

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, 2019.

Presentado por:

CARLOS YASMANY HUARACA HUAMÁN

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Abancay – Apurímac – Perú

2022

Tesis

Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, 2019.

Línea de Investigación

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible

Asesor:

Ing. Holguer Cayo Baca



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXOTRACCIÓN
DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE
AZÚCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO EN ABANCAY, 2019.**

Presentado por **CARLOS YASMANY HUARACA HUAMÁN**, para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**.

Sustentado y aprobado el 08 de julio del 2022 ante el jurado:

Presidente : Mg. Calixto Cañari Otero

Primer Miembro : Ph. D. Abbon Alex Vásquez Ramírez

Segundo Miembro : Mg. Jesseliz Beatriz Ortiz Cruz

Asesor : Ing. Holguer Cayo Baca

DEDICATORIA

A Dios por darnos la vida para seguir nuestras metas, a mi madre por darme ese amor puro e incondicional y brindarme siempre su apoyo desinteresado para que pueda cumplir mis sueños, a mi padre que desde el cielo ilumina y guía mi camino, a mi hermana por brindarme su apoyo en todo momento, a mis abuelas por creer constantemente en mí, a todos mis familiares y amigos que me acompañaron y apoyaron siempre.

A todos ustedes, muchas gracias por estar siempre ahí para mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme con salud, paciencia, sabiduría y fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de los Andes, a la plana docente y al personal administrativo, por impartirme sus experiencias y conocimientos profesionales.

A mi asesor Ing. Holguer Cayo Baca, por acompañarme y guiarme en todo este proceso.

Al Ing. Saúl Chipa Cahuana, gerente general la empresa CONCHIPA E.I.R.L., por facilitarme sus equipos e instrumentos de laboratorio para llevar a cabo mi investigación.

A mis familiares, amigos, compañeros y demás personas que me brindaron su apoyo y aliento para alcanzar esta etapa de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
POSTPORTADA.....	ii
PÁGINA DE JURADOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ACRÓNIMOS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Formulación de problemas.....	2
1.2.2. Problema general.....	3
1.2.3. Problemas específicos:.....	3
1.3. Justificación de la investigación.....	3
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Delimitación de la investigación.....	4
1.5.1. Espacial	4
1.5.2. Temporal	4
1.5.3. Social.....	4
1.5.4. Conceptual.....	5

1.6.	Viabilidad de la investigación.....	5
1.7.	Limitaciones	5
Capítulo II: Marco teórico		6
2.1.	Antecedentes de la investigación	6
2.1.1.	A nivel internacional.....	6
2.1.2.	A nivel nacional.....	10
2.1.3.	A nivel regional y local	14
2.2.	Bases teóricas.....	14
2.2.1.	Concreto.....	14
2.2.1.1.	Componentes del concreto	15
2.2.1.2.	Propiedades del concreto endurecido	16
2.2.1.3.	Propiedades del concreto fresco.....	17
2.2.1.4.	Ensayo de resistencia a compresión del concreto.....	18
2.2.1.5.	Ensayo de resistencia a flexotracción del concreto	21
2.2.1.6.	Ensayo de consistencia del concreto	25
2.2.2.	Diseño de mezcla	28
2.2.2.1.	Método de diseