristian, Miguel por haberme ayudado a realizar este trabajo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme y permitirme llegar a culminar mi sueño anhelado.

Al ingeniero Irene Ravines Azañero por su colaboración, recomendaciones y enseñanzas para el desarrollo de la presente investigación.

Al Ingeniero Gabriel Cerna Cachi por la orientación y ayuda que me brindo para la realización de esta investigación.

Al Ingeniero Orlando Aguilar Aliaga, director de la Carrera de Ingeniería Civil, por el apoyo y conocimientos brindados para la realización de esta investigación.

Al Ingeniero Gerson Quispe Rodríguez por su apoyo y consejo en mi formación profesional y desarrollo de la presente investigación.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, Facultad de Ingeniería – Carrera de Ingeniería Civil, por poner a disposición el laboratorio de tecnología de concreto para el desarrollo de esta investigación. Al Sr Víctor Cuzco Minchan, por el apoyo en el manejo de los instrumentos y materiales del laboratorio de tecnología de concreto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS	vii
ÍNDICE DE ECUACIONES	vii
ÍNDICE DE TOMAS FOTOGRÁFICAS	viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Justificación	13
1.4. Objetivos	14
1.4.1. Objetivo general.....	14
1.4.2. Objetivos específicos	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Bases teóricas.....	17
a. Puzolanas.....	17
b. Tipos de puzolanas	18
c. Propiedades de las puzolanas	20
d. Uso de las puzolanas	21
2.3. Definición de términos básicos.	26
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS	28
3.1. Formulación de la hipótesis	28
3.2. Operacionalización de variables.....	29
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	30
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	30
4.2. Material.....	30
4.2.1. Unidad de estudio.....	30
4.2.2. Población y muestra.	30
4.3. Métodos.	31
4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.	31
4.3.2. Procedimientos.	31
CAPÍTULO 5. DESARROLLO	34
CAPÍTULO 6. RESULTADOS	63
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN	82

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES	85
CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES	86
CAPÍTULO 10. REFERENCIAS	87

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1. 9 Razones que demuestran la importancia de las puzolanas en la construcción. ----</i>	22
<i>Tabla N° 2. Operacionalización de variables. -----</i>	29
<i>Tabla N° 3. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.-----</i>	34
<i>Tabla N° 4. Tamaño de la muestra de agregado. -----</i>	37
<i>Tabla N° 5. Capacidad de la medida. -----</i>	39
<i>Tabla N° 6. Densidad del Agua. -----</i>	39
<i>Tabla N° 7. Peso mínimo de la muestra de ensayo.-----</i>	41
<i>Tabla N° 8. Gradación de las muestras de ensayo. -----</i>	47
<i>Tabla N° 9. Cargas. -----</i>	47
<i>Tabla N° 10. Requisitos granulométricos para agregado grueso. -----</i>	49
<i>Tabla N° 11. Análisis granulométrico del agregado fino. -----</i>	50
<i>Tabla N° 12. Resistencia mecánica de los agregados. -----</i>	50
<i>Tabla N° 13. Resistencia a la compresión promedio. -----</i>	51
<i>Tabla N° 14. Asentamiento por el tipo de consistencia del concreto.-----</i>	51
<i>Tabla N° 15. Volumen de agua por m^2.-----</i>	52
<i>Tabla N° 16. Contenido de Aire Atrapado. -----</i>	52
<i>Tabla N° 17. Relación agua/cemento por resistencia del concreto. -----</i>	53
<i>Tabla N° 18. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto. -----</i>	53
<i>Tabla N° 19. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso.-----</i>	63
<i>Tabla N° 20. Resultados corregidos del análisis granulométrico de agregado grueso. -----</i>	64
<i>Tabla N° 21. Análisis granulométrico del agregado grueso huso 5. -----</i>	64
<i>Tabla N° 22. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino. -----</i>	65
<i>Tabla N° 23. Resultados corregidos del análisis granulométrico de agregado fino. -----</i>	66
<i>Tabla N° 24. Análisis granulométrico del agregado fino. -----</i>	67
<i>Tabla N° 25. Resultados del contenido de humedad del agregado fino. -----</i>	68
<i>Tabla N° 26. Resultados del contenido de humedad del agregado grueso. -----</i>	68
<i>Tabla N° 27. Resultados del peso específico del agregado fino. -----</i>	69
<i>Tabla N° 28. Resultados del peso específico del agregado grueso.-----</i>	69
<i>Tabla N° 29. Resultados de las características físico – mecánicas del agregado grueso de la cantera roca fuerte. -----</i>	70
<i>Tabla N° 30. Resultados de las características físico – mecánico del agregado fino de la cantera roca fuerte.-----</i>	70

Tabla N° 31. Valores de diseño en laboratorio. -----	71
Tabla N° 32. Valores de diseño al pie de obra (corregido por humedad). -----	71
Tabla N° 33. Cantidad de materiales para mezcla de prueba. -----	71
Tabla N° 34. Cantidad de ceniza para cada porcentaje. -----	71
Tabla N° 35. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP). -----	73
Tabla N° 36. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con adición al 8% (PA-8%). -----	74
Tabla N° 37. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con adición al 10% (PA-10%). -----	75
Tabla N° 38. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con adición al 12% (PA-12%). -----	76
Tabla N° 39. Resumen de resultados de la resistencia a compresión. -----	77

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura N° 1. Clasificación de las puzolanas	18
Figura N° 2. Esquema de los patrones de tipos de fracturas.	57
Gráfica N° 1. Curva granulométrica del agregado grueso (Huso 5).	65
Gráfica N° 2. Curva granulométrica del agregado fino.	67
Gráfica N° 3. Comparación de la resistencia a los 7 días de curado.	77
Gráfica N° 4. Comparación de la resistencia a los 14 días de curado.	77
Gráfica N° 5. Comparación de la resistencia a los 28 días de curado.	78
Gráfica N° 6. Resistencia a la compresión versus tiempo de curado, adición al 8% con ceniza de bagazo de caña.	78
Gráfica N° 7. Resistencia a la compresión versus tiempo, adición al 10% con ceniza de bagazo de caña.	79
Gráfica N° 8. Resistencia a la compresión versus tiempo, adición al 12% con ceniza de bagazo de caña.	79

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación 1 Contenido de humedad.	38
Ecuación 2 Peso unitario suelto o compactado.	40
Ecuación 3 Peso específico de masa (agregado grueso).	43
Ecuación 4 Peso específico de masa saturada con superficie seca (agregado grueso).	43

Ecuación 5 <i>Peso específico aparente (agregado grueso)</i>	43
Ecuación 6 <i>Absorción (agregado grueso)</i>	43
Ecuación 7 <i>Peso específico de masa (agregado fino)</i>	45
Ecuación 8 <i>Peso específico de masa saturada con superficie seca (agregado fino)</i>	46
Ecuación 9 <i>Peso específico aparente (agregado fino)</i>	46
Ecuación 10 <i>Absorción (agregado fino)</i>	46

ÍNDICE DE TOMAS FOTOGRÁFICAS

Toma fotográfica N° 1. <i>Molino de caña de azúcar</i>	58
Toma fotográfica N° 2. <i>Almacenamiento del bagazo de caña de azúcar</i>	59
Toma fotográfica N° 3. <i>Bagazo de caña de azúcar seco</i>	59
Toma fotográfica N° 4. <i>Horno de calcinación</i>	60
Toma fotográfica N° 5. <i>Proceso de calcinación</i>	60
Toma fotográfica N° 6. <i>Termómetro de dial</i>	61
Toma fotográfica N° 7. <i>Ceniza de bagazo de caña de azúcar</i>	61
Toma fotográfica N° 8. <i>Molienda de la ceniza de bagazo de caña de azúcar</i>	62
Toma fotográfica N° 9. <i>Tamizado de la ceniza de bagazo de caña de azúcar</i>	62
Toma fotográfica N° 10. <i>Fractura presentada en el diseño patrón (PP)</i>	80
Toma fotográfica N° 11. <i>Fractura presentada en el diseño adicionado (PA-08%)</i>	80
Toma fotográfica N° 12. <i>Fractura presentada en el diseño adicionado (PA-10%)</i>	81
Toma fotográfica N° 13. <i>Fractura presentada en el diseño adicionado (PA-12%)</i>	81
Toma fotográfica N° 14. <i>Equipo para ensayo de contenido de humedad</i>	93
Toma fotográfica N° 15. <i>Peso de las muestras</i>	93
Toma fotográfica N° 16. <i>Colocación de muestras en el horno</i>	94
Toma fotográfica N° 17. <i>Pesado muestra seca</i>	94
Toma fotográfica N° 18. <i>Equipo para ensayo de granulometría</i>	95
Toma fotográfica N° 19. <i>Selección de material para el ensayo</i>	95
Toma fotográfica N° 20. <i>Pesando material para el ensayo</i>	96
Toma fotográfica N° 21. <i>Tamizado</i>	96
Toma fotográfica N° 22. <i>Equipos para ensayo de peso específico del agregado fino</i>	97
Toma fotográfica N° 23. <i>Muestra (agregado fino) sumergida en agua por 24 horas</i>	97
Toma fotográfica N° 24. <i>Selección de muestra</i>	98
Toma fotográfica N° 25. <i>Peso de fiola de 1000 cm^3</i>	98
Toma fotográfica N° 26. <i>Peso de fiola, muestra y agua</i>	99
Toma fotográfica N° 27. <i>Equipo para ensayo de peso específico del agregado grueso</i>	99
Toma fotográfica N° 28. <i>Muestra (agregado grueso) colocada en agua por 24 horas</i>	100

Toma fotográfica N° 29. <i>Peso de agregado grueso y canastilla sumergida.</i>	100
Toma fotográfica N° 30. <i>Peso de canastilla sumergida.</i>	101
Toma fotográfica N° 31. <i>Peso seco del agregado grueso.</i>	101
Toma fotográfica N° 32. <i>Equipo para ensayo de peso unitario del agregado.</i>	102
Toma fotográfica N° 33. <i>Llenado de recipiente con agregado.</i>	102
Toma fotográfica N° 34. <i>Peso de recipiente y agregado.</i>	103
Toma fotográfica N° 35. <i>Llenado de recipiente con agregado.</i>	103
Toma fotográfica N° 36. <i>Procedimiento de apisonado.</i>	104
Toma fotográfica N° 37. <i>Peso de recipiente y agregado.</i>	104
Toma fotográfica N° 38. <i>Frotando aceite en las paredes de los moldes.</i>	105
Toma fotográfica N° 39. <i>Ceniza de bagazo de caña de azúcar.</i>	105
Toma fotográfica N° 40. <i>Cemento Portland tipo I.</i>	106
Toma fotográfica N° 41. <i>Mezclado de cemento con CBCA.</i>	106
Toma fotográfica N° 42. <i>Pesado de agregado grueso.</i>	107
Toma fotográfica N° 43. <i>Pesado de agregado fino.</i>	107
Toma fotográfica N° 44. <i>Agua para la mezcla.</i>	108
Toma fotográfica N° 45. <i>Colocación de materiales en mezcladora.</i>	108
Toma fotográfica N° 46. <i>Colocación de concreto en moldes cilíndricos.</i>	109
Toma fotográfica N° 47. <i>Vibrado de concreto elaborado.</i>	109
Toma fotográfica N° 48. <i>Probetas de concreto.</i>	110
Toma fotográfica N° 49. <i>Desencofrado y etiquetado de probetas de concreto.</i>	110
Toma fotográfica N° 50. <i>Curado de probetas de concreto elaborado.</i>	111
Toma fotográfica N° 51. <i>Medición de probetas de concreto elaborado.</i>	111
Toma fotográfica N° 52. <i>Ensayo de compresión axial del concreto.</i>	112
Toma fotográfica N° 53. <i>Fallas presentadas: Falla tipo 5.</i>	112

RESUMEN

En el desarrollo de la presente investigación se ha determinado la influencia en la resistencia a la compresión de concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ usando agregados de la cantera Roca fuerte con la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en diferentes porcentajes (8%, 10% y 12%). Para lo cual se determinó las características físico-mecánicas de los agregados de acuerdo a las especificaciones de las normas N.T.P. 400.037/ASTM C33, para luego realizar el diseño de mezclas de concreto patrón empleando en método del comité ACI 211.

En la presente investigación se ha procedido a utilizar mediante un proceso de calcinación controlada el bagazo de caña de azúcar transformada a ceniza como una puzolana artificial y evaluar su comportamiento en la resistencia a compresión para lo cual se elaboró y curó probetas patrón y con adición en los porcentajes de 8%, 10% y 12% (N.T.P. 339.183/ASTM C192M); analizando al concreto en estado endurecido (N.T.P. 339.034/ASTM C39), mediante ensayos a los 7, 14 y 28 días, obteniéndose resultados de resistencia a compresión al adicionar 8% de ceniza de bagazo de caña de azúcar de 245.18 Kg/cm^2 a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 16.94% con respecto a la probeta patrón; al adicionar 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzó una resistencia de 245.31 Kg/cm^2 a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 17.00% con respecto a la probeta patrón y con la adición de 12% de ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzó una resistencia de 242.43 Kg/cm^2 a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 15.63% con respecto a la probeta patrón.

Los resultados obtenidos nos indican que los concretos adicionados con ceniza de bagazo de caña de azúcar como puzolana artificial registran resistencias mayores a las del concreto convencional, evidenciándose el rango más adecuado entre 8% y 10%.

ABSTRACT

In the development of this research it has determined the influence on the compressive strength of concrete $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ using rock quarry aggregates stronger with the addition of ash from sugar cane bagasse (CBCA) in different percentages (8%, 10% and 12%). For which the physical-mechanical characteristics of the aggregates was determined according to the specifications of standards N.T.P. 400037 / ASTM C33, and then make the concrete mix design pattern using ACI 211 committee in the method.

In the present investigation it has proceeded to use through a calcination process controlled bagasse from sugar cane transformed into ash as an artificial pozzolan and evaluate their behavior in compressive strength for which it was developed and cured specimens pattern and added in the percentages of 8%, 10% and 12% (NTP 339,183 / ASTM C192M); analyzing the concrete in hardened state (NTP 339,034 / ASTM C39), by tests at 7, 14 and 28 days, yielding results of compressive strength by adding 8% ash bagasse sugarcane 245.18 Kg/cm^2 to 28 days, this corresponds addition rate increased compressive strength of 16.94% with respect to the specimen pattern; by adding 10% bagasse ash sugarcane reached a resistance of 245.31 Kg/cm^2 after 28 days, this addition rate corresponds increased compressive strength of 17.00% with respect to the specimen pattern and the addition of 12% bagasse ash sugarcane reached a resistance of 242.43 Kg/cm^2 after 28 days, this corresponds addition rate increased compressive strength of 15.63% with respect to the specimen pattern.

The results indicate that the concrete added with bagasse ash as an artificial pozzolan sugar recorded greater resistance to conventional concrete, showing the most suitable range between 8% and 10%.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El impulso de nuevos materiales de construcción está teniendo un apogeo mayor actualmente en diferentes países del mundo, causado en gran parte por la elaboración de materiales usuales que emiten un impacto ambiental perjudicial, los grandes aumentos de recursos energéticos demandados para obtenerlos son totalmente irrecuperables, añadiendo las emisiones creadas en sus procesos de fabricación; esto impulsó a investigar nuevas fuentes que pueden conseguir a sustituir o integrar cierta fracción de ciertos materiales, tal es el tema de los subproductos agrícolas e industriales los cuales habitualmente son procedentes en diferentes países y constituyen desechos de la obtención de diferentes productos (Águila, 2001).

El empleo de estas nuevas fuentes no convencionales en vez de cemento Portland disminuye de forma significativa el coste medioambiental de la construcción, al reducir parte de la generación de CO_2 y explotación minera necesarias para la producción de cemento Portland, además de mejorar la gestión de los residuos reutilizados evitando su deposición en vertedero o abandono; esto también supondrá una reducción en el coste económico del concreto, haciéndolo muy recomendable para aplicaciones en las que la resistencia y trabajabilidad de las mezclas sean suficientes (Martirena, 2004).

En la actualidad en el sector de la construcción del Perú se producen cementos puzolánicos, pero no utiliza puzolanas artificiales como bagazo de caña de azúcar ni cascarilla de arroz (Villegas, 2012); en este contexto, es factible realizar la presente investigación consistente determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?

1.3. Justificación

Uno de los materiales de construcción más antiguos posteriores de la piedra caliza y cal fue la puzolana cuyo calificativo proviene de una localidad contigua al Vesubio llamado Pozzuoli. Los griegos y romanos la usaron combinándola con cal y ceniza volcánica (origen puzolana) facilitando mezclas perdurables. Este concepto continúa completamente vigente, siendo el cemento Portland puzolánico altamente usado en grandes obras de ingeniería actualmente debido a la amplia vida útil para la cual están diseñadas (Becker, 2009).

El uso de adiciones minerales en cementos muestra una tendencia creciente en el rubro de la construcción, por ayudar en el desarrollo sustentable y ventajas tecnológicas; además de las adiciones tradicionales como puzolanas naturales y las escorias, existe interés en el uso de otros materiales suplementarios (Batic et al., 2010).

La ceniza de bagazo de caña de azúcar constituye una alternativa concreta, ya que su aprovechamiento implica la solución de un problema ambiental cual es la disposición de estos residuos, por demás abundantes.

La investigación planteada contribuirá a generar mayor entendimiento del empleo de materiales puzolánicos artificiales en el concreto. Asimismo, los resultados del estudio ayudarán a demostrar la atribución de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia del concreto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físico – mecánicas de los agregados de la cantera roca fuerte.
- Realizar el diseño de mezcla utilizando el método ACI, con agregados de la cantera roca fuerte.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ convencional.
- Determinar la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado en diferentes porcentajes (8%, 10% y 12%) de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

✓ Internacionales:

Según Juárez (2012), quien realizó una investigación sobre “La utilización de cáscara de arroz bajo proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados”, publicado por la Universidad San Carlos de Guatemala, concluyó que al tener un proceso adecuado de calcinación (temperatura de 650 grados centígrados durante 2 horas, pues si sobrepasa lo establecido se cristalizará) se obtendrá adicionando 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar un disminución de 5.90% respecto al estándar a los 8 días y un aumento de 8.82 a los 28 días.

Según Ma-Tay (2014), quien realizó una investigación sobre: “Valorización de cenizas de bagazo procedentes de Honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento Portland”, publicada por la Universidad Politécnica de Valencia de España, concluyó que al obtener muestras directamente de hornos de las azucareras. La influencia de la ceniza de bagazo sobre la resistencia a compresión de morteros fue significativa. Para probetas con un 25% de sustitución de cemento por ceniza curadas a 40 °C durante 28 días, las probetas de San Pedro Sula fueron un 15% más resistentes que las probetas de control, mientras que las probetas de Choluteca presentaron un 9% más de resistencia que las de control. En el caso de probetas curadas a 20 °C durante 90 días, las probetas San Pedro Sula fueron un 14% más resistentes que las de control las probetas de Choluteca presentaron un 11% de resistencia que las de control.

✓ Nacionales:

Según Martínez (2012), quien realizó una investigación sobre: “Utilización de puzolanas naturales en la valoración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo”, publicada por la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú, concluyó que al obtener muestras de hornos de quemado de plantas agroindustriales y pasarla por un tamiz N° 200. La influencia de

la adición de 20% de ceniza de cáscara de arroz (supera en 4% al especificado), con 15% (supera en 17% al especificado) y con 10% (supera en 27% a la resistencia especificada)

✓ **Local:**

Según Rodríguez (2016), quien realizó una investigación sobre: “Resistencia a compresión del mortero cemento-arena incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar”, publicada por Universidad Privada del Norte de Perú, concluyó que al incinerar BCA sin control. La influencia de la incorporación 0.5%, 1% y 1.5% de ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar, logra incrementar la resistencia a compresión uniaxial del mortero cemento-arena 1:4 en porcentajes superiores al 5% para cada tipo de ceniza de residuo agroindustrial incorporada.

✓ **Artículos científicos:**

Sosa & Aguila (2000), investigaron en Venezuela sobre la “Tecnología productiva de cemento puzolánico a partir de la ceniza de cascarilla de arroz” en el cual concluyeron que la muestras incineradas sin control. La sustitución óptima es del 20%, tal como estaba reseñada en la bibliografía estudiada, para la cual se experimentó un incremento de alrededor del 20 % de la resistencia a compresión del cemento, además se pudo apreciar una mejoría considerable en la estabilidad química y la durabilidad del cemento cuando se le añade ceniza, lo cual aumenta la factibilidad del empleo de ésta. En elementos que se estarán sometidos a ambientes agresivos.

Camargo et al. (2014), investigaron en Chile sobre el “Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar”, concluyeron que al obtener cenizas de las plantas de su region. Luego de 7 días, la resistencia a compresión de las trazas con adición de CBC al 3%, 5% y 8% son muy similares y menores que la resistencia de la traza de control, sin embargo, a los 56 días hubo un aumento de 23.3% de resistencia a compresión para la traza con 10% de CBC.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Capítulo I: Fundamentos de la puzolana

a. Puzolanas

Todos los materiales inorgánicos, tanto naturales como artificiales, idóneas de mezclarse directamente con cal o la procedente de la hidratación del cemento, en presencia de agua y temperatura ambiente, en la integración de compuestos parecidos a los originados en la hidratación de los elementos principales del cemento Portland (Soriano, 2007).

Son materiales silíceos o aluminio-silíceos con los cuales se elaboraba antiguamente el cemento, desde la época romana hasta la creación del cemento Portland en el siglo XIX, hoy en día el cemento puzolánico se considera un eco material (Chipana, 2014).

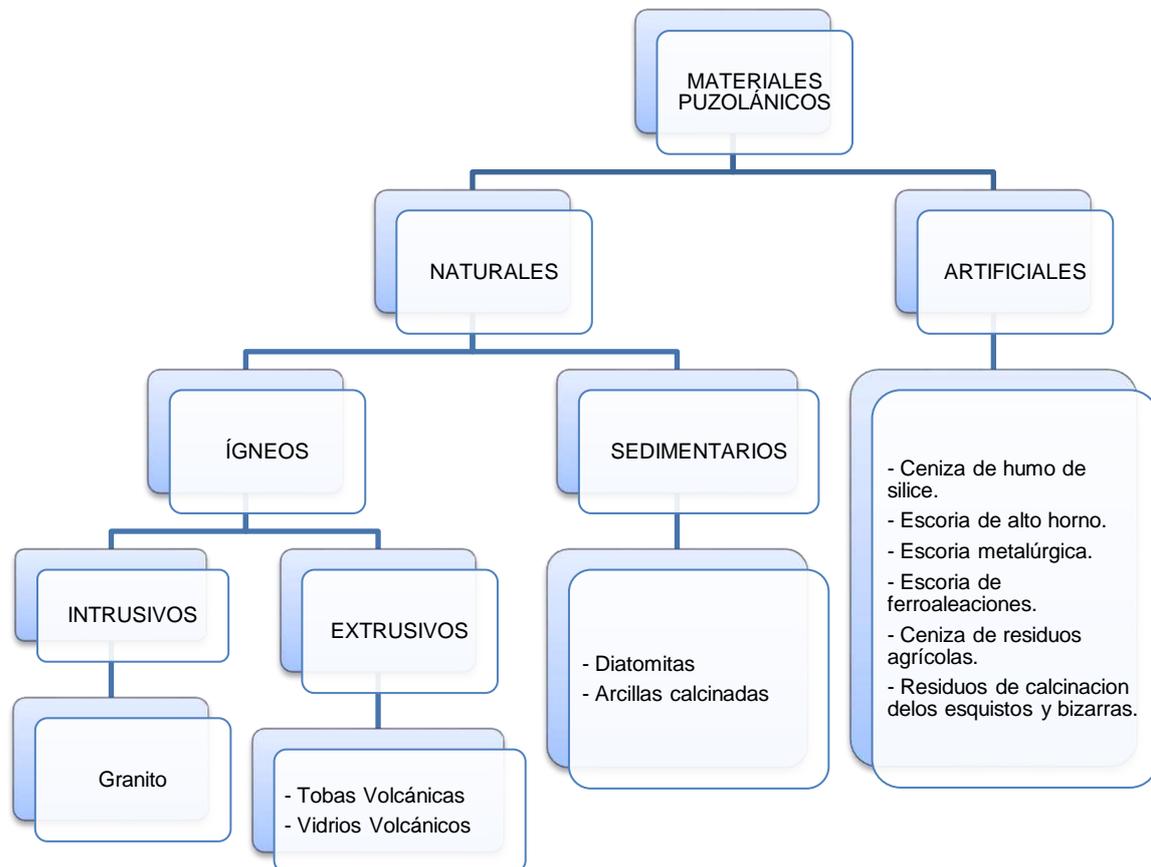
Los griegos, 400 A.C., fueron los primeros que emplearon puzolanas en morteros de cal, luego los romanos no únicamente utilizaron pedazos de cerámica, ladrillos y tejas trituradas para constituir las iniciales puzolanas artificiales, sino además descubrieron que algunas superficies volcánicas combinados con cal eran buenos para originar morteros hidráulicos (fragua y endurece dentro del agua, siendo altamente duradero que un mortero corriente de cal) (Juárez, 2012).

Tales superficies fueron encontradas en los alrededores de la localidad de Pozzuoli, contiguo de Nápoles, y de aquí el calificativo de puzolana (Juárez, 2012). La evolución del cemento hidráulico basado en una mezcla de cal y puzolana significó cambios radicales en la industria de la construcción de la era romana (Juárez, 2012).

El aumento de resistencia, sus características hidráulicas, resistencia al agua del mar permitió la construcción de cúpulas y bóvedas, así como estructuras marítimas; combinaciones de cal y puzolana se usaron para impermeabilización de tanques, acueductos y baños (Juárez, 2012).

b. Tipos de puzolanas

Figura N° 1. Clasificación de las puzolanas



Fuente: Álvarez Blanco, 2005

✓ Puzolanas naturales

Los materiales nombrados puzolanas naturales tienen posiblemente dos orígenes diferentes, uno orgánico y otro únicamente mineral; los de origen mineral son producto del cambio del polvo y "cenizas" volcánicas que por una extendida acción atmosférica (meteorización) se transformaron en tobas, como en piedras volcánicas, parcialmente solidificadas y compactas, líticas, cristalinas, según su naturaleza; la puzolana natural de origen volcánico es determinante de su estructura (Salazar, s.f.).

Las puzolanas naturales de origen orgánico son rocas sedimentarias ricas en sílice hidratada e integradas en yacimientos o acumulaciones que en su principio fueron marítimos, por depósito de caparzones y esqueletos silíceos de animales (infusorios radiolarios) o vegetaciones (planta acuática diatomeas); todos los atributos de las puzolanas naturales y específicamente las que hacen fundamentalmente aptas para su utilización en la producción del cemento, dependen principalmente de su textura y de su constitución, ya que está a su vez están profundamente conexas con su formación y origen (Salazar, s.f.).

Según Gómez, 2009, las puzolanas naturales son principalmente rocas o tierras y abarcan dos grandes grupos:

- Rocas volcánicas, donde la constitución de vidrio amorfo se produce por fusión. Incluye principalmente a las cenizas volcánicas y piedra pómez, aunque también se hallan en este grupo la obsidiana, los tufos volcánicos, las andesitas.
- Rocas o tierras que contienen ópalos, entre las que se hallan la roca de sílice, las diatomitas, las pizarras y algunas arcillas.

En este grupo aquellas de origen volcánico se encuentran entre las más reactivas, debido a su elevado contenido en zeolitas, que son básicamente aluminosilicatos con espacios intermoleculares de entre 3 y 10 Å que contienen átomos de agua en movimiento facilitando el intercambio iónico, fenómeno fundamental en la reacción puzolánica, su composición básica consiste en aluminio, silicio, hidrógeno y oxígeno (Gómez, 2009).

✓ **Puzolanas artificiales**

Salazar, s.f., define éstas como materiales que obtienen esa condición debido a un tratamiento térmico adecuado, de estas cabe distinguir dos grupos, el primero integrado por componentes nativos silicatados de naturaleza esquistosa y arcillosa, que consiguen el carácter puzolánico por la aplicación de métodos

térmicos “ex profeso” y otro el compuesto por subproductos de determinados procedimientos industriales que, por su virtuosa naturaleza y las variaciones sufridas, adquieren la característica puzolánicas.

Según Juárez (2012), las puzolanas artificiales son el resultado de varios procedimientos agrícolas e industriales, habitualmente como subproductos y materiales tratados térmicamente.

Ceniza volante: Es un subproducto de los hornos que emplean carbón como combustible para producir energía eléctrica (Malhotra & Carette, 1982).

Humo de sílice (microsílice): El humo de sílice, también denominado microsílíce, es un subproducto que se origina en la disminución de cuarzo de excelente pureza con carbón, en hornos eléctricos de arco, para la elaboración de silicio y aleaciones de ferrosilicio (Bustos, 2010).

Escorias de fundición: Especialmente de la fundición de aleaciones ferrosas en altos hornos, este tipo escorias deben ser bruscamente enfriadas para lograr que obtengan una estructura amorfa (Juárez, 2012).

Cenizas de residuos agrícolas: Las cenizas de la quema de bagazo de caña de azúcar o de algunos residuos agrícolas presentan altos contenidos de silicio y si la quema se realiza bajo un control adecuado con condiciones de temperatura de $350 - 600 \text{ }^\circ\text{C}$, el material molido es muy puzolánico (Taylor, 1997).

c. Propiedades de las puzolanas

Reactividad Puzolánica

La reactividad de las puzolanas consiste por definición en su capacidad de combinación con el hidróxido cálcico y eventualmente con los constituyentes hidratados del cemento; las causas de la actividad de las puzolanas parece que

tienen que ver con su constitución (óxidos: alúmina (Al_2O_3), dióxido de silicio (SiO_2) y óxido Férrico (Fe_2O_3) sea superiores al 70%) y estructura interna (una estructura amorfa) y que la actividad será tanto mayor, cuanto más vítrea o amorfa y menos cristalina sea ésta; la estructura vítrea-amorfa suele ser típica de las puzolanas a causa del enfriamiento súbito del magma de las lavas volcánicas; la meteorización posterior puede alterar la red cristalina que se pudo formar (Sánchez de Guzmán, 2001).

En el tema de las puzolanas derivadas de los desechos de la agricultura (ceniza de caña de azúcar y el arroz), el modo más factible de mejorar sus características es efectuar una quema controlada en hornos rústicos, en donde se controlan el tiempo de resistencia del material y la temperatura de combustión (Chipana, 2014).

Si la temperatura de quema está en el rango entre $400 - 760 \text{ }^\circ\text{C}$, es seguro que la sílice se forma en fases amorfas, de mucha reactividad, para temperaturas elevadas a éstas comienzan a formarse fases cristalinas de sílice, insuficientemente reactivas a temperatura ambiente (Chipana, 2014).

d. Uso de las puzolanas

El primer criterio que apoyó la producción de cementos puzolánicos fue el corregir el cemento Portland tipo I y II limitando cal libre (es el componente mayormente atacable por las aguas agresivas, estos cementos, conteniendo una menor cantidad, son más resistentes a las aguas agresivas que el plástico), hecha durante la formación de los silicatos bi y tricálcicos, la cual es inseguro a pH más bajas de 12 (alcalinos), para crear compuestos inalterables que no son vulnerables a la acción disolvente de las aguas ácidas; además estos materiales tienen distintos efectos en el cemento y concreto (Benites et al., 2005).

De acuerdo con Juárez, 2012, el daño de nuestro planeta por la contaminación de la atmósfera y la no planeación de procesos o productos sustentables ha impulsado a la industria cementera y producción de concreto o mortero a la

investigación de una mejora continua, utilizando complementos cementantes ya sean artificiales o naturales.

Tabla N° 1. 9 Razones que demuestran la importancia de las puzolanas en la construcción.

9 RAZONES QUE DEMUESTRAN LA IMPORTANCIA DE LAS PUZOLANAS EN LA CONSTRUCCIÓN	
1.- Reemplazan una buena porción del cemento Portland del 20 al 40%:	Gracias a esto disminuyen el precio de elaboración puesto que este complemento es mucho más barato que el Clinker y más económica de moler.
2.- Reduce el calor generado durante la hidratación:	Pues ésta es una reacción bastante exotérmica
3.- Evita el agrietamiento del concreto:	Esto se da por la acción expansiva de la cal al hidratarse y compresiva al secarse.
4.- Rebajan en cierto porcentaje los aluminatos que son inestables en medios sulfatados y absorben álcalis:	Estos componentes regularmente entran a reaccionar de manera perjudicial con los agregados del concreto.
5.- Como aditivos son de vital importancia dentro de la industria del cemento:	Entran en la eficacia del producto final, desarrollan la eficacia del proceso de elaboración y reducen el precio de producción.
6.- El calor generado por la mezcla Cemento/Puzolana es menor que el generado por el mismo peso de solo cemento:	Esto incide en la durabilidad del concreto dado que se reducen las tensiones formadas en la dilato-contracción térmica.
7.- Permite el diseño de mezclas de concretos más impermeables:	Para concretos cuyo período de deterioro por el lixiviado de la cal libre se reduce.
8.- Algunas aportan resistencia al concreto contra el ataque de aguas de mar, sulfatadas, ácidas o que contengan dióxido de carbono en solución:	Por tanto, disminuyen la expansión resultante de la reacción de los agregados alcalinos.
9.- No disminuyen la resistencia de los concretos:	Si son adicionadas en los porcentajes establecidos (20% – 40%)

Fuente: (Benites et al., 2005)

Según Chipana, 2014, otros usos de la puzolana:

- Colador natural de líquidos por su excelente porosidad.
- Sustancia inerte y aireante para cultivos hidropónicos.
- Fabricación de hormigones de baja densidad.
- Drenaje natural en campos de fútbol e instalaciones deportivas.
- Absorbente (en el caso del agua del 20 al 30% del peso de árido seco) y preparación de tierras volcánicas olorosas.
- Aislante térmico (0.21 Kcal/Hm²C)
- Protector de restos arqueológicos de baja densidad para conservación de restos.
- Jardinería. En numerosas rotondas, jardines. Sustituto eficaz del césped en zona de carencia de agua en riego.
- Abrasivo. Usado como ingrediente en algunos detergentes abrasivos.

2.2.2. Capítulo II: Caña de azúcar

La caña de azúcar es una gramínea tropical perenne con tallos gruesos y fibrosos que pueden crecer entre 3 y 5 metros de altura; estos contienen una gran cantidad de sacarosa que se procesa para la obtención de azúcar (SENER/BID/GTZ, 2006). La cual sin lugar a dudas es uno de los productos de mayor importancia para el desarrollo comercial del continente americano y europeo; el azúcar se consume en todo el mundo, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas de todos los países; lo cual provoca que el desperdicio se genere de manera importante (bagazo de caña) (Ríos, 2011).

El bagazo de la caña es uno de los subproductos y se usa como fuente de energía, por cada tonelada de caña se produce alrededor de 264 kg de bagazo (con un 50% de humedad), que se puede utilizar para la producción de energía eléctrica y calórica por medio de la cogeneración (SENER/BID/GTZ, 2006).

Investigaciones recientes a nivel mundial, efectuadas en países como la India, Brasil y Cuba demostraron la posibilidad de utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar como un compuesto que se le adiciona al cemento Portland, con la finalidad

de mejorar sus propiedades físicas y químicas del concreto, sustituyendo en un determinado porcentaje el contenido de cemento con ceniza de bagazo de caña de azúcar en morteros y en concretos sin afectar su resistencia (Cadena, 2014).

El Perú en el 2013 produjo 10 992,240 (INEI, 2013) toneladas de caña de azúcar aproximadamente 25.4% es bagazo; en la actualidad este residuo es considerado un desperdicio y solamente es aprovechado como fertilizante.

2.2.3. Capítulo III: Diseño de Mezclas de concreto

El proporcionamiento de mezclas de concreto o “Diseño de mezclas” es un proceso que consiste en la selección de los ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, concreto con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia adecuadas; estas propiedades y características de los ingredientes usados, de las propiedades particulares del concreto especificado y de las condiciones particulares bajo las cuales el concreto será producido y colocado (Sánchez de Guzmán, 2001).

Según Mafus (2014), existen diferentes métodos de diseños de mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

En oportunidades no es necesario tener exactitud en cuanto a las proporciones de los componentes del concreto, en estas situaciones se frecuenta el uso de reglas generales, lo que permite establecer las dosis correctas a través de recetas que permiten contar con un diseño de mezcla apropiado para estos casos.

Se deben tomar en consideración las características más importantes de los agregados, la granulometría y el tamaño máximo. Con respecto a la granulometría

solo se deben usar piedras o arenas balanceadas en sus diferentes tamaños de granos, sin exceso o ausencia. Existen tres alternativas correspondientes al tamaño máximo que se vaya a usar.

El agua debe aplicarse con una cantidad tal que se mantenga la Trabajabilidad, y la colocación de moldes y encofrados. Esta dosis debe ser lo más precisa posible ya que un exceso de agua disminuye la resistencia, por ello los encargados de esta tarea deben tener experiencia mínima exigida.

Es necesario disponer de un procedimiento detallado, preciso y complejo para obtener resultados óptimos en cuanto a cantidades y proporciones de los componentes del concreto se refiere, así existe la posibilidad de tomar en cuenta los posibles cambios que afectan las características de los componentes, incrementando así mayor índice de calidad. Algunos métodos son probados en laboratorio y en plantas de preparación comercial, el que se mencionará a continuación dio excelentes resultados y es muy usado en el caso del empleo de agregados pocos controlados. Se basa en cuatro aspectos fundamentales; dosis de cemento, trabajabilidad, relación agua/cemento y resistencia, todos estos fundamentos se relacionan a través de dos leyes: relación triangular y la ley de Abrams. También toma en cuenta dos variables importantes: tamaño máximo y tipos de agregados, además de explicar la calidad del cemento y el efecto reductor del agua de los aditivos químicos en su parte final; la incorporación de aire, la presencia elevada de ultra finos o el empleo de dos o más agregados.

2.3. Definición de términos básicos.

Resistencia a compresión

La resistencia máxima medida de un espécimen de concreto sometido a carga axial de compresión y se expresa como fuerza por unidad de área de la sección transversal (ACI, 2013).

Concreto

Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante el cemento Portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas y/o aditivos químicos (NTP 339.047, 2006).

Puzolanas

Las puzolanas son sustancias naturales e industriales, silíceas o sílicoaluminosas, o una combinación de ambas, que endurecen cuando se amasan con agua, a la temperatura ambiente con el hidróxido de calcio disuelto $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de la pasta de cemento y forman compuestos de silicato de calcio y aluminato de calcio, capaces de desarrollar resistencia. Estos compuestos son similares a los que forman durante el endurecimiento de los materiales hidráulicos. Las puzolanas constarán esencialmente de SiO_2 , reactivo, no menor del 25% en masa. No endurecen por sí mismo con el agua (NTP 339.047, 2006).

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 339.047, 2006).

Relación agua/cemento (A/C)

Relación entre la masa de agua y la masa del cemento en el concreto (NTP 339.047, 2006).

Agregado

Es un conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.037 (NTP 339.047, 2006).

Caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis (Perafán, 2009).

Gramínea

Dicho de una planta: con tallo cilíndrico, comúnmente hueco, interrumpido de trecho en trecho por nudos llenos, hojas alternas que nacen de estos nudos y abrazan el tallo, flores muy sencillas, dispuestas en espigas o en panojas, y grano seco cubierto por las escamas de la flor (ASALE, 2014).

Incineración

Proceso por el que se someten los materiales sólidos y líquidos, sean residuales o no, a un régimen de temperaturas medias (850 – 1.200 °C), por efecto de las reacciones de oxidación exotérmica de los propios residuos y, se es preciso, de combustible aportado, en presencia de exceso de oxígeno suficiente para que casi toda (>99,99%) la fracción orgánica presente pase a la forma gaseosa, los compuestos oxidables a esa temperatura se hayan combinado con el oxígeno, y la fracción inorgánica e haya reducido a escorias (vidrio, piedras metales) y cenizas (Castells, 2012).

Ceniza

Producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales. Parte queda como residuo en forma de polvo depositado en el lugar donde se ha quemado el combustible (madera, basura, etc.) y parte puede ser expulsada al aire como parte del humo (Castells, 2012).

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

Al adicionar el 8%, 10% y 12% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, se incrementa en un 15%.

Variables

- Variable independiente: Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

- Variable dependiente: Resistencia a Compresión del concreto.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla N° 2. Operacionalización de variables.

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADOR	UNIDADES	INSTRUMENTO
“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO Kg/cm^2 CON ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016”	¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?	Al adicionar el 8%, 10% y 12% de ceniza de bagazo de caña de azúcar la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, se incrementa en un 15%.	<u>INDEPENDIENTE</u>	Las puzolanas son sustancias naturales e industriales, silíceas o silicoaluminosas, o una combinación de ambas, que endurecen cuando se amasan con agua, a la temperatura ambiente con el hidróxido de calcio disuelto $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de la pasta de cemento y forman compuestos de silicato de calcio y aluminato de calcio, capaces de desarrollar resistencia. Estos compuestos son similares a los que forman durante el endurecimiento de los materiales hidráulicos. Las puzolanas constarán esencialmente de SiO_2 , reactivo, no menor del 25% en masa. No endurecen por sí mismo con el agua (NTP 339.047, 2006).	Temperatura	Centígrados ($^{\circ}\text{C}$)	Termómetro analógico de dial
			Ceniza bagazo de caña de azúcar.		Tiempo	Horas (hr)	Cronómetro
			<u>DEPENDIENTE</u>		Tamaño de partícula	Milímetros (mm)	Tamiz N° 100
			Resistencia a compresión del concreto.		Resistencia a la compresión	Esfuerzo (Kg/cm^2)	Máquina de ensayo
					Edad	Días	Formatos

FUENTE: Elaboración propia, 2015

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

El tipo de investigación es: Experimental

4.2. Material.

4.2.1. Unidad de estudio.

Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

4.2.2. Población y muestra.

Para obtener la ceniza, se obtuvo el bagazo de caña de azúcar de Magdalena de la huerta del señor Plasencia. Para obtener el concreto, se obtuvieron los agregados del río Chonta, cantera Roca fuerte. De acuerdo a la NTP 339.183 (2003) en el ítem 5.5. “El número mínimo de especímenes elaborados es de tres (03) especímenes para cada edad”. Las muestras son treinta y seis (36) especímenes de concreto elaborados los cuales son descritos a continuación:

- **9 Probetas Patrón (Diseño PP).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días.
- **9 Probetas con adición del 8% en peso del cemento (Diseño P-1A).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días.
- **9 Probetas con adición del 10% en peso del cemento (Diseño P-2A).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días.
- **9 Probetas con adición del 12% en peso del cemento (Diseño P-3A).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días.

4.3. Métodos.

4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.

La recolección de datos para comparar la resistencia de concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ patrón y concreto con adición de ceniza de bagazo de caña en porcentajes de 8%, 10% y 12%, se determinaron las características físico-mecánicas de los agregados (fino y grueso) para con los datos obtenidos para poder realizar el diseño de mezcla patrón de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ usando el método ACI 211.

Luego de definir del diseño de mezcla por el método ACI 211 se procedió a la elaboración de los testigos de concreto, para luego ser ensayos a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días según lo establece la norma, para verificar si la adición de ceniza de bagazo de caña en porcentajes de 8%, 10% y 12% influye en la resistencia de este concreto.

Se obtendrán los datos necesarios para procesar mediante hojas de cálculo y obtener los resultados buscados en la presente investigación en la cual se aplicó formatos basados en las normas técnicas vigentes para la correcta recopilación de datos.

4.3.2. Procedimientos.

Se describirá los pasos de las actividades realizadas para desarrollar la investigación.

A. Procedimiento de la recolección de datos:

a. *Primero:*

Se recolectaron muestras de la cantera roca fuerte ubicada en Baños del Inca, para determinar sus propiedades físico – mecánicas de los agregados en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Privada del Norte.

b. Segundo:

Se recolectaron las muestras de bagazo de caña de la huerta del señor Plasencia en el caserío “El guayabo – Contumazá” del Distrito de Magdalena para su posterior calcinación.

c. Tercero:

Se realizó los ensayos descritos a continuación:

1. Se determinó la granulometría (análisis granulométrico) del agregado fino y grueso según la norma NTP 400.012/ASTM C-136.
2. Se determinó el contenido de humedad del agregado fino y grueso según la norma NTP 339.185/ASTM C-566.
3. Se determinó el peso unitario del agregado fino y grueso según la norma NTP 400.017 /ASTM C-29.
4. Se determinó el peso específico del agregado grueso según la norma NTP 400.021/ASTM C-127.
5. Se determinó el peso específico del agregado fino según la norma NTP 400.022/ ASTM C-128.
6. Se verificó que los agregados cumplan con las especificaciones normalizadas para agregados en hormigón según la norma NTP 400.037 /ASTM C-33.

d. Cuarto:

Determinadas las propiedades físico – mecánicas de los agregados, se procedió a realizar el diseño de mezclas patrón de resistencia $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, usando el método del comité ACI 211.

e. Quinto:

Luego se procedió a la calcinación del bagazo de caña de azúcar por 5 horas a una temperatura entre un rango de 350 °C a 400 °C.

f. Sexto:

Luego de calcinadas se hizo la molienda de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para luego ser tamizado por la malla número 100.

g. Séptimo:

Se procedió a elaborar los especímenes de concreto según la norma NTP 339.183/ASTM C – 192M (nueve testigos patrón, y nueve testigos por cada porcentaje de 8%, 10% y 12%). Luego se desencofraron los testigos a las 24 horas de haber sido realizados, los cuales fueron curados en una poza a temperatura de 23°C +-2, según la norma NTP 339.183/ASTM C-192.

h. Octavo:

Los especímenes se retiraron de la poza de curado, para luego ser ensayadas en la máquina de compresión axial (según norma NTP 339.034/ASTM C – 39); a la edad de 7 días, 14 días y 28 días según lo establece la norma.

B. Metodologías para el análisis de información

Los datos obtenidos en los diferentes ensayos realizados en laboratorio, se llevaron a un computador, para realizar el trabajo de gabinete. En el que se ordenaron y analizaron mediante hojas de cálculo y gráficos comparativos. Estos resultados fueron analizados teniendo en consideración las normas técnicas peruanas de concreto y de agregados vigentes.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

A continuación se describe la realización de los procedimientos señalados para desarrollar la investigación.

A. Ensayos de los Agregados

1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (N.T.P. 400.012: 2001 / ASTM C 136-96a. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global).

Se establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino y grueso.

a. Materiales.

- **Agregado fino:** La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, fue de 300 gr.
- **Agregado grueso:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la tabla N° 3.

Tabla N° 3. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo Kg (Lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012, 2001

b. Equipos.

✓ **Balanza:**

- Para agregado fino, con aproximación de 0.1 gr.
- Para agregado grueso, con aproximación y exacta a 0.5 gr.

✓ **Tamices:** Los Tamices cumplirán con la NTP 350.001.

- Juego de tamices para agregado grueso: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4.
- Juego de tamices para agregado fino: 3/8", N°4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, y N° 200.

✓ **Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

c. Procedimiento.

- Se seleccionó la por el método B. Cuarteo descrita en la norma ASTM C702.
- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Luego se pesó una muestra de 2000 gr para agregado fino y para agregado grueso una muestra de 15000 gr.
- Se seleccionó los tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.
- Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra el tamiz superior.
- Se Agitó los tamices manualmente por un periodo aproximadamente de 10 min.
- Se verificó la eficiencia del tamizado de acuerdo a la NTP 400.012 Ítem 8.4.
- Se pesó el material retenido en cada tamiz.
- La diferencia entre el peso inicial y la suma de los pesos individuales nos será mayor a 0.3%

- Se anotó los datos obtenidos, calculándose el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa y así determinar el módulo de finura del agregado fino.

d. Cálculo.

- Se calculó el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos sobre cada tamiz, aproximación al 0.1%
- Se calculó el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1.18 mm (N° 16); 2.36 mm (N° 8); 4.75 mm (N° 4); 9.5 mm (3/8"); 19.0 mm (3/4"); 37.5 mm (1 1/2 ") y mayores; incremento en la relación 2 a 1.

2. Contenido de humedad (N.T.P. 339.185: 2002 / ASTM C 566: 1997. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado).

Establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado

a. Materiales.

Se dispuso de una muestra representativa del contenido de humedad de la fuente de abastecimiento que se está evaluándose con una masa no menor de la cantidad indicada en la Tabla N° 4. La muestra deberá protegerse contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

Tabla N° 4. Tamaño de la muestra de agregado.

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4.75 (0.187) (N° 4)	0.5
9.5(3/8)	1.5
12.5(1/2)	2.0
19.0(3/4)	3.0
5.0(1)	4.0
37.5(1 1/2)	6.0
50.0(2)	8.0

Fuente: NTP 339.185, 2002

b. Equipos.

- **Balanza:** Para agregado fino, con aproximación de 0.1g.
- **Fuente de calor:** Un horno ventilado capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- **Recipiente para la muestra:** Un envase que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse.
- **Revolvedor:** Una cuchara de metal o espátula de tamaño conveniente.

c. Procedimiento.

- Se pesaron y codificaron cada recipiente.
- Se pesó una masa de muestra para agregado fino y grueso con precisión del 0.1%.
- Luego se colocó cada muestra en el horno por un tiempo de 24 horas.
- Se pesó las muestras secas con precisión del 0.1% después que se haya secado y enfriado para no dañar la balanza.
- Se anotó dichos pesos, para luego calcular el contenido de humedad de los agregados.

d. Cálculo.

Para el cálculo de contenido de humedad total evaporable se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

3. Peso unitario volumétrico (N.T.P. 400.017: 1999 / ASTM C 29/C 29M: 1991. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado).

Este método de ensayo cubre la determinación de peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino y grueso.

a. Materiales.

La muestra de ensayo fue aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y será manipulada evitando su segregación.

b. Equipo.

- **Balanza:** Una balanza con aproximación a 0.05 Kg.
- **Barra compactadora:** Recta, de acero liso 16 mm (5/8”) de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- **Recipiente de medida:** Cilíndricos, metálico con asas y de fondo firme, parejo y suficientemente rígido para mantener su forma en condiciones severas de uso. La capacidad dependerá del tamaño del agregado de acuerdo con los límites establecidos en la tabla N° 5.

Tabla N° 5. Capacidad de la medida.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA*	
Mm	Pulgadas	L (m^3)	P ³
12.5	½	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	14.0 (0.014)	½
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 ½	70.0 (0.070)	2 ½
150.0	6	100.0 (0.100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017, 1999.

(*) La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con tamaño máximo nominal igual o menor

- **Pala de mano:** Una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

c. Procedimiento

Calibración de medida

- Se llenó el recipiente cilíndrico con agua a temperatura ambiente.
- Se pesó el recipiente cilíndrico más el agua.
- Se midió la temperatura del agua y se determina su densidad, de la tabla N° 6.

Tabla N° 6. Densidad del Agua.

Temperatura		Kg/m ³	Lb/p ³
°C	°F		
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23.0	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.26
29.4	85	995.83	62.166

Fuente: NTP 400.017, 1999.

- Se calculó el factor de medida (1/V) dividiendo la densidad del agua entre el peso requerido para llenar el recipiente de medida.

Peso unitario suelto seco para agregado grueso y fino.

- Se pesó el recipiente cilíndrico.
- Luego se procedió a llenar el recipiente con el cucharón a una altura no mayor de 50 mm (2”) por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se eliminó con la barra de 5/8”.
- Se determinó el peso del recipiente más el agregado (grueso o fino) y se anotaron.
- El procedimiento anterior se repitió cuatro veces, para luego determinar el promedio del peso unitario suelto seco.

Peso unitario compactado seco para agregado grueso y fino

- Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se nivela con la mano.
- Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.
- Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.
- Se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido y se registra.
- El procedimiento se repitió cuatro veces, para luego determinar el promedio del peso unitario compactado seco.

d. Cálculo.

Para el cálculo del peso unitario suelto o compactado se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$M = (G * T) * F \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en Kg/m^3 .

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

T = Peso del recipiente de medida en Kg.

V = Volumen de la medida en m^3 .

F = Factor de medida en m^{-3} .

4. Peso específico del agregado grueso (N.T.P. 400.021: 2002. / ASTM C 127. AGREGADO. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso).

Esta norma técnica peruana establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este método de ensayo no es aplicable para agregados ligeros.

a. Materiales.

- Peso mínimo de la muestra de ensayo que fue usado se presenta en la tabla N° 7.

Tabla N° 7. Peso mínimo de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo Kg (Lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	15 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: NTP 400.021, 2002.

b. Equipos.

- **Balanza:** Sensible a 0.5 g y con capacidad de 5000 gr o más. La balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.
- **Cesta con malla de alambre:** Con abertura correspondiente al tamiz N° 6 o abertura menor para prevenir el aire atrapado cuando se sumerge.
Depósito de agua: Un depósito estancado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- **Tamices:** Un tamiz normalizado de 4.75 (N° 4).
- **Estufa:** Una estufa capaz de mantener una temperatura de $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$.

c. Procedimiento.

- Se Secó la muestra a peso constante, a una temperatura de $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$. ventilar en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1 hr a 3 hr hasta enfriar o una temperatura que sea cómoda al tacto.
- Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de $24 \text{ hr} \pm 4 \text{ hr}$.
- Se removió la muestra del agua y se hizo rodar en un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque la superficie de las partículas todavía parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más grades.
- Se obtuvo el peso de la muestra con la condición de saturación con superficie seca.
- Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23 \text{ °C} \pm 1.7 \text{ °C}$.
- Se sacudió mientras se sumergía para remover el aire atrapado.
- Posteriormente se dejó secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ y se deja enfriar hasta la temperatura

ambiente, durante 1 h a 3 h o a una temperatura adecuada para el tacto y se pesa.

- Se anotó todos los pesos con aproximación de 0.5 gr.

d. Cálculo.

Se utilizó las siguientes fórmulas para:

Peso específico:

Peso específico de masa (P_{em})

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos;

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

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{eSSS})

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

Peso específico aparente (P_{ea})

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

Absorción (Ab)

$$Ab = \frac{A}{(A - C)} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

5. Peso específico del agregado Fino (N.T.P. 400.022 2002 / ASTM C 128. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino).

La presente norma técnica peruana establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino.

a. Material.

Aproximadamente 1000 gr de agregado fino.

b. Equipos.

- **Balanza:** sensible a 0.1% de peso medido y con capacidad de 1000 gr o más.
- **Frasco:** Frasco volumétrico de 500 cm^3 de capacidad, calibrado hasta 0.1 cm^3 a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- **Molde cónico:** Metálico de $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro en la parte superior, $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro en la parte inferior, y $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de altura.
- **Barra compactadora:** Metálica de $340 \text{ gr} \pm 15 \text{ gr}$ de peso con extremo de superficie plana circular de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.
- **Estufa:** Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

c. Procedimiento.

- Se colocó aproximadamente 1000 gr del agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a peso constante $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Se cubrió la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- Se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme.
- Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.

- Luego se colocó el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente.
- Si el agregado se derrumba al quitar el molde esto indica que ha alcanzado una condición de superficie seca.
- Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 1000 cm^3 a una temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Se dejó reposar una hora, luego se llena con agua hasta 1000 cm^3 y se determina el peso total de agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1 gr.
- Se sacó el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, se tendría a temperatura ambiente y se pesa.

d. Cálculo.

Se utilizó las siguientes fórmulas para:

Peso específico:

Peso específico de masa (P_{em})

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

P_{em} = Peso específico de masa;

W_o = Peso en el aire de la muestra secada al horno, gramos;

V = Volumen del frasco en cm^3 ;

V_a = Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida al frasco

Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)

$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

Peso específico aparente (Pea)

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

Absorción (Ab):

$$P_{em} = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación 10}$$

6. Abrasión (NTP 400.019: 2002. / ASTM C 131. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles).

Este método de ensayo es una medida de la degradación de agregados minerales resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de las muestras de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones estableciendo, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

a. Materiales.

Se consideraron una masa según la tabla N° 8.

Tabla N° 8. Gradación de las muestras de ensayo.

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, gr			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
mm (pulg)	mm (pulg)	A	B	C	D
37.5 (1 ½) 25.0 (1)	25.0 (1) 19.0 (¾)	1250 ± 25 1250 ± 25
19.0 (¾) 12.5 (½)	12.5 (½) 9.5 (¾)	1250 ± 10 1250 ± 10	2500 ± 10 2500 ± 10
9.5 (¾) 6.3 (¼) 4.75 (N° 4)	6.3 (¼) 4.75 (N° 4) 2.36 (N° 8)	2500 ± 10 2500 ± 10 5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019, 2002

b. Equipos.

- **Máquina de los ángeles:** Máquina impulsada y equilibrada como para mantener una velocidad periférica uniforme
- **Tamices:** Tamiz N° 12.
- **Balanza:** Una balanza con exactitud al 0.1% de la carga de ensayo.
- **Carga:** La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46.8 mm de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 gr y 445 gr. La carga, será como sigue:

Tabla N° 9. Cargas.

Gradación	Numero de esferas	Masa de la carga (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 10
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTP 400.019, 2002

c. Procedimiento.

- Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Luego del número prescrito de revoluciones, se descargó el material de la máquina y se realizó una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado 1.70 mm (N° 12).
- Se tamizó la porción más fina que 1.70 mm, se lavó la muestra separada y determinó la masa con una aproximación a 1 gramo.

d. Cálculo.

Se calculó la pérdida (diferencia entre la masa inicial y la final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo.

7. Especificaciones para agregados en hormigón (N.T.P. 400.037: 2002. / ASTM C 33: 1999. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).

La presente norma técnica peruana establece los requisitos de gradación (granulometría) y calidad de los agregados fino y grueso para uso en hormigón (concreto) de peso normal.

a. Requisitos obligatorios.

La granulometría del agregado grueso, será determinada de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.012 y deberá cumplir con la gradación de las siguientes tablas:

Tabla N° 10. Requisitos granulométricos para agregado grueso.

HUSO	Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
		100 mm (4")	90 mm (3 1/2")	75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 mm a 25 mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 mm a 4.75 mm (2" a N°4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 mm a 19 mm (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2" a N°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	25 mm a 12.5 mm (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	25 mm a 4.75 mm (1" a N°4)						100	95 a 100		25 a 65		0 a 10	0 a 5	
6	19 mm a 9.5 mm (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19 mm a 4.75 mm (3/4" a N°4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2" a N°4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 mm a 2.38 mm (3/8" a N°8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037, 2002

Tabla N° 11. Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 pulg)	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 μm (N°30)	25 a 60
300 μm (N°50)	05 a 30
150 μm (N°100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037, 2002

NOTAS:

- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las características de gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.
- El módulo de fineza recomendable estará entre 2.3 y 3.1

Resistencia mecánica: La resistencia mecánica del agregado de acuerdo a la NTP 400.020 y la NTP 400.038 será tal que los valores no excedan a los de la Tabla N° 12

Tabla N° 12. Resistencia mecánica de los agregados.

Método	No mayor que (%)
Abrasión (método de los ángeles)	50

Fuente: NTP 400.037, 2002

B. Diseño de mezclas patrón de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, usando el método ACI 211.

Definidas las propiedades de los agregados, se procedió a realizar el diseño de mezclas patrón de resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

a. Procedimiento de diseño.

1. Las especificaciones son:

- Resistencia requerida a los 28 días: $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
- Cemento: Pacasmayo Tipo I.
- Consistencia: Plástica (Asentamiento 3” – 4”).
- Sin aire incorporado.

2. Selección de resistencia promedio: Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores.

Tabla N° 13. Resistencia a la compresión promedio.

$f'c$	$f'cr$	$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$f'cr \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
Menos de 210	$f'c + 70$	175	$175+70=245$
210 – 350	$f'c + 84$	210	$210+84=294$
>350	$f'c + 96$	350	$350+96=448$

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

3. Selección del tamaño máximo nominal de agregados: Se determinó mediante ensayos de granulometría.

4. Selección del asentamiento (slump): se seleccionó el asentamiento por el tipo de consistencia del concreto mediante la siguiente tabla.

Tabla N° 14. Asentamiento por el tipo de consistencia del concreto.

Consistencia del Concreto	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0” a 2”	Poca
Plástica	3” a 4”	Buena
Húmeda	≥ 5 ”	Poco

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

5. Selección del volumen unitario de agua: Se determinó el contenido de agua en función del slump requerido y el tamaño máximo nominal del agregado, considerando concreto sin aire incluido.

Tabla N° 15. Volumen de agua por m^2 .

Asentamiento	Agua en lt/m , para TMN agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

6. **Selección de contenido de aire:** se determinó el porcentaje de aire atrapado en función del tamaño máximo nominal.

Tabla N° 16. Contenido de Aire Atrapado.

TMN del agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

7. **Selección de la relación agua / cemento:** El ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua / cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera.

Tabla N° 17. Relación agua/cemento por resistencia del concreto.

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg / cm^2) $f'cr$	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

8. **Determinación del factor cemento:** se determinó el factor cemento que resulta de la división del volumen unitario de agua con la relación agua/cemento.
9. **Determinación del agregado grueso:** se determinó en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino.

Tabla N° 18. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño Máximo Nominal	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen			
	Del concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino			
Del Agregado	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.46	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.75	0.73	0.71	0.69
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.82	0.80	0.78	0.76
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

Para determinar el contenido de agregado grueso, se multiplica el valor encontrado en la tabla con el peso seco compactado del agregado grueso.

- 10. Volumen absoluto:** Se determinó la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso; encontrados anteriormente.
- 11. Volumen absoluto del agregado fino:** Se determinó el volumen absoluto del agregado fino, restándole a 1 la suma de los volúmenes absolutos (cemento, agua, aire y agregado grueso).
- 12. Peso seco del agregado fino:** Se determinó multiplicando su volumen absoluto con el peso específico de la masa del agregado fino.
- 13. Valores de diseño en laboratorio:** Se determinaron los valores de diseño del cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.
- 14. Corrección por humedad de los agregados:** Se corrigió el diseño por el contenido de humedad de los agregados.
- 15. Valores de diseño al pie de obra:** Se determinaron las proporciones en peso, de diseño de obra.

Teniendo en cuenta el método de comité ACI 211 y realizando las mezclas de prueba se pudo conseguir un diseño de mezclas patrón de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

C. Elaboración de muestras para ensayo.

1. Elaboración y curado de muestras (N.T.P. 339.183:2003/ ASTM C 192:2000) HORMIGÓN (CONCRETO). Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio).

a. Equipos.

- **Moldes cilíndricos:** Los moldes para vaciar especímenes verticalmente cumplen con los requisitos de la NTP 339.209.
- **Varilla de compactación larga:** 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y aproximadamente 600 mm (24 pulg) de largo.
- **Vibrador externo:** Vibrador de mesa.
- **Herramientas pequeñas y de acabado:** Pala, espátula, planchas, cucharón.
- **Recipiente de muestreo y mezclado:** de fondo plano, metal grueso, impermeable, de profundidad conveniente y de suficiente capacidad para permitir un mezclado fácil de la tanda completa con un cucharón o lampa.
- **Balanza:** con exactitud de 0.3% de la carga de prueba.
- **Mezcladora de hormigón (concreto)**

b. Especímenes.

- **Especímenes cilíndricos:** Estos son de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura.
- **Numero de especímenes:** se elaboraron tres (3) especímenes por cada día (7 días, 14 días, 28 días) por cada variable.

c. Procedimiento.

- Se preparó los materiales de ensayo (agregado fino, agregado grueso, cemento, agua, ceniza).
- Previo al inicio de rotación de la mezcladora, se añadió el agregado grueso, una parte del agua de mezcla, luego se adicionó el agregado fino,

el cemento y el resto de agua con la mezcladora en funcionamiento por unos 3 minutos seguido por 3 minutos de reposo y 2 minutos finales de mezclado.

- Se colocó el hormigón en los moldes en tres (3) capas de aproximadamente igual volumen; varillando cada capa con 25 golpes distribuyendo cada golpe uniformemente sobre la sección del molde y para la sección cada capa superior permita que la varilla penetre a través de la capa que está siendo varillada dentro de la capa inferior. Después de que cada capa es varillada, golpear los lados del molde suavemente de 10 a 15 veces
- Luego se aplicó vibración por 10 segundos enrasar la superficie del concreto emparejándolo con una plancha.
- Se colocó en un lugar plano y se cubrió con bolsas.
- Se desmoldó los especímenes después de 24 horas \pm 8 horas después del vaciado.
- Todos los especímenes se sumergieron en un tanque de almacenamiento según la norma NTP 339.183.

D. Ensayo de resistencia a la compresión (N.T.P. 334.034: 2008 / ASTM C 39/ C 39M-05e1) HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas)

a. Equipos

- Máquina de ensayo.

b. Materiales.

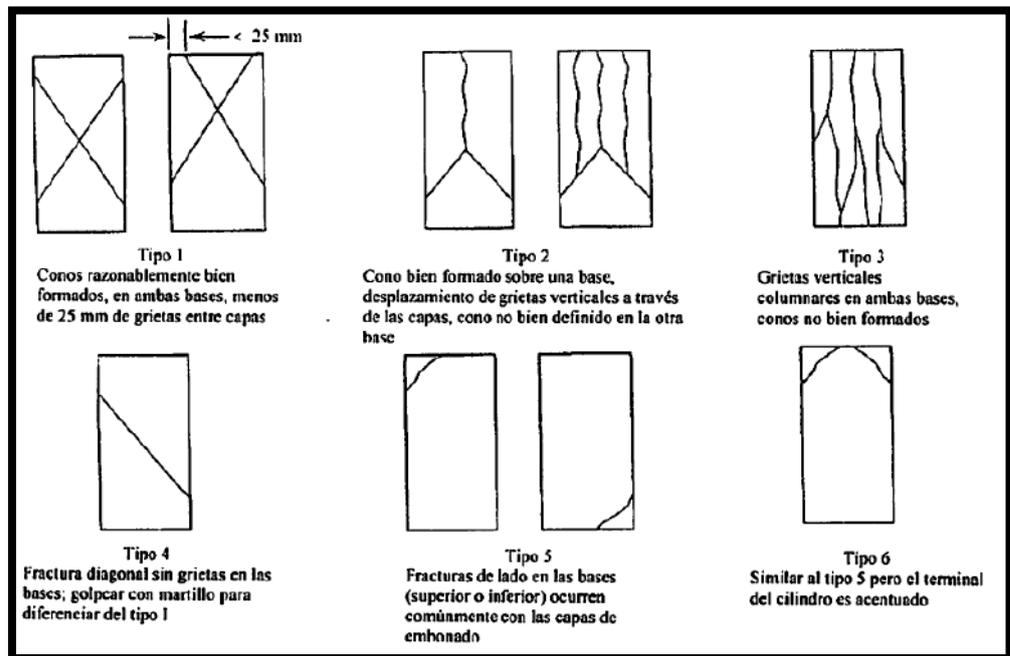
- Testigos de concreto.

c. Procedimiento.

- Los testigos se retiraron de la poza de curado para ser ensayados; los especímenes se ensayaron en la maquina a compresión axial a la edad de 7 días, 28 días y 90 días en condición húmeda, para tener un mejor control de la resistencia a la compresión.

- Se identificaron y ensayaron; aplicando una carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0.25 \pm 0.05 \text{ Mpa/s}$ ($2.5 \pm 0.5 \text{ Kg/cm}^2/\text{s}$) y se mide la deformación unitaria
- Se anotaron la carga última máxima.
- Luego se identificaron el tipo de fractura según la NTP 339.034.

Figura N° 2. Esquema de los patrones de tipos de fracturas.



Fuente: N.T.P. 339.034, 2008.

d. Cálculo.

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

σ = La resistencia a la compresión en Kg/cm^2 .

P_{max} = La carga última de rotura.

A = Área de la sección ensayada.

E. Ceniza de bagazo de caña de azúcar

a. Obtención del bagazo de caña de azúcar.

Se realizó en la vivienda del señor Plasencia donde procesa la caña de azúcar, ubicada en el caserío “El guayabo – Contumazá” del Distrito de Magdalena, lugar donde se procesa la caña de azúcar para la elaboración de aguardiente de caña como se muestra a continuación.

Toma fotográfica N° 1. Molino de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 2. Almacenamiento del bagazo de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

b. Obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Secado

Se secó el material mediante el sol.

Toma fotográfica N° 3. Bagazo de caña de azúcar seco.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Calcinación

Se calcinó a una temperatura entre $350 - 400 \text{ }^\circ\text{C}$ en un tiempo de 5 horas.

Toma fotográfica N° 4. Horno de calcinación.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 5. Proceso de calcinación.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 6. Termómetro de dial.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Ceniza

Resultado de la calcinación en el horno.

Toma fotográfica N° 7. Ceniza de bagazo de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Molienda

Molienda mediante un molino manual.

Toma fotográfica N° 8. Molienda de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 9. Tamizado de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados correspondientes a los ensayos realizados en el laboratorio de tecnología del concreto para el agregado grueso, agregado fino, así como también los resultados del concreto en estado endurecido.

Los formatos de los ensayos realizados en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca, se muestran en el ANEXO N°3

A. Resultados de las características físico – mecánicas de los agregados de la cantera roca fuerte.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los agregados, según especificaciones de la norma NTP 400.037.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400. 012 / ASTM C-136)

En la tabla 20 y 24 se muestran los resultados corregidos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino y el agregado grueso respectivamente, los cuales serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

1. Agregado grueso

Tabla N° 19. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso.

Peso inicial (gr):		5001.3		
Tamiz o Malla		Peso retenido (gr)	Error (gr)	Error (%)
Abertura (mm)	N°			
37.50	1 1/2"	-	4.10	0.08
25.00	1"	582.10		
19.00	3/4"	2414.80		
12.50	1/2"	1923.80		
9.50	3/8"	72.30		
4.75	4	4.20		
Cazoleta		0.00		
Total		4997.20		

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Masa inicial = 5001.3 gr.

Masa Final = 4997.2 gr.

Se obtuvo un error de 4.10 gramos lo que corresponde a un 0.08%

$$\text{Error} = \frac{5001.3 - 4997.2}{5001.3} * 100 = 0.08\%$$

Como se obtuvo un error en el agregado grueso se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual a:

$$\text{Corrección} = \frac{\text{Error en gramos}}{\text{Número de tamices donde se retuvo masa}}$$

Tabla N° 20. Resultados corregidos del análisis granulométrico de agregado grueso.

Tamiz o Malla		Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
Abertura (mm)	N°				
37.50	1 1/2"	0	0.00%	0.00%	100.00%
25.00	1"	582.92	11.66%	11.66%	88.34%
19.00	3/4"	2415.62	48.30%	59.96%	40.04%
12.50	1/2"	1924.62	38.48%	98.44%	1.56%
9.50	3/8"	73.12	1.46%	99.90%	0.10%
4.75	4	5.02	0.10%	100.00%	0.00%
Total		5001.30			

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tamaño Máximo (TM): 1 1/2"

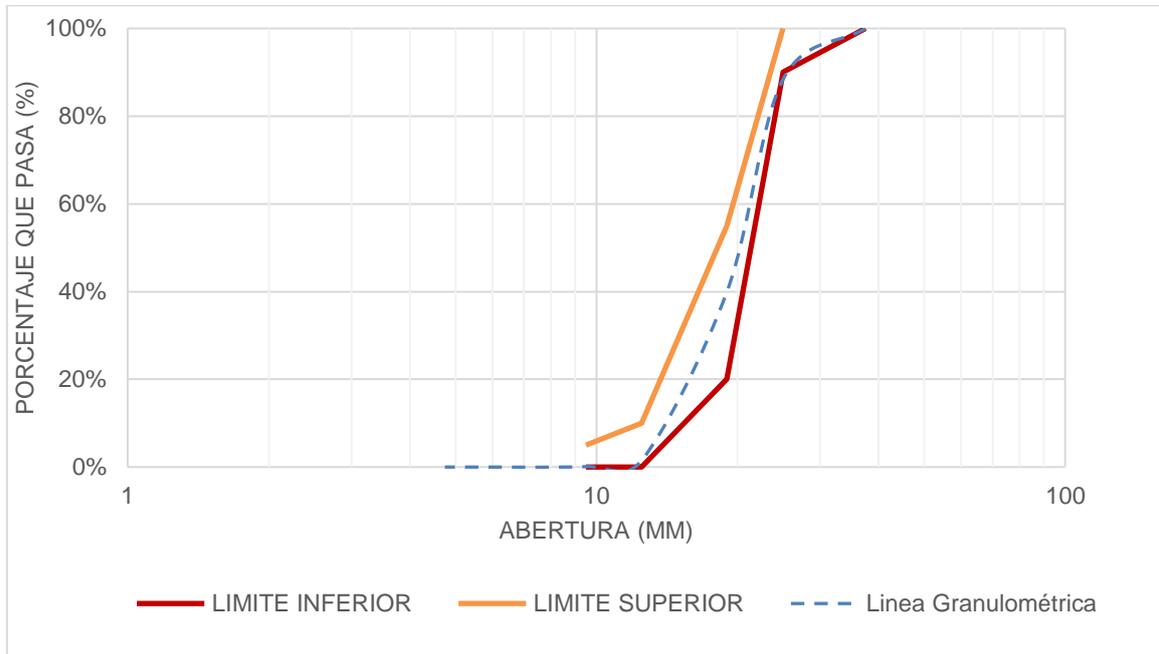
Tamaño Máximo Nominal: 1

Tabla N° 21. Análisis granulométrico del agregado grueso huso 5.

TAMIZ		% que pasa		
37.5	1 1/2	100%	a	100%
25.0	1	90%	a	100%
19.0	3/4	20%	a	55%
12.5	1/2	0%	a	10%
9.5	3/8	0%	a	5%

Fuente: N.T.P. 330.037, 2008

Gráfica N° 1. Curva granulométrica del agregado grueso (Huso 5).



Fuente: Elaboración propia, 2015.

2. Agregado fino.

Tabla N° 22. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino.

Peso inicial (gr):		2000		
Tamiz o Malla		Peso Retenido (gr)	ERROR (gr)	ERROR (%)
Abertura (mm)	N°			
9.500	3/8	0.00	1.4	0.13
4.750	4	54.90		
2.360	8	199.20		
1.180	16	147.70		
0.600	30	191.9		
0.300	50	252.90		
0.150	100	165.00		
0.075	200	0.00		
Cazoleta		56.00		
TOTAL		1067.6		

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Masa inicial = 2000.0 gr.

Masa final = 1991.1 gr.

Se obtuvo un error de 8.90 gramos lo que corresponde a un 0.45 %

$$\text{Error} = \frac{2000 - 1991.1}{2000} * 100 = 0.45\%$$

Como se obtuvo un error en el agregado grueso se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual a:

$$\text{Corrección} = \frac{\text{Error en gramos}}{\text{Número de tamices donde se retubo masa}}$$

Tabla N° 23. Resultados corregidos del análisis granulométrico de agregado fino.

Peso inicial (gr):		2000			
Tamiz o Malla		Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
Abertura (mm)	N°				
9.500	3/8	0.00	0.00%	0.00%	100.0%
4.750	4	55.10	5.15%	5.15%	94.85%
2.360	8	199.40	18.65%	23.81%	76.19%
1.180	16	147.90	13.84%	37.64%	62.36%
0.600	30	192.10	17.97%	55.61%	44.39%
0.300	50	253.10	23.68%	79.29%	20.71%
0.150	100	165.20	15.45%	94.74%	5.26%
0.075	200	0.00	0.00%	94.74%	5.26%
Cazoleta		56.20	5.26%	100.00%	0.00%
TOTAL		1069.00			

Fuente: Elaboración propia, 2015.

$$\text{Módulo de Finura (MF)} = \frac{\text{Tamiz No.}(4+8+16+30+50+100)}{100}$$

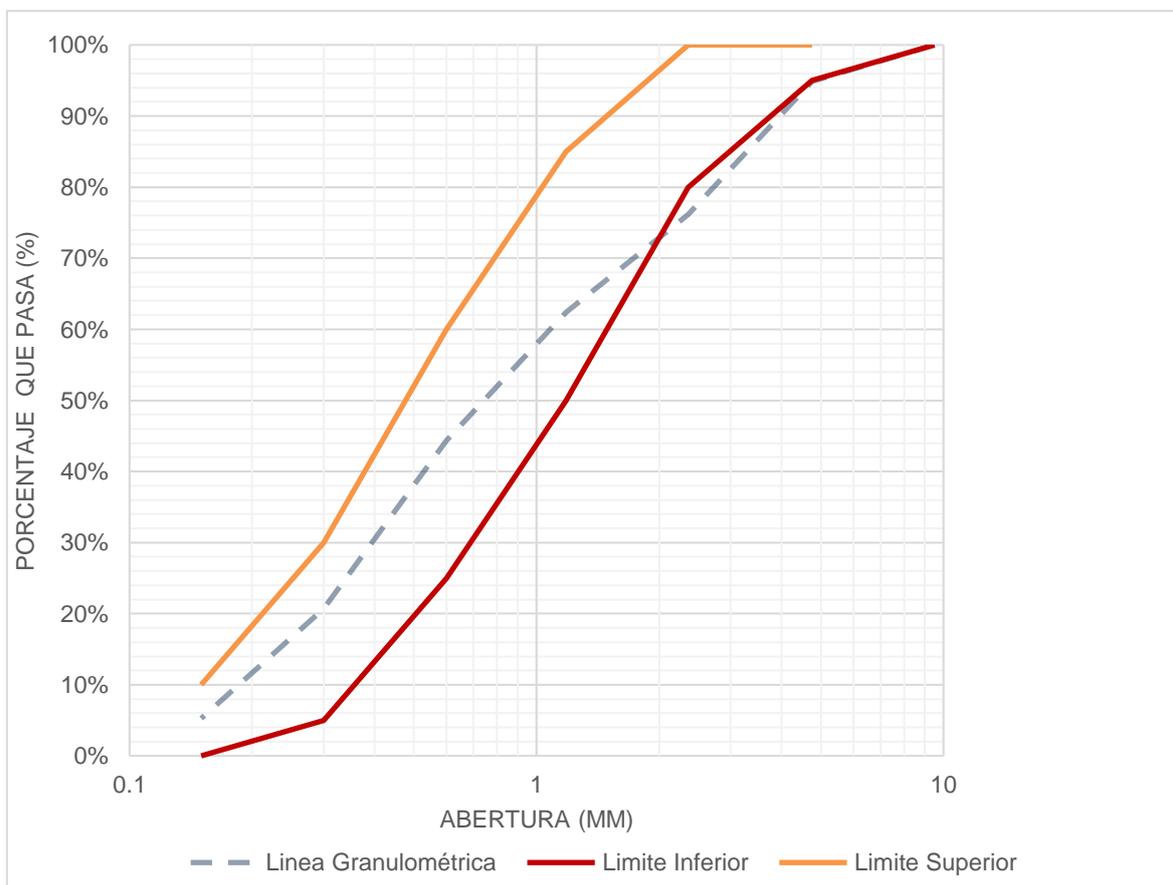
$$\text{MF} = \frac{5.15 + 23.81 + 37.64 + 55.61 + 79.29 + 94.74}{100} = 2.96$$

Tabla N° 24. Análisis granulométrico del agregado fino.

TAMIZ		% que pasa	
9.5	3/8	100%	100%
4.75	4	95%	100%
2.36	8	80%	100%
1.18	16	50%	85%
0.6	30	25%	60%
0.3	50	5%	30%
0.15	100	0%	10%

Fuente: NTP 339.037

Gráfica N° 2. Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 / ASTM C-566)

En la tabla 25 y 26 muestras los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio del agregado fino y del agregado grueso respectivamente, que serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

1. Agregado fino

Tabla N° 25. Resultados del contenido de humedad del agregado fino.

Contenido de humedad					
MUESTRA N°		1	2	3	4
RECIPIENTE N°		M-1	M-2	M-3	M-4
Pr + Ph (gr)	A	727.6	648.1	728.6	709.5
Pr + Ps (gr)	B	663.4	577.7	660.3	652.2
Pr (gr)	C	85.1	72.8	92.5	39.5
Ph (gr)	$W = A - C$	642.5	575.3	636.1	670
Ps (gr)	$D = B - C$	578.3	504.9	567.8	612.7
humedad (%)	$((W - D) / D) * 100$	11.10%	13.94%	12.03%	13.94%
PROMEDIO		12.75%			

Fuente: Elaboración propia, 2015

2. Agregado grueso

Tabla N° 26. Resultados del contenido de humedad del agregado grueso.

Contenido de humedad					
MUESTRA N°		1	2	3	4
RECIPIENTE N°		M-1	M-2	M-3	M-4
Pr + Ph (gr)	A	1564	1299.5	1268.5	1395.6
Pr + Ps (gr)	B	1562.4	1298.2	1267.2	1394.4
Pr (gr)	C	92.8	69.5	74.2	84.3
Ph (gr)	$D = A - C$	1471.2	1230	1194.3	1311.3
Ps (gr)	$W = B - C$	1469.6	1228.7	1193	1310.1
humedad (%)	$((W - D) / D) * 100$	0.11%	0.11%	0.11%	0.09%
PROMEDIO		0.10%			

Fuente: Elaboración propia, 2015

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.021 / ASTM C-128)

En la tabla 27 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de peso específico del agregado fino.

Tabla N° 27. Resultados del peso específico del agregado fino.

Peso específico de agregado fino		
Peso de muestra preparada (gr).		500
Volumen de frasco volumétrico (cm ³).	V	1000
Peso del frasco volumétrico (gr).		292.4
Peso del frasco volumétrico con agua hasta los 1000 cm ³ (gr).		1288.8
Peso del frasco volumétrico + muestra preparada (gr).		792.4
Peso en gramos o volumen en cm ³ de agua añadida al frasco (gr).	Va	804.2
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).	Wo	486.7
Peso específico de masa (Pem) (Kg/m ³).	$(Wo/(V-Va)) \times 1000$	2485.70
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss) (Kg/m ³).	$500/(V-Va) \times 1000$	2553.63
Peso específico aparente (Pea) (Kg/m ³).	$((Wo)/(V-Va) - (500-Wo)) \times 1000$	2666.85
Absorción (%)	$(500-Wo)/(Wo)$	2.73%

Fuente: Elaboración propia, 2015

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021 / ASTM C-128)

En la tabla 27 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de peso específico del agregado grueso.

Tabla N° 28. Resultados del peso específico del agregado grueso.

Peso específico de Agregado Grueso		
Agregado saturado Superficialmente Seco + tara (gr.)		3160.7
Agregado Seco + Tara (gr).		3108
Peso de la Tara (gr).		160.3
Agregado Saturado Superficialmente Seco (gr).	B	3000.4
Agregado Seco (gr).	A	2947.7
Agregado + canastilla Sumergida (gr).		3382.1
Peso Canastilla Sumergida (gr).		1579.2
Agregado Saturado Sumergido (gr).	C	1802.9
Temperatura del Agua (°C).		18.1
Peso Específico Aparente (Kg/m ³).	$(A/(A-C)) * 1000$	2574.86
Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca (Kg/m ³).	$(B/(B-C)) * 1000$	2505.55
Peso Específico de Masa (Kg/m ³).	$(A/(B-C)) * 1000$	2461.54
Absorción (%)	$((B-A) / A) * 100$	1.79%

Fuente: Elaboración propia, 2015

A continuación, en la tabla 29 se muestra un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos hecho en laboratorio.

Tabla N° 29. Resultados de las características físico – mecánicas del agregado grueso de la cantera roca fuerte.

ENSAYO	N.T.P.	VALOR	UNIDAD	Especificaciones de la NTP 400.037	OBSERVACIÓN
Módulo de finura.	400.012		-		
Contenido de humedad.	339.185	0.10%	%		
Peso específico de masa.	400.021	2461.54	Kg/m ³		
Peso específico de masa saturada con superficie seca.	400.021	2505.55	Kg/m ³		
Peso específico aparente.	400.021	2574.86	Kg/m ³		
Abrasión	400.019	32.36	%	No mayor que 50%	
Absorción.	400.021	1.79	%		
Peso unitario suelto seco.	400.017	1462.31	Kg/m ³		
Peso unitario compactado seco.	400.017	1548.01	Kg/m ³		

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 30. Resultados de las características físico – mecánico del agregado fino de la cantera roca fuerte.

ENSAYO	N.T.P.	VALOR	UNIDAD	Especificaciones de la NTP 400.037	OBSERVACIÓN
Módulo de finura.	400.021	2.96	-	Entre 2.3 - 3.1	CUMPLE
Contenido de humedad.	339.185	12.75%	%		
Peso específico de masa.	400.022	2485.70	Kg/m ³		
Peso específico de masa saturada con superficie seca.	400.022	2553.63	Kg/m ³		
Peso específico aparente.	400.022	2666.85	gr/m ³		
Absorción.	40..022	2.73	%		
Peso unitario suelto seco.	400.017	1450.79	Kg/m ³		
Peso unitario compactado seco.	400.017	1672.91	Kg/m ³		

Fuente: Elaboración propia, 2015.

B. Resultados de diseño de mezclas

Se elaboró un diseño de mezclas de concreto patrón de 210 Kg/cm^2 por el método de diseño de comité ACI 211 y obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N° 31. Valores de diseño en laboratorio.

Agua	=	193.0 lts/m ³
Aire	=	1.5%
Cemento	=	344.64 Kg/m ³
Ag. fino seco	=	722.72 Kg/m ³
Ag. grueso seco	=	1012.01 Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 32. Valores de diseño al pie de obra (corregido por humedad).

Cemento	=	344.64 Kg/m ³
Ag. fino húmedo	=	723.64 Kg/m ³
Ag. grueso húmedo	=	1012.02 Kg/m ³
Agua efectiva	=	137.69 Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Se realizó el cálculo la cantidad de materiales para 9 probetas más 10% de desperdicio y las adiciones

Tabla N° 33. Cantidad de materiales para mezcla de prueba.

Cemento	=	344.6 Kg/m ³	x	0.053 m ³	=	18.30 Kg/tanda
Ag. fino húmedo	=	724.0 Kg/m ³	x	0.053 m ³	=	38.40 Kg/tanda
Ag. grueso húmedo	=	1012.0 Kg/m ³	x	0.053 m ³	=	53.70 Kg/tanda
Agua efectiva	=	137.7 lts/m ³	x	0.053 m ³	=	7.30 Lts/tanda

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 34. Cantidad de ceniza para cada porcentaje.

CENIZA	8%	10%	12%
	1.46 Kg/tanda	1.83 Kg/tanda	2.19 Kg/tanda

Fuente: Elaboración propia, 2015.

C. Resultados del concreto endurecido y tipos de fractura de cada espécimen.

- a. **Resistencia a la compresión del concreto:** A continuación, se presentan los resultados de los ensayos a compresión de los especímenes ensayados los cuales fueron ensayados a los 7 días, 14 días y 28 días, para tener un mejor control de la resistencia a la compresión.

Los resultados obtenidos de los ensayos a compresión para adiciones de 0% 8%, 10% y 12% para diferentes edades (7, 14 y 28 días) se muestran en las tablas 35, 36, 37 y 38 donde se puede apreciar que los valores de la resistencia a compresión van incrementando.

Realizando la comparación de los resultados obtenidos con la incorporación de 8%, 10% y 12% para las tres edades (7, 14 y 28 días) de concreto ensayadas, los resultados promedios se muestran en las gráficas 4, 5 y 6, donde puede observar que para una incorporación de 8% y para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo 150.86 Kg/cm^2 , 207.66 Kg/cm^2 , 245.18 Kg/cm^2 , para una incorporación de 10% y para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo 152.27 Kg/cm^2 , 209.21 Kg/cm^2 , 245.31 Kg/cm^2 y para una incorporación de 12% y para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo 149.76 Kg/cm^2 , 207.19 Kg/cm^2 , 242.43 Kg/cm^2 .

Tabla N° 35. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP).

Espécimen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión de diseño (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (%)	Resistencia a la compresión mínima* (%)	(%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)									
PP-01	0	15.50	29.96	7	188.69	26225	138.98	139.35	210	66.36	65	1.36
PP-02	0	15.49	29.96	7	188.45	26395	140.06					
PP-03	0	15.49	29.97	7	188.45	26198	139.02					
PP-04	0	14.91	29.86	14	174.60	33867	193.97	191.75	210	91.31	90	1.31
PP-05	0	14.96	29.86	14	175.77	33593	191.12					
PP-06	0	14.93	29.96	14	175.07	33289	190.15					
PP-07	0	14.96	29.86	28	175.77	36784	209.27	209.66	210	99.84	100	0.84
PP-08	0	15.01	29.96	28	176.95	37179	210.11					
PP-09	0	14.97	29.96	28	176.01	36894	209.61					

*(Ministerio de Fomento, 1999)

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla N° 36. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con adición al 8% (PA-8%).

Especímen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión patrón (Kg/cm ²)	Aumento de resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)							
PA-01	8	15.48	29.95	7	188	28660	152	150.86	139.35	8.26%
PA-02	8	15.46	29.97	7	188	28164	150			
PA-03	8	15.47	29.98	7	188	28244	150			
PA-04	8	15.46	29.88	14	188	38598	206	207.66	191.75	8.30%
PA-05	8	15.11	29.87	14	179	38316	214			
PA-06	8	15.44	29.98	14	187	38134	204			
PA-07	8	14.92	29.86	28	175	42811	245	245.18	209.66	16.94%
PA-08	8	15.00	29.98	28	177	42985	243			
PA-09	8	14.95	29.97	28	176	43433	247			

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla N° 37. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con adición al 10% (PA-10%).

Espécimen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión patrón (Kg/cm ²)	Aumento de resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)							
PA-01	10	14.99	29.98	7	176.48	27014	153.07	152.27	139.35	9.27%
PA-02	10	14.98	29.96	7	176.24	26598	150.92			
PA-03	10	14.98	29.96	7	176.24	26935	152.83			
PA-04	10	15.51	29.87	14	188.94	38786	205.29	209.21	191.75	9.11%
PA-05	10	15.14	29.88	14	180.03	38881	215.97			
PA-06	10	15.49	29.97	14	188.45	38891	206.37			
PA-07	10	15.48	29.87	28	188.21	44388	235.85	245.31	209.66	17.00%
PA-08	10	15.46	29.96	28	187.72	49263	262.43			
PA-09	10	15.44	29.97	28	187.23	44497	237.65			

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla N° 38. Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con adición al 12% (PA-12%).

Especímen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión patrón (Kg/cm ²)	Aumento de resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)							
PA-01	12	14.90	29.96	7	174.37	26284	150.74	149.76	139.35	7.47%
PA-02	12	15.47	29.97	7	187.96	27219	144.81			
PA-03	12	14.93	29.96	7	175.07	26914	153.73			
PA-04	12	15.48	29.87	14	188.21	37844	201.08	207.19	191.75	8.05%
PA-05	12	14.67	29.86	14	169.02	37961	224.59			
PA-06	12	15.50	29.97	14	188.69	36964	195.90			
PA-07	12	15.49	29.88	28	188.45	45340	240.60	242.43	209.66	15.63%
PA-08	12	15.48	29.98	28	188.21	46379	246.43			
PA-09	12	15.50	29.96	28	188.69	45336	240.26			

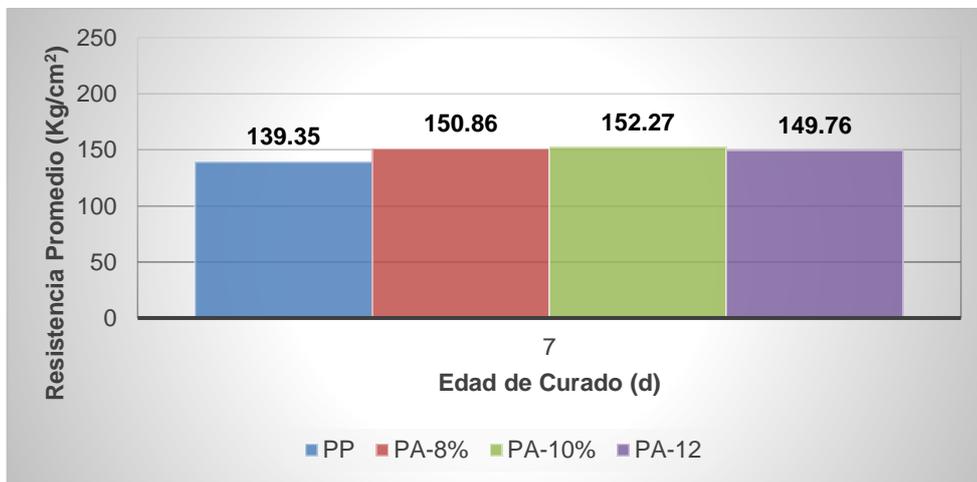
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla N° 39. Resumen de resultados de la resistencia a compresión.

% Adición	Resistencia promedio a la compresión (Kg/cm ²)		
	7	14	28
PP	139.35	191.75	209.66
PA-8%	150.86	207.66	245.18
PA-10%	152.27	209.21	245.31
PA-12	149.76	207.19	242.43

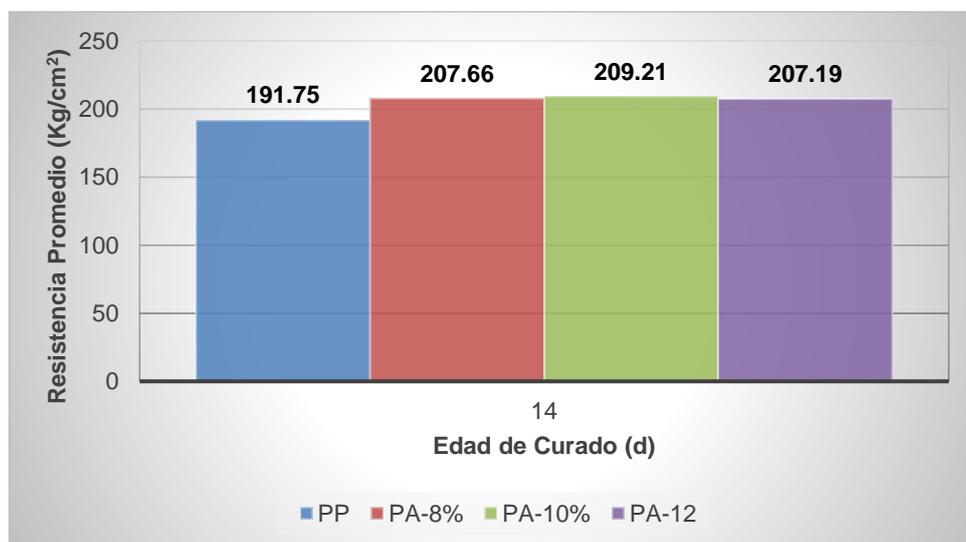
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica N° 3. Comparación de la resistencia a los 7 días de curado.



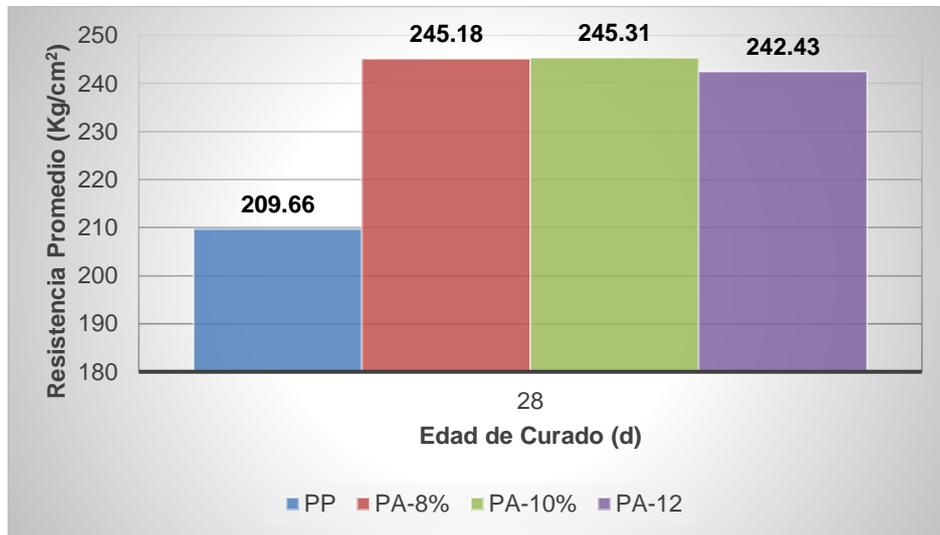
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica N° 4. Comparación de la resistencia a los 14 días de curado.



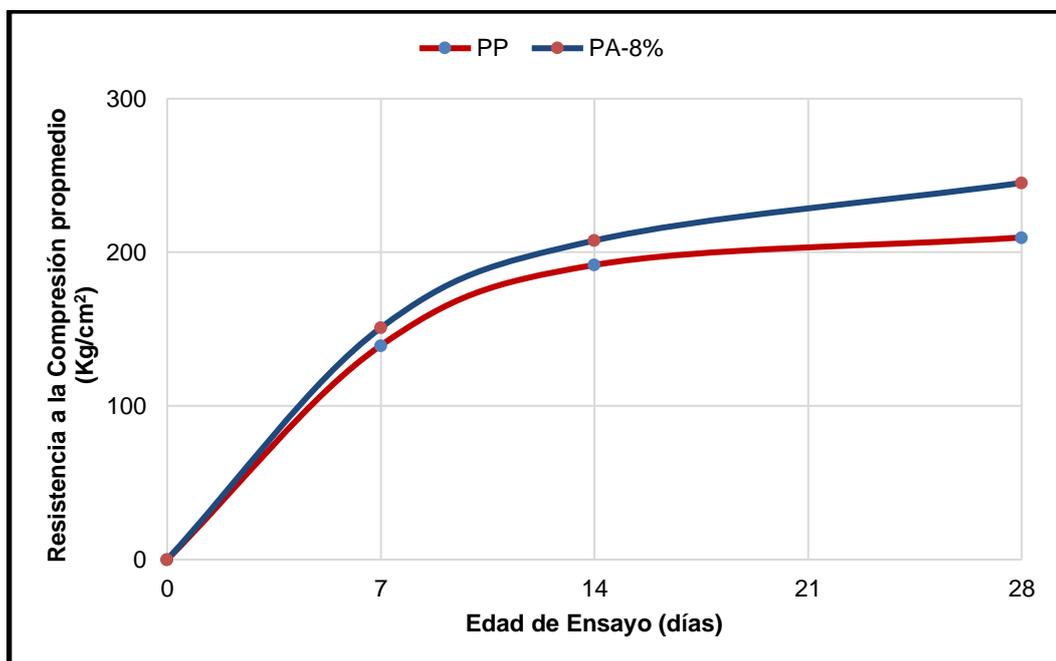
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica N° 5. Comparación de la resistencia a los 28 días de curado.



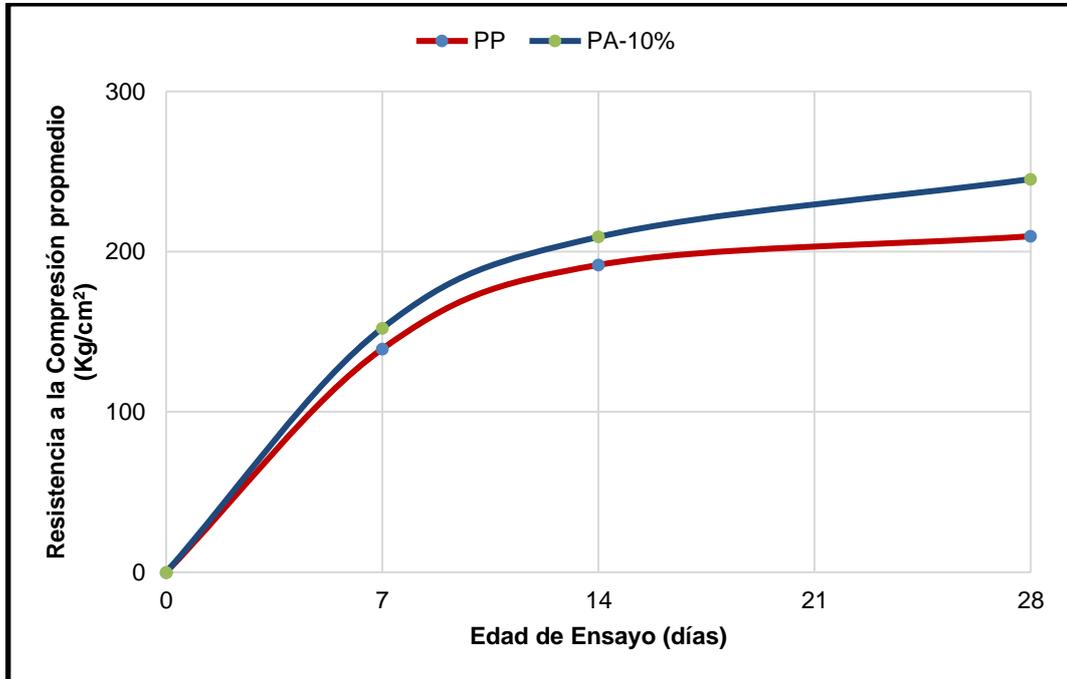
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica N° 6. Resistencia a la compresión versus tiempo de curado, adición al 8% con ceniza de bagazo de caña.



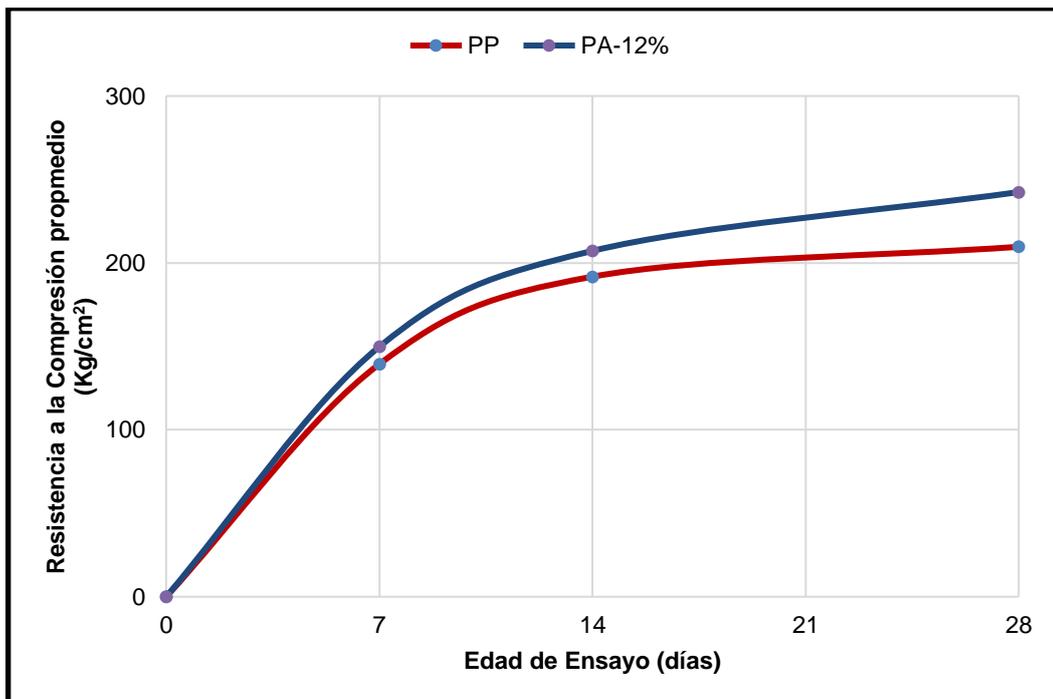
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica N° 7. Resistencia a la compresión versus tiempo, adición al 10% con ceniza de bagazo de caña.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica N° 8. Resistencia a la compresión versus tiempo, adición al 12% con ceniza de bagazo de caña.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

- b. Tipos de fractura:** Las fracturas presentadas en cada espécimen se identificaron con el esquema de patrones de tipos de fracturas según N.T.P. 339.034 / ASTM C-39

Fractura tipo 5: Fractura de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.

Toma fotográfica N° 10. Fractura presentada en el diseño patrón (PP).



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 11. Fractura presentada en el diseño adicionado (PA-08%).



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 12. Fractura presentada en el diseño adicionado (PA-10%).



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Toma fotográfica N° 13. Fractura presentada en el diseño adicionado (PA-12%).



Fuente: Elaboración propia, 2016.

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

- Se analizaron los resultados obtenidos de las características físico – mecánicas de los agregados, asimismo, los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión de los especímenes elaborados.
- Resultados obtenidos de las propiedades físico – mecánicas de los agregados de la cantera Roca fuerte:
 - Al realizar el análisis de las propiedades físico – mecánicas de los agregados de la cantera Roca fuerte, se obtiene de la norma N.T.P. 400.037/ASTM C33, que estos están dentro de lo aceptable, teniendo el agregado fino las siguientes propiedades: un módulo de finura de 2.96, un contenido de humedad de 12.75%, peso específico de masa de 2485.70 Kg/m^3 , peso específico de masa saturada con superficie seca de 2553.63 Kg/m^3 , peso específico aparente de 2666.85 Kg/m^3 , absorción de 2.73%, peso unitario suelto seco de 1450.79 Kg/m^3 , peso unitario compactado seco de 1672.91 Kg/m^3 . El agregado grueso tiene las siguientes propiedades: contenido de humedad de 0.10%, peso específico de masa de 2461.54 Kg/m^3 , peso específico de masa saturada con superficie seca de 2505.55 Kg/m^3 , peso específico aparente de 2574.86 Kg/m^3 , absorción de 1.79%, abrasión de 32.36% peso unitario suelto seco de 1462.31 Kg/m^3 , peso unitario compactado seco de 1548.01 Kg/m^3 .
 - Al realizar el análisis granulométrico del agregado grueso están comprendidos en el huso granulométrico #5, con el cual se diseñó el concreto de resistencia $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

- Discusión de resultados de la resistencia del concreto en estado endurecido:
 - Con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar de 8%, 10% y 12%, se ha logrado determinar que la hipótesis cumple parcialmente, ya que la resistencia a compresión es superior al 15% en cada porcentaje adicionado (8%, 10% y 12%) a los 28 días de edad.
 - Los resultados promedio de la resistencia a compresión se pueden observar en la tabla N° 39 y en la gráfica N° 7, 8 y 9, en las cuales se observa que las adiciones de CBCA (8%, 10% y 12%) a los 7 días son muy similares, pero evolucionan a las edades de 14 y 28 días, obteniendo los rangos de mejor comportamiento a la resistencia a compresión entre 8% y 10%.
 - Según la tesis de Juárez (2012), mencionado y referenciado en los antecedentes, indica que obtuvo resultados positivos al incorporar 20% de ceniza de cáscara de arroz al concreto incrementado su resistencia en un 8.82% a los 28 días con respecto a la probeta base. Comparado con los resultados obtenidos en la adición de diferentes porcentajes de CBCA se puede concluir que estos materiales agroindustriales tienen efectos positivos en la resistencia del concreto, obteniéndose en la presente investigación que con 10% de adición a los 28 días de ensayo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio es de 245.31 Kg/cm^2 .
 - Según la tesis de Ma-Tay (2014), mencionado y referenciado en los antecedentes, indica que la ceniza de bagazo de caña de azúcar obtenida de hornos de plantas agroindustriales al ser sustituido por el cemento tiene incrementos en la resistencia menores o iguales al 15% con una adición de CBCA del 25%. Comparado con los resultados obtenidos se puede concluir que al tener una quema controlada se puede mejorar las características de la ceniza incrementando la resistencia iguales o menores a 17% con adiciones menores al 10%.

- Según la tesis Martínez (2012), mencionado y referenciado en los antecedentes indica que la ceniza de cáscara de arroz obtenida de hornos de quemado de plantas agroindustriales de la zona que en adiciones al cemento de 10% de CCA obtiene 27% de incremento de la resistencia. Comparado con los resultados obtenidos en la adición de diferentes porcentajes de CBCA se puede concluir que el al mejorar las características de la ceniza del material agroindustrial se obtiene mejores efectos en la resistencia del concreto.
- Según la tesis de Rodríguez (2016), mencionado y referenciado en los antecedentes indica que la ceniza de bagazo de caña azúcar obtenida de una quema si control al ser adicionado en 0.5%, 1% y 1.5% al cemento obtiene incrementos de resistencia cercanas al 9% con respecto a su línea base. Mientras que en la presente investigación al tener una quema controlada se obtiene resistencias menores o iguales al 17% con respecto a la probeta patrón.
- De manera general se puede concluir que, en el escenario estudiado, es viable valerse de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como adición puzolánica en concretos, generándose de esta manera una alternativa para el uso de estos residuos agrícolas que consiga un beneficio en la resistencia del concreto.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

1. Analizando los resultados obtenidos del ensayo a compresión de las probetas adicionadas al 8, 10 y 12% con la probeta patrón, se determinó un aumento de la resistencia a los 28 días de 16.94%, 17.00% y 15.63% respectivamente, cumpliendo parcialmente la hipótesis formulada.
2. De la comparación realizada de la resistencia a compresión de un concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando diferentes porcentajes de CBCA, el máximo porcentaje de resistencia obtenido corresponde a la adición de 10% obteniendo una resistencia de 245.31 Kg/cm^2 .
3. Se determinaron las propiedades físico - mecánicas de los agregados obteniéndose como resultados para agregado fino: un módulo de finura de 2.96, un contenido de humedad de 12.75%, peso específico de masa de 2485.70 Kg/m^3 , peso específico de masa saturada con superficie seca de 2553.63 Kg/m^3 , peso específico aparente de 2666.85 Kg/m^3 , absorción de 2.73%, peso unitario suelto seco de 1450.79 Kg/m^3 , peso unitario compactado seco de 1672.91 Kg/m^3 . El agregado grueso tiene las siguientes propiedades: contenido de humedad de 0.10%, peso específico de masa de 2461.54 Kg/m^3 , peso específico de masa saturada con superficie seca de 2505.55 Kg/m^3 , peso específico aparente de 2574.86 Kg/m^3 , absorción de 1.79%, abrasión de 32.36% peso unitario suelto seco de 1462.31 Kg/m^3 , peso unitario compactado seco de 1548.01 Kg/m^3 .
4. Se realizó el diseño de mezclas por el método ACI obteniéndose como resultados la siguiente proporción de mezcla 1 : 2 : 3 / 17 lt/bls.
5. Según las edades de curado a los 7 días el máximo valor de la resistencia a compresión es de 152.27 Kg/cm^2 , a los 14 días el máximo valor de la resistencia a compresión es de 209.21 Kg/cm^2 y a los 28 días el máximo valor de la resistencia a compresión es de 245.31 Kg/cm^2 .

CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES

- Realizar un muestreo de bagazo de diferentes zonas y realizar nuevamente los ensayos de esta investigación.
- Influencia de la temperatura de calcinación en la actividad puzolánica de la ceniza en los concretos.
- Estudio de la resistencia mecánica de probetas de mortero y concreto con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar para evaluar la resistencia a compresión, así como la resistencia a flexión. Recurrir a diversos porcentajes de adición de ceniza al cemento y determinar el porcentaje óptimo. Considerar la realización de ensayos con tiempos de curado mayores a 28 días.
- Analizar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en los aspectos de durabilidad en concretos.
- Investigar la posibilidad de aprovechar morteros y hormigones con adición de ceniza de bagazo de caña para la elaboración de materiales de construcción prefabricados de bajo costo (bloques y ladrillos).

CAPÍTULO 10. REFERENCIAS

1. Águila Arbolález, I. (2001). Cementos puzolánicos una alternativa para Venezuela. (I. d. Facultad, Ed.) *Tecnología y Construcción*, 17(3), 27-34. Recuperado el 12 de Diciembre de 2015, de http://190.169.94.12/ojs/index.php/rev_tc/article/view/3583/3431
2. Álvarez Blanco, F. (2005). *LECCION 10.- Cementos / Materiales de adición*. Recuperado el 28 de Agosto de 2015, de Universidad de Oviedo: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.CEMENTOS.MaterialesAdicion.pdf>
3. American Concrete Institute. (Enero de 2013). *ACI Concrete Terminology - An ACI STANDARD. CT-13: ACI Concrete Terminology - An ACI Standard*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=CT13>
4. Asociación de Academias de la Lengua Española (ASALE). (Octubre de 2014). *Real Academia Española, Asociación de Academias de la Lengua Española. Diccionario de la lengua española*, Vigésimotercera Edición. Recuperado el 08 de Diciembre de 2015, de <http://dle.rae.es/?id=0AFMXBS>
5. Batic, O., Giaccio, G., Zerbino, R., & Isaia, G. (Junio de 2010). *Las cenizas de cáscara de arroz y la reacción álcali sílice*. (U. T. Argentina), Ed.) Recuperado el 2015 de Agosto de 25, de Publicaciones EDUTECNE: http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%203/CINPAR%20020.pdf
6. Becker, E. (24 de Abril de 2014). *Cemento Portland puzolánico, propiedades y recomendaciones de uso*. Recuperado el 2015 de Agosto de 24, de www.lomanegra.com.ar/pdf/trabajos/PPP.pdf
7. Benites Sono, J. C., Carrasco Villarreal, A. A., Pérez Pérez, B. A., Reinoso Rojas, V. A., Sanchez Salazar, O., & Uriarte Carrasco, L. (03 de Octubre de 2005). *Las Puzolanas y su aplicación en la ingeniería civil*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de [Las Puzolanas y su aplicación en la ingeniería civil: http://www.scribd.com/doc/59565840/PUZOLANAS#scribd](http://www.scribd.com/doc/59565840/PUZOLANAS#scribd)
8. Bustos Pretel, G. (2010). *PG-3 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes* (Sexta ed.). EDICIONES LITEAM. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de

<https://books.google.com.pe/books?id=PsRpqL8jTXAC&pg=PA129&dq=humo+de+silice+definicion&hl=en&sa=X&ved=0CB0Q6AEwAGoVChMImLXssJ68yAIVgSYeCh1ArAum#v=onepage&q&f=false>

9. Cadena Espinosa, G. (25 de Septiembre de 2014). Mejoramiento de las propiedades mecánicas de concretos puzolánicos para incrementar sus resistencia ante ataques de sulfatos. Mexico. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/2398/1/RI001933.PDF>
10. Camargo Macedo, P., Pereira, A. M., Akasaki, J. L., Fioriti, C. F., Paya, J., & Pinheiro, J. L. (Agosto de 2014). Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar. *Ingeniería de construcción*, 29(2). Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000200005
11. Castells, X. E. (2012). Sistemas de Tratamiento Térmico: la incineración. En X. E. Castells, *Sistemas de Tratamiento Térmico: la incineración* (pág. 288). Diaz de Santos. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de <http://www.casadellibro.com/ebook-sistemas-de-tratamiento-termico-la-incineracion-ebook/9788499691299/1997279>
12. Chipana Castro, J. (09 de Septiembre de 2014). *Proceso de obtención del yeso, cal, cemento y puzolanas*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de SlideShare: <http://www.slideshare.net/jacsonchipanacastro/procesos-de-obtencion-del-yeso-cal-cemento-y-puzolanas>
13. Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto) y Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (29 de Abril de 1999). NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. *Primera Edición*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
14. Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto) y Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (17 de Mayo de 2001). NTP 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. *Segunda Edición*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
15. Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto) y Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (16 de Mayo de 2002). NTP 339.185. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Primera Edición*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.

16. Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto) y Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (16 de Marzo de 2006). NTP 339.047 HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. *Segunda Edición*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
17. Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (09 de Febrero de 2002). NTP 400.019: 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Angeles. *Segunda Edición*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
18. Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (30 de Mayo de 2002). NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. *Segunda Edición*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
19. Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (27 de Febrero de 2002). NTP 400.037 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón. *Segunda*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
20. Gómez González, A. (15 de Abril de 2009). Caracterización y utilización de puzolanas como aditivos minerales activos en cementos. Aplicación en viviendas de bajo coste. Valencia. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de <http://www.upv.es/upl/U0566483.pdf>
21. INEI. (22 de Julio de 2013). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Producción de caña de azúcar aumentó en 35.0%: <http://www.pcm.gob.pe/2013/07/produccion-de-cana-de-azucar-aumento-en-35-0/>
22. Juárez Quevedo, B. M. (Agosto de 2012). La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados. Guatemala. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3424_C.pdf

23. Mafus Colocho, J. R. (01 de Marzo de 2014). *Diseño de mezclas y recubrimiento mínimos*. Recuperado el 06 de Agosto de 2016, de http://www.academia.edu/6506109/Teoria_dise%C3%B1o_demezcla
24. Malhotra, V. M., & Carette, G. G. (1982). *Fly Ash in Concrete: Part I and II; Concrete Construction* (Vol. 27).
25. Martínez, C. A. (2012). Utilización de Puzolanas Naturales en la Elaboración de Prefabricados con Base Cementicia Destinados a la Construcción de Viviendas de Bajo Costo. *Utilización de Puzolanas Naturales en la Elaboración de Prefabricados con Base Cementicia Destinados a la Construcción de Viviendas de Bajo Costo*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 31 de Julio de 2016, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1304/1/villegas_mc.pdf
26. Martirena, J. F. (2004). Una alternativa ambientalmente compatible para disminuir aglomerantes de clinker de cemento Portland: el aglomerante cal-puzolana como adición mineral activa. *Tesis Doctoral, Universidad Central Marta Abreu de las Villas (UCLV)*. Recuperado el 07 de 12 de 2015, de <http://www.ecosur.org/index.php/humor/98-publicaciones/hojas-tecnicas/423-el-aglomerante-cal-puzolana-como-adicion-mineral-activa>
27. Ma-tay Pinel, D. E. (Abril de 2014). Valoración de cenizas de bagazo procedentes de Honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento Portland. Valencia. Recuperado el 07 de Diciembre de 2015, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51063/Tesis%20Master%20PDF%20-%20Versi%C3%B3n%20Final.pdf?sequence=1>
28. Ministerio de Fomento. (1999). *Normativa Construcción*. Recuperado el 24 de 08 de 2016, de http://normativaconstruccion.cype.info/0141_ehe/index.html?0
29. Perafán, F. (01 de Noviembre de 2009). *Azúcar de Caña*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2015, de <http://www.perafan.com/azucar/ea02cana.html>
30. Ríos González, E. (28 de Septiembre de 2011). Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto orcentual del agregado fino en la elaboración de concreto hidráulico. México. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30592/3/RiosGlz.pdf>
31. Rodríguez, A. J. (2016). Resistencia a compresión del mortero cemento-arena incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de

- azúcar. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado el 31 de Julio de 2016
32. Salazar J., A. (s.f.). ¿Que es una puzolana? *Puzolana*. Recuperado el 2015 de Octubre de 04, de <http://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>
 33. Sánchez de Guzmán , D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (Quinta ed.). Santa fé de Bogota: Bhandar Editores Ltda.
 34. SENER/BID/GTZ. (Noviembre de 2006). *Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiésel para el transporte en méxico*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36898991>
 35. Soriano, L. (2007). Nuevas aportaciones en el desarrollo de materiales cementantes con residuo de Catalizador de Craqueo Catalítico Usado (FCC). *Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia (UPV)*. Valencia.
 36. Taylor, H. (1997). *Cement Chemistry* (Segunda ed.). Thomas Telford. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de https://books.google.com.pe/books?id=1BOETtwi7mMC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
 37. Villegas Martínez, C. A. (2012). Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo. Lima, Perú. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1304/1/villegas_mc.pdf

ANEXOS
ANEXO Nº 1
PANEL FOTOGRÁFICO

Ensayos de las propiedades físico - mecánicas de los agregados (fino y grueso)

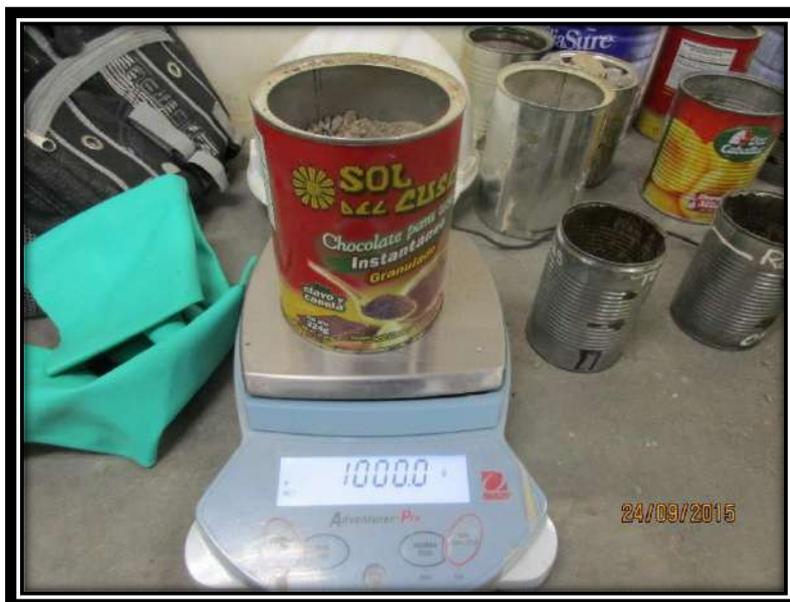
Ensayo contenido de humedad

Toma fotográfica N° 14. Equipo para ensayo de contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 15. Peso de las muestras.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 16. Colocación de muestras en el horno.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 17. Pesado muestra seca.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Ensayo de granulometría

Toma fotográfica N° 18. Equipo para ensayo de granulometría.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 19. Selección de material para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 20. Pesando material para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 21. Tamizado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Ensayo de peso específico del agregado fino

Toma fotográfica N° 22. Equipos para ensayo de peso específico del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 23. Muestra (agregado fino) sumergida en agua por 24 horas.



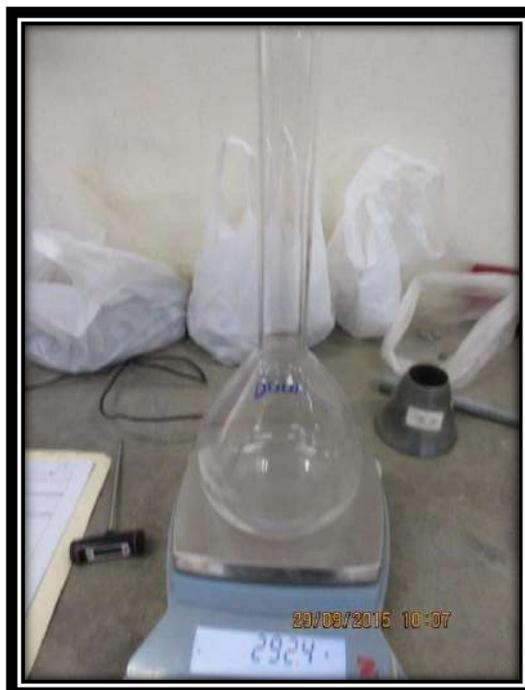
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 24. Selección de muestra.



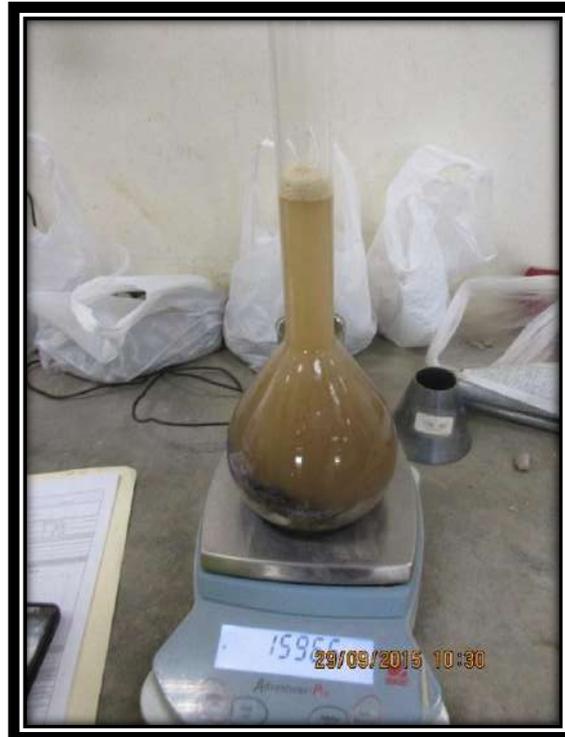
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 25. Peso de fiola de 1000 cm³.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

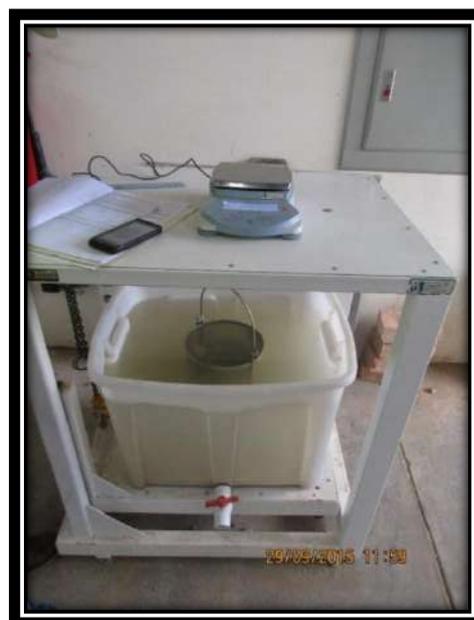
Toma fotográfica N° 26. Peso de fiola, muestra y agua.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Ensayo de peso específico del agregado grueso.

Toma fotográfica N° 27. Equipo para ensayo de peso específico del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 28. Muestra (agregado grueso) colocada en agua por 24 horas.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 29. Peso de agregado grueso y canastilla sumergida.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 30. Peso de canastilla sumergida.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 31. Peso seco del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Peso unitario del agregado (fino y grueso)

Toma fotográfica N° 32. Equipo para ensayo de peso unitario del agregado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Peso unitario volumétrico suelto seco del agregado

Toma fotográfica N° 33. Llenado de recipiente con agregado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 34. Peso de recipiente y agregado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Peso unitario volumétrico compactado seco del agregado

Toma fotográfica N° 35. Llenado de recipiente con agregado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 36. Procedimiento de apisonado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Toma fotográfica N° 37. Peso de recipiente y agregado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Elaboración de mezcla de Concreto

Toma fotográfica N° 38. Frotando aceite en las paredes de los moldes.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 39. Ceniza de bagazo de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 40. Cemento Portland tipo I.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 41. Mezclado de cemento con CBCA.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 42. Pesado de agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 43. Pesado de agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 44. Agua para la mezcla.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 45. Colocación de materiales en mezcladora.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 46. Colocación de concreto en moldes cilíndricos.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 47. Vibrado de concreto elaborado.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 48. Probetas de concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 49. Desencofrado y etiquetado de probetas de concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 50. Curado de probetas de concreto elaborado.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 51. Medición de probetas de concreto elaborado.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Toma fotográfica N° 52. Ensayo de compresión axial del concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Toma fotográfica N° 53. Fallas presentadas: Falla tipo 5.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

ANEXO Nº 2

DISEÑO DE MEZCLAS

DISEÑO ACI

Parámetros básicos

$f_c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2$ TMN = 1" Slump = 3" a 4" Cemento: Pacasmayo: Tipo I

- Sin aire incorporado

Tabla 1. Datos

Elemento	P.esp. (Kg/m ³)	P.U.C. (Kg/m ³)	M.F.	Absorc. (%)	Humedad (%)
Cemento	3120				
Arena	2666.85	1672.91	2.96	2.73%	12.75%
Grava	2461.54	1548.01		1.79%	0.10%
Agua	1000				

Resistencia Promedio

Tabla 2. Resistencia a la compresión promedio

f_c	f_{cr}
Menos de 210	$f_c + 70$
210 - 350	$f_c + 84$
> 350	$f_c + 96$

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f_{cr}) = $210 \text{ Kg/cm}^2 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2$

Estimación de la cantidad de agua/m³ y el porcentaje de aire

Tabla 3. Volumen Unitario de Agua

Asentamiento	Agua, en 1/m ³ , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
TMN	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2"	2 "	3 "	6 "
CONSISTENCIA	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

Tabla 4. Contenido de Aire

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8 "	3.00%
1/2 "	2.50%
3/4 "	2.00%
1 "	1.50%
1 1/2"	1.00%
2 "	0.50%
3 "	0.30%
6 "	0.20%

Agua = 193.0 Kg/m³

Aire = 1.5%

Definir relacia agua - cemento y factor cemento

Tabla 5. Relación de agua - Cemento por resistencia

f'c a 28 días (Kg/cm ³)	Relación Agua / Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
294	0.56	0.47
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	0.34
450	0.38	0.28
500	0.33	0.22

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

Agua/Cemento (A/C) = 0.56

$$F.C. = \frac{V_{\text{agua}}}{A/C} = \frac{193.00}{0.56} = 344.6 \text{ Kg/m}^3 = \frac{344.64}{42.5} = 8.11 \text{ bolsas/m}^3$$

Cantidad de agregado grueso

Tabla 6. Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado. Por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino.				
	M.f. del Ag. Fino	2.4	2.6	2.8	2.96
3/8 "	0.50	0.48	0.46	0.44	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.60	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81	0.81

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

$$\frac{b}{B_o} = 0.65$$

$$b = 0.65 \times 1548.01 = 1012.01$$

Volúmenes absolutos

$$V_{\text{agua}} = \frac{193.00}{1000} = 0.19 \text{ m}^3 \quad V_{\text{cemento}} = \frac{344.64}{3120} = 0.11 \text{ m}^3 \quad V_{\text{aire}} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ag. grueso}} = \frac{1012.01}{2461.54} = 0.41 \text{ m}^3$$

$$\sum V_{\text{absolutos}} = 0.73 \text{ m}^3$$

Volumen absoluto del agregado fino

$$V_{\text{ag. fino}} = 1 - 0.729 = 0.27 \text{ m}^3$$

Peso del Agregado Fino

$$P_{\text{af}} = V_{\text{abs}} * P_{\text{em}} = 0.271 * 2666.85 = 722.7 \text{ Kg/m}^3$$

Valores de diseño en laboratorio

Agua	=	193.0 lts/m ³
Aire	=	1.5%
Cemento	=	344.64 Kg/m ³
Ag. Fino Seco	=	722.72 Kg/m ³
Ag. Grueso Seco	=	1012.01 Kg/m ³

Corrección por humedad de los agregados

Pesos Húmedos

$$P_{\text{ag.f}} = \text{Peso seco}(1 + W\%)$$

$$P_{\text{ag.g}} = \text{Peso seco}(1 + W\%)$$

$$P_{\text{ag.f}} = 722.72(1+0.1275)$$

$$P_{\text{ag.g}} = 1012.01(1+0.001)$$

$$P_{\text{ag.f}} = 723.6 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_{\text{ag.g}} = 1012.02$$

Humedad Superficial

$$A.F. = W\% - \%Abs$$

$$A.G. = W\% - \%Abs$$

$$A.F. = 0.1275 - 0.0273$$

$$A.G. = 0.001 - 0.0179$$

$$A.F. = 10.02\%$$

$$A.G. = -1.69\%$$

Aporte de agua por humedad

$$A.F. = \text{Peso seco (humedad superficial)}$$

$$A.G. = \text{Peso seco (humedad superficial)}$$

$$A.F. = 722.72(0.1002)$$

$$A.G. = 1012.01(-0.0169)$$

$$A.F. = 72.42$$

$$A.G. = -17.103$$

$$A.F. - A.G. = 55.31 \text{ lts/m}^3$$

Agua efectiva

Agua efectiva = agua mezcla - aporte de agua por humedad de los agregados

$$\text{Agua efectiva} = 193 - 55.31 = 137.69 \text{ lts/m}^3$$

Valores de diseño al pie de obra

Cemento	=	344.64 Kg/m ³
Ag. Fino Húmedo	=	723.64 Kg/m ³
Ag. Grueso Húmedo	=	1012.02 Kg/m ³
Agua efectiva	=	137.69 Kg/m ³

Proporcionamiento de mezcla

$$\begin{array}{ccccccc} 344.64 & : & 723.64 & : & 1012.02 & / & 137.69 \\ 344.64 & : & 344.64 & : & 344.64 & / & 8.11 \\ \\ 1 & : & 2.1 & : & 2.94 & / & 17.0 \text{ lt/blz} \end{array}$$

Mezcla de Pruebas

Medida de Probeta de Pruebas

Diámetro : 0.15 m
 Altura : 0.30 m
 Volumen : 0.0053 m³

N de probetas : 10
 Volumen de mezcla de prueba : 0.053 m³

Cantidad de materiales para la mezcla de prueba

Cemento	=	344.6 Kg/m ³	x	0.053 m ³	=	18.3 Kg/tanda
Ag. Fino Húmedo	=	724 Kg/m ³	x	0.053 m ³	=	38.4 Kg/tanda
Ag. Grueso Húmedo	=	1012.0 Kg/m ³	x	0.053 m ³	=	53.7 Kg/tanda
Agua efectiva	=	137.7 lts/m ³	x	0.053 m ³	=	7.3 Lts/tanda

CENIZA	8%	10%	12%
	1.46 Kg/tanda	1.83 Kg/tanda	2.19 Kg/tanda

Aprobación / Approval	
<p>Director de Carrera de Ingeniería Civil Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : 07 / 09 / 2016</p> <p>Firma : </p>	<p>Asesor de Tesis Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : 07 / 09 / 2016</p> <p>Firma : </p>
<p>Investigador Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andréé Fecha : 07 / 09 / 2016</p> <p>Firma : </p>	

ANEXO Nº 3
FORMATOS DE ENSAYO REALIZADOS EN
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO DE
LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

CONTENIDO DE HUMEDAD / HUMIDITY CONTENT					
NTP 339.185 2002 / ASTM C566: 1007 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado / AGGREGATES. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying					
Protocolo N° : 1		Fecha : 14/12/2015		Hoja <u>1</u> de <u>2</u>	
Especialidad : Ingeniería Civil		Código : FPD			
Nombre de la Investigación: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.					
Investigador : Jiménez Chávez, Geoffrey Andree					
Condiciones de Secado : 110 °C ± 5 °C Método : Horno (O) x Microonda (M)					
Fecha y hora de colocación de muestra en el horno : 23/09/2015 a las 12:44 pm					
Fecha y hora de extracción de muestra del horno: 24/09/2015 a las 12:30 pm					
Información General / General Information					
Tipo de Material : Agregado Fino					
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte					
Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez					
Fecha de obtención de material : 23/09/2015					
Contenido de humedad de muestra / Moisture content sample					
MUESTRA N°		1	2	3	4
RECIPIENTE N°		M-1	M-2	M-3	M-4
Pr + Ph (gr)	A	727.6	648.1	728.6	709.5
Pr + Ps (gr)	B	663.4	577.7	660.3	652.2
Pr (gr)	C	85.1	72.8	92.5	39.5
Ph (gr)	W = A - C	642.5	575.3	636.1	670
Ps (gr)	D = B - C	578.3	504.9	567.8	612.7
humedad (%)	$((W - D)/D)*100$	11.10%	13.94%	12.03%	13.94%
PROMEDIO		12.75%			
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments					
Aprobación/ Approval					
Coordinador de Laboratorio			Investigador		
Nombre : Víctor Cuzco Minchán Fecha : 07 / 09 / 2016			Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andree Fecha : 07 / 09 / 2016		
Firma :  <small>VÍCTOR CUZCO MINCHÁN COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</small>			Firma : 		
Director de Carrera de Ingeniería Civil			Asesor de Tesis		
Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : 07 / 09 / 2016			Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : 07 / 09 / 2016		
Firma : 			Firma : 		

CONTENIDO DE HUMEDAD / HUMIDITY CONTENT					
NTP 339.185 2002 / ASTM C566: 1007 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado / AGGREGATES. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying					
Protocolo N° : 1		Fecha : 14/12/2015		Hoja <u>2</u> de <u>2</u>	
Especialidad : Ingeniería Civil		Código : FPD			
Nombre de la Investigación: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.					
Investigador <u>Jiménez Chávez, Geoffrey André</u>					
Condiciones de Secado : 110 °C ± 5 °C Método : Horno (O) x Microonda (M)					
Fecha y hora colocación de muestra en el horno: 23/09/2015 a las 12:44					
Fecha y hora extracción de muestra del horno: 24/09/2015 a las 12:30					
Información General / General Information					
Tipo de Material : Agregado Grueso					
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte					
Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez					
Fecha de obtención de material : 23/09/2015					
Contenido de humedad de muestra / Moisture content sample					
MUESTRA N°		1	2	3	4
RECIPIENTE N°		M-1	M-2	M-3	M-4
Pr + Ph (gr)	A	1564	1299.5	1268.5	1395.6
Pr + Ps (gr)	B	1562.4	1298.2	1267.2	1394.4
Pr (gr)	C	92.8	69.5	74.2	84.3
Ph (gr)	D = A - C	1471.2	1230	1194.3	1311.3
Ps (gr)	W = B - C	1469.6	1228.7	1193	1310.1
humedad (%)	$((W - D)/D)*100$	0.11%	0.11%	0.11%	0.09%
PROMEDIO		0.10%			
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments					
Aprobación/ Approval					
Coordinador de Laboratorio Nombre : Víctor Cuzco Minchán Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma :  <small>COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</small>			Investigador Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey André Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 		
Director de Carrera de Ingeniería Civil Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 			Asesor de Tesis Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO / GRANULOMETRIC ANALYSIS

NTP 400.012 2001/ASTM C136-96a AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global / AGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

Protocolo N° : 2 Fecha : 14/12/2015 Hoja 1 de 4
Especialidad : Ingeniería Civil Código : FPD

Nombre de la Investigación : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.

Investigador : Jiménez Chávez, Geoffrey André

Información general / General information

Fecha de ensayo: 29/05/2015

Tipo de Material : Agregado Grueso

Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte

Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez

Fecha de obtención de material : 23/09/2015

Tamizado de muestra/Sample Sieving

Peso inicial (gr) : 5001.3

Tamiz o Malla		Peso Retenido (gr)	Error (gr)	Error (%) (Max. 0.3%)
Abertura (mm)	N°			
37.5	1 1/2"	0	4.10	0.08%
25	1"	582.1		
19	3/4"	2414.8		
12.5	1/2"	1923.8		
9.5	3/8"	72.3		
4.75	4	4.2		
Cazoleta		0		
Total		4997.20		

Peso inicial (gr) : 5001.3

Tamiz o Malla		Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
Abertura (mm)	N°				
37.5	1 1/2"	0	0.00%	0.00%	100.00%
25	1"	582.92	11.66%	11.66%	88.34%
19	3/4"	2415.62	48.30%	59.96%	40.04%
12.5	1/2"	1924.62	38.48%	98.44%	1.56%
9.5	3/8"	73.12	1.46%	99.90%	0.10%
4.75	4	5.02	0.10%	100.00%	0.00%
Cazoleta		0.00			
Total		5001.30			

Tamaño Máximo = 1 1/2"

Tamaño Máximo Nominal = 1"

Tabla 1. Análisis granulométrico del agregado grueso huso 5

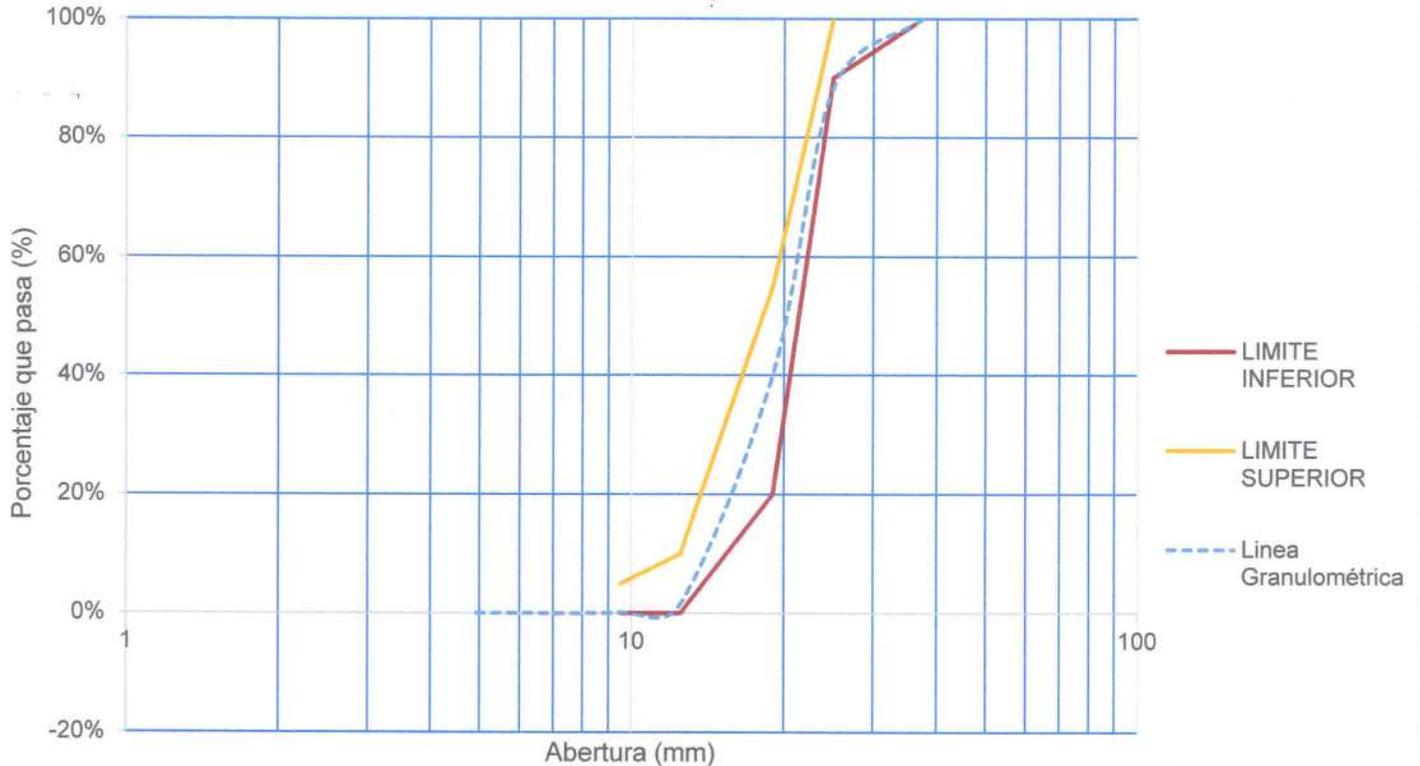
TAMIZ		% que pasa		
37.5	1 1/2	100%	a	100%
25	1	90%	a	100%
19	3/4	20%	a	55%
12.5	1/2	0%	a	10%
9.5	3/8	0%	a	5%

Fuente: NTP 400.037

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO / GRANULOMETRIC ANALYSIS

NTP 400.012 2001/ASTM C136-96a AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global / AGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

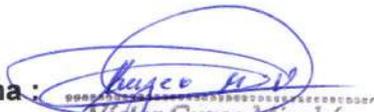
Protocolo N° : **2** Fecha : **14/12/2015** Hoja **2** de **4**
 Especialidad : **Ingeniería Civil** Código : **FPD**



Observaciones - Comentarios / Observations - Comments

La granulometría del agregado grueso cumple NTP 400.037 /ASTM C-33, lo cual se puede ver en el grafico.

Aprobación/ Approval

<p>Coordinador de Laboratorio Nombre : Víctor Cuzco Minchán Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma :  VICTOR CUZCO MINCHÁN COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>Investigador Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andréé Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : </p>
<p>Director de Carrera de Ingeniería Civil Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : </p>	<p>Asesor de Tesis Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : </p>

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO / GRANULOMETRIC ANALYSIS

NTP 400.012 2001/ASTM C136-96a AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global / AGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

Protocolo N° : 2 Fecha : 14/12/2015 Ho 3 de 4
Especialidad : Ingeniería civil Código : FPD

Nombre de la Investigación : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.

Investigador : Jiménez Chávez, Geoffrey André

Información general / General Information

Fecha de ensayo: 1/11/2015
Tipo de Material : Agregado Fino
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte
Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez
Fecha de obtención de material : 23/09/2015

Tamizado de muestra/Sample Sieving

Peso inicial (gr) : 1069

Tamiz o Malla	Peso Retenido (gr)	ERROR (gr)	Error (%) (Max. 0.3%)
Abertura (mm) N°			
9.5 3/8	0.00	1.40	0.13%
4.75 4	54.90		
2.36 8	199.20		
1.18 16	147.70		
0.6 30	191.90		
0.3 50	252.90		
0.15 100	165.00		
0.075 200	0.00		
Cazoleta	56.00		
TOTAL	1067.6		

TAMIZ		% que pasa	
9.5	3/8	100%	100%
4.75	4	95%	100%
2.36	8	80%	100%
1.18	16	50%	85%
0.6	30	25%	60%
0.3	50	5%	30%
0.15	100	0%	10%

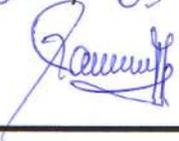
Fuente: NTP 400.37

Peso inicial (gr) : 1069

Tamiz o Malla	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
Abertura (mm) N°				
9.5 3/8	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4.75 4	55.10	5.15%	5.15%	94.85%
2.36 8	199.40	18.65%	23.81%	76.19%
1.18 16	147.90	13.84%	37.64%	62.36%
0.6 30	192.10	17.97%	55.61%	44.39%
0.3 50	253.10	23.68%	79.29%	20.71%
0.15 100	165.20	15.45%	94.74%	5.26%
0.075 200	0.00	0.00%	94.74%	5.26%
Cazoleta	56.20	5.26%	100.00%	0.00%
TOTAL	1069.0			

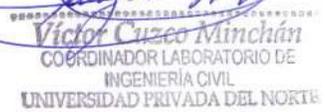
$$MF = \frac{\text{Tamiz No. } (4 + 8 + 16 + 30 + 50 + 100)}{100} = 2.96$$

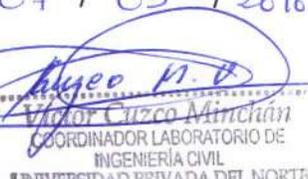
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO / Specific weight of coarse aggregate NTP 400.021 2002 / ASTM C 127: 1988 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso / AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate		
Protocolo N° : 3	Fecha : 14/12/2015	Hoja <u>1</u> de <u>1</u>
Especialidad : Ingeniería civil	Código : FPD	
Nombre de la Investigación : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.		
Investigador : <u>Jiménez Chávez, Geoffrey Andreé</u>		
Información general / General Information		
Fecha de ensayo: 29/05/2015		
Tipo de Material : Agregado Grueso		
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte		
Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez		
Fecha de obtención de material : 23/09/2015		
Peso específico de agregado grueso / Coarse aggregate specific gravity		
Agregado saturado Superficialmente Seco + tara (gr.)		3160.7
Agregado Seco + Tara (gr.)		3108
Peso de la Tara (gr.)		160.3
Agregado Saturado Superficialmente Seco (gr.)	B	3000.4
Agregado Seco (gr.)	A	2947.7
Agregado + canastilla Sumergida (gr.)		3382.1
Peso Canastilla Sumergida (gr.)		1579.2
Agregado Saturado Sumergido (gr.)	C	1802.9
Temperatura del Agua		18.1
Peso Especifico Aparente	$(A/(A-C))*1000$	2574.86
Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca	$(B/(B-C))*1000$	2505.55
Peso Especifico de Masa	$(A/(B-C))*1000$	2461.54
Absorción (%)	$((B-A)/A)*100$	1.79%
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments		
Aprobación/ Approval		
Coordinador de Laboratorio Nombre : Víctor Cuzco Minchán Fecha : <u>07 / 09 / 2016</u> Firma :  <small>COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</small>		Investigador Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andreé Fecha : <u>07 / 09 / 2016</u> Firma : 
Director de Carrera de Ingeniería Civil Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : <u>07 / 09 / 2016</u> Firma : 		Asesor de Tesis Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : <u>07 / 09 / 2016</u> Firma : 

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO / SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATE NTP 400.022 2002 / ASTM C 128: 1997 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino / AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate		
Protocolo N° : 4	Fecha : 14/12/2015	Hoja <u>1</u> de <u>1</u>
Especialidad : Ingeniería civil	Código : FPD	
Nombre de la Investigación : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.		
Investigador : <u>Jiménez Chávez, Geoffrey Andreé</u>		
Preparación de la muestra / Sample preparation		
Muestra secada a peso constante $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5^\circ$ C por 24 horas	se cubre la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas	
Fecha de ensayo: 29/05/2015 Tipo de Material : Agregado Fino Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez		
Fecha de obtención de material : 23/09/2015		
Peso específico de agregado fino / Fine aggregate specific gravity		
Peso de muestra preparada (gr).		500
Volumen de frasco Volumétrico (cm ³).	V	1000
Peso del frasco Volumétrico (gr).		292.4
Peso del frasco Volumétrico con agua hasta los 1000 cm ³ (gr).		1288.8
Peso del frasco Volumétrico + Muestra preparada (gr).		792.4
Peso en gramos o volumen en cm ³ de agua añadida al frasco	Va	804.2
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).	Wo	486.7
Peso específico de masa (Pem)	$(Wo/(V-Va)) \times 1000$	2485.70
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	$500/(V-Va) \times 1000$	2553.63
Peso específico aparente (Pea)	$((Wo)/(V-Va)-(500-Wo)) \times 1000$	2666.85
Absorción (%)	$(500-Wo)/(Wo)$	2.73%
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments		
Aprobación / Approval		
Coordinador de Laboratorio Nombre : Víctor Cuzco Minchán Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma :  <small>COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</small>		Investigador Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andreé Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 
Director de Carrera de Ingeniería Civil Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 		Asesor de Tesis Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 

PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO SECO DEL AGREGADO					
NTP 400.017: 1999/ ASTM C29/C 29M: 1991 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado / AGGREGATES. Standard test method for Unit Weight and Voids in Aggregate					
Protocolo N° : 5	Fecha : 14/12/2015	Hoja <u>1</u> de <u>2</u>			
Especialidad : Ingeniería civil	Código : FPD				
Nombre de la Investigación :					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.					
Investigador : <u>Jiménez Chávez, Geoffrey André</u>					
Información general / General information					
Fecha de ensayo: 28/05/2015					
Tipo de Material : Agregado Fino					
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte					
Propietario : <u>Jose Ernesto Costa Galvez</u>					
Fecha de obtención de material : 23/09/2015					
Peso unitario volumétrico suelto seco / Compacted volumetric weight unit					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida mas el agregado	G	18136	18356	18740	18192
Peso del recipiente de medida (Kg)	T	4780	4780	4780	4780
Peso del recipiente de medida mas agua (Kg)	A	14124	14124	14124	14124
Temperatura (°C)		18.1	18.1	18.1	18.1
Densidad del Agua(Kg/m ³)	D	998.54	998.54	998.54	998.54
Factor de la medida (m ³) (F)	D/(A-T)	0.10686	0.10686	0.10686	0.10686
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	(G - T)*F	1427.28	1450.79	1491.83	1433.26
PROMEDIO		1450.79			
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments					
Aprobación / Approval					
Coordinador de Laboratorio		Investigador			
Nombre : Víctor Cuzco Minchán		Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey André			
Fecha : 07 / 09 / 2016		Fecha : 07 / 09 / 2016			
Firma : 		Firma : 			
Director de Carrera de Ingeniería Civil		Asesor de Tesis			
Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero			
Fecha : 07 / 09 / 2016		Fecha : 07 / 09 / 2016			
Firma : 		Firma : 			

PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO SECO DEL AGREGADO					
NTP 400.017: 1999/ ASTM C29/C 29M: 1991 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado / AGGREGATES. Standard test method for Unit Weight and Voids in Aggregate					
Protocolo N° : 5	Fecha : 24/12/2015	Hoja <u>2</u> de <u>2</u>			
Especialidad : Ingeniería civil	Código : FPD				
Nombre de la Investigación : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.					
Investigador Jiménez Chávez, Geoffrey Andree					
Información general / General information					
Fecha de ensayo: 28/05/2015					
Tipo de Material : Agregado Grueso					
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte					
Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez					
Fecha de obtención de material : 23/09/2015					
Peso unitario volumétrico suelto seco / Compacted volumetric weight unit					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida mas el agregado	G	18810	18568	18344	18158
Peso del recipiente de medida (Kg)	T	4780	4780	4780	4780
Peso del recipiente de medida mas agua (Kg)	A	14124	14124	14124	14124
Temperatura (°C)		18.1	18.1	18.1	18.1
Densidad del Agua(Kg/m ³)	D	998.54	998.54	998.54	998.54
Factor de la medida (m ³) (F)	D/(A-T)	0.10686	0.10686	0.10686	0.10686
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	(G - T)*F	1499.31	1473.44	1449.51	1429.63
PROMEDIO		1462.97			
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments					
Aprobación/ Approval					
Coordinador de Laboratorio Nombre : Víctor Cuzco Minchán Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma :  COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.		Investigador Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andree Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 			
Director de Carrera de Ingeniería Civil Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 		Asesor de Tesis Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 			

PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO					
NTP 400.017: 1999/ ASTM C29/C 29M: 1991 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado / AGGREGATES. Standard test method for Unit Weight and Voids in Aggregate					
Protocolo N° : 6		Fecha : 14/12/2015		Hoja <u>1</u> de <u>2</u>	
Especialidad : Ingeniería civil		Código : FPD			
Nombre de la Investigación : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.					
Investigador : Jiménez Chávez, Geoffrey Andréé					
Información general / General information					
Fecha de ensayo: 28/05/2015					
Tipo de Material : Agregado Fino					
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte					
Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez					
Fecha de obtención de material : 23/09/2015					
Peso unitario volumétrico compactado seco / Compacted volumetric weight unit					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida mas el agregado (Kg)	G	20310	20566	20712	20150
Peso del recipiente de medida (Kg)	T	4780	4780	4780	4780
Peso del recipiente de medida mas agua (Kg)	A	14124	14124	14124	14124
Temperatura (°C)		18.1	18.1	18.1	18.1
Densidad del agua (Kg/m³)	D	998.54	998.54	998.54	998.54
Factor de la medida (m³) (F)	D/(A-T)	0.10686	0.10686	0.10686	0.10686
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	(G -T)*F	1659.6	1686.96	1702.56	1642.5
PROMEDIO		1672.91			
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments					
Aprobación / Approval					
Coordinador de Laboratorio		Investigador			
Nombre : Víctor Cuzco Minchán		Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andréé			
Fecha : 07 / 09 / 2016		Fecha : 07 / 09 / 2016			
Firma : 		Firma : 			
 COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
Director de Carrera de Ingeniería Civil		Asesor de Tesis			
Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero			
Fecha : 07 / 09 / 2016		Fecha : 07 / 09 / 2016			
Firma : 		Firma : 			

PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO					
NTP 400.017: 1999/ ASTM C29/C 29M: 1991 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado / AGGREGATES. Standard test method for Unit Weight and Voids in Aggregate					
Protocolo N° : 6	Fecha : 24/12/2015	Hoja <u>2</u> de <u>2</u>			
Especialidad : Ingeniería civil	Código : FPD				
Nombre de la Investigación : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.					
Investigador : Jiménez Chávez, Geoffrey Andreé					
Información general / General information					
Fecha de ensayo: 28/05/2015					
Tipo de Material : Agregado Grueso					
Cantera : Planta de Chancado Roca Fuerte					
Propietario : Jose Ernesto Costa Galvez					
Fecha de obtención de material : 23/09/2015					
Peso unitario volumétrico compactado seco / Compacted volumetric weight unit					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida mas el agregado (Kg)	G	19132	19348	19295	19288
Peso del recipiente de medida (Kg)	T	4780	4780	4780	4780
Peso del recipiente de medida mas agua (Kg)	A	14124	14124	14124	14124
Temperatura (°C)		18.1	18.1	18.1	18.1
Densidad del agua (Kg/m³)	D	998.54	998.54	998.54	998.54
Factor de la medida (m³) (F)	D/(A-T)	0.10686	0.10686	0.10686	0.10686
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	(G - T)*F	1533.72	1556.8	1551.14	1550.39
PROMEDIO		1548.01			
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments					
Aprobación/ Approval					
Coordinador de Laboratorio		Investigador			
Nombre : Víctor Cuzco Minchán		Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andreé			
Fecha : 07 / 09 / 2016		Fecha : 07 / 09 / 2016			
Firma : 		Firma : 			
<small>COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</small>					
Director de Carrera de Ingeniería Civil		Asesor de Tesis			
Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero			
Fecha : 07 / 09 / 2016		Fecha : 07 / 09 / 2016			
Firma : 		Firma : 			

ABRASIÓN / ABRASION					
NTP 400.019: 2002 / ASTM C – 131. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Angeles. / AGGREGATES. Standard test method for resistance to degradation of small size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine.					
Protocolo N° : 7	Fecha : 14/12/2015				
Especialidad : Ingeniería civil	Código : FPD				
Nombre de la Investigación: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.					
Investigador : Jiménez Chávez, Geoffrey Andréé					
Información general / General information					
Tipo de Material : Agregado Grueso					
Abrasión de muestra/ Abrasion sample					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Peso inicial (gr)</td> <td style="width: 50%; padding: 2px;">5000</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Peso final (gr)</td> <td style="padding: 2px;">3382</td> </tr> </table>	Peso inicial (gr)	5000	Peso final (gr)	3382	
Peso inicial (gr)	5000				
Peso final (gr)	3382				
$\% \text{ Desgaste} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} = 32.36\%$					
Observaciones - Comentarios / Observations - Comments					
Aprobación / Approval					
Coordinador de Laboratorio Nombre : Víctor Cuzco Minchán Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma :  <small>VÍCTOR CUZCO MINCHÁN COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</small>	Investigador Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey Andréé Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 				
Director de Carrera de Ingeniería Civil Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 	Asesor de Tesis Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero Fecha : 07 / 09 / 2016 Firma : 				

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE CONCRETO

NTP 339.034 2008 /ASTM C39/C39M-05e1 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas / CONCRETE. Standard test método for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Protocolo N° : 8 **Hoja** 1 **de** 6

Especialidad : Ingeniería Civil **Código:** FPD

Nombre de la Investigación: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016.

Investigador: Jiménez Chávez, Geoffrey Andréé

Especímen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de Ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga Max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión de diseño (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (%)	Resistencia a la compresión mínima* (%)	Resistencia a la compresión (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)									
PP-01	0	15.50	29.96	7	189	26225	139	139.35	210	66.36	65	1.36
PP-02	0	15.49	29.96	7	188	26395	140					
PP-03	0	15.49	29.97	7	188	26198	139					
PP-04	0	14.91	29.86	14	175	33867	194					
PP-05	0	14.96	29.86	14	176	33593	191	191.75	210	91.31	90	1.31
PP-06	0	14.93	29.96	14	175	33289	190					
PP-07	0	14.96	29.86	28	176	36784	209	209.7		100	100	0
PP-08	0	15.01	29.96	28	177	37179	210					
PP-09	0	14.97	29.96	28	176	36894	210					

*Ministerio de fomento, 1999

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE CONCRETO

NTP 339.034 2008 /ASTM C39/C39M-05e1 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas / CONCRETE. Standard test método for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Protocolo N° : 8

Hoja 2 de 6

Especialidad : Ingeniería Civil

Código: FPD

Especímen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de Ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga Max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión patrón (Kg/cm ²)	Aumento de Resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)							
PP-01	8	15.48	29.95	7	188	28660	152	150.86	139.35	8.26%
PP-02	8	15.46	29.97	7	188	28164	150	150.86	139.35	8.26%
PP-03	8	15.47	29.98	7	188	28244	150	150.86	139.35	8.26%
PP-04	8	15.46	29.88	14	188	38598	206	207.66	191.75	8.30%
PP-05	8	15.11	29.87	14	179	38316	214	207.66	191.75	8.30%
PP-06	8	15.44	29.98	14	187	38134	204	207.66	191.75	8.30%
PP-07	8	14.92	29.86	28	175	42811	245	245.18	209.66	16.94%
PP-08	8	15.00	29.98	28	177	42985	243	245.18	209.66	16.94%
PP-09	8	14.95	29.97	28	176	43433	247	245.18	209.66	16.94%

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE CONCRETO

NTP 339.034 2008 /ASTM C39/C39M-05e1 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas / CONCRETE. Standard test método for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Protocolo N° : 8

Hoja 3 de 6

Especialidad : Ingeniería Civil

Código: FPD

Especímen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de Ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga Max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión patrón (Kg/cm ²)	Aumento de Resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)							
PP-01	10	14.99	29.98	7	176.48	27014	153.07	152.27	139.35	9.27%
PP-02	10	14.98	29.96	7	176.24	26598	150.92			
PP-03	10	14.98	29.96	7	176.24	26935	152.83			
PP-04	10	15.51	29.87	14	188.94	38786	205.29	209.21	191.75	9.11%
PP-05	10	15.14	29.88	14	180.03	38881	215.97			
PP-06	10	15.49	29.97	14	188.45	38891	206.37			
PP-07	10	15.48	29.87	28	188.21	44388	235.85	245.31	209.66	17.00%
PP-08	10	15.46	29.96	28	187.72	49263	262.43			
PP-09	10	15.44	29.97	28	187.23	44497	237.65			

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE CONCRETO

NTP 339.034 2008 /ASTM C39/C39M-05e1 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas / CONCRETE. Standard test método for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Protocolo N° : 8

Hoja 4 de 6

Especialidad : Ingeniería Civil

Código: FPD

Especimen	Adición (%)	Dimensiones		Edad de Ensayo (días)	Área (cm ²)	Carga Max. (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión patrón (Kg/cm ²)	Aumento de Resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)							
PP-01	12	14.90	29.96	7	174.37	26284	150.74			
PP-02	12	15.47	29.97	7	187.96	27219	144.81			
PP-03	12	14.93	29.96	7	175.07	26914	153.73			
PP-04	12	15.48	29.87	14	188.21	37844	201.08			
PP-05	12	14.67	29.86	14	169.02	37961	224.59			
PP-06	12	15.50	29.97	14	188.69	36964	195.9			
PP-07	12	15.49	29.88	28	188.45	45340	240.6			
PP-08	12	15.48	29.98	28	188.21	46379	246.43			
PP-09	12	15.50	29.96	28	188.69	45336	240.26	242.43	209.66	15.63%

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE CONCRETO

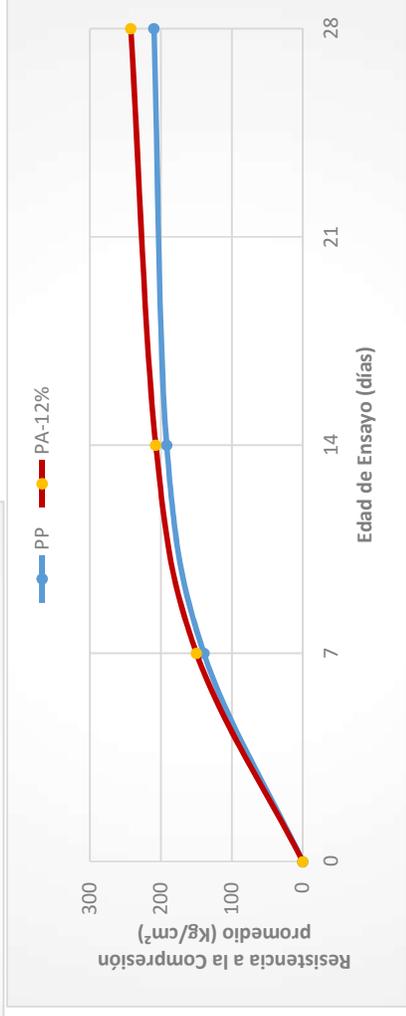
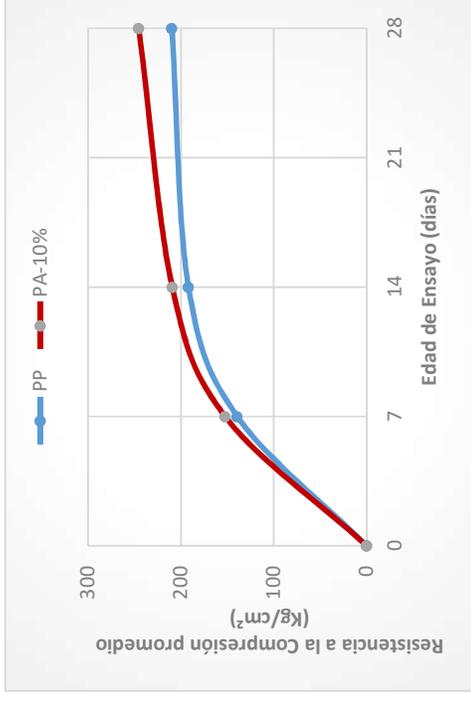
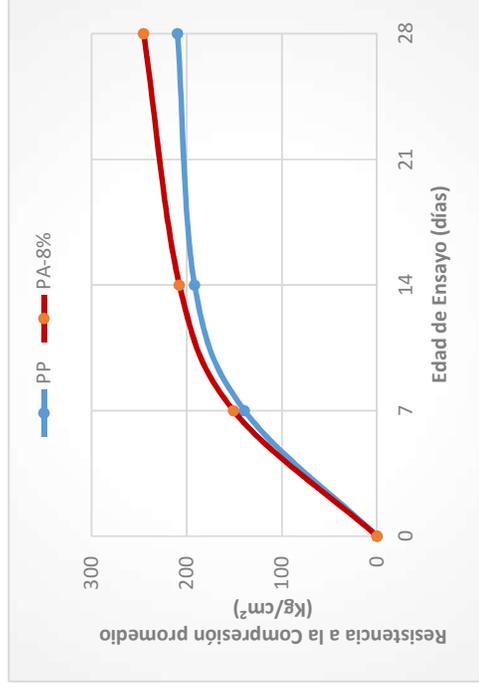
NTP 339.034 2008 /ASTM C39/C39M-05e1 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas / CONCRETE. Standard test método for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Protocolo N° : 8

Hoja de 5 de 6

Especialidad : Ingeniería Civil

Código: FPD



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE CONCRETO			
NTP 339.034 2008 /ASTM C39/C39M-05e1 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas / CONCRETE. Standard test método for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens			
Protocolo N° :	8	Hoja	6 de 6
Especialidad :	Ingeniería Civil	Código:	FPD

Comentarios/Observaciones - Comentarios / Observations

Aprobación / Approval	
<p style="text-align: center;">Coordinador de Laboratorio</p> <p>Nombre : Víctor Cuzco Minchán</p> <p>Fecha : 07 / 09 / 2016</p> <p>Firma : </p> <p style="text-align: center; font-size: small;">COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p style="text-align: center;">Investigador</p> <p>Nombre : Jiménez Chávez, Geoffrey André</p> <p>Fecha : 07 / 09 / 2016</p> <p>Firma : </p>
<p style="text-align: center;">Director de Carrera de Ingeniería Civil</p> <p>Nombre : Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga</p> <p>Fecha : 07 / 09 / 2016</p> <p>Firma : </p>	<p style="text-align: center;">Asesor de Tesis</p> <p>Nombre : Ing. Irene Ravines Azañero</p> <p>Fecha : 07 / 09 / 2016</p> <p>Firma : </p>

ANEXO Nº 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I



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, 13 de febrero 2015

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.5	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.9	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.39	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	9	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.11	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3520	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	28.4 (290)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	35.0 (356)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	41.9 (427)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	166	Mínimo 45
Fraguado Final	min	318	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-01-2015 al 31-01-2015.
La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.

(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff Rojas

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

ANEXO Nº 5 ELECCIÓN DE CANTERA

ELECCIÓN DE CANTERA

Cantera		Roca fuerte	Vásquez	La victoria
Ubicación		Baños del Inca	Hermano Miguel Carduci 609	Carretera a Jesús
Distancia		6.2 Km	4.0 Km	8.6 Km
Tiempo (Auto)		16 min	15 min	21 min
Movilidad		S/.40.00	S/.40.00	S/.60.00
PRECIO	A. fino	S/. 1.5 / lata	S/. 2.5 / lata	S/. 2.5 / lata
	A. grueso		S/. 2.5 / lata	S/. 2.5 / lata
Cantidad (latas)		20	20	20
Total		S/.70.00	S/.90.00	S/.110.00

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Se elige la cantera Roca Fuerte por ser el mas económico.

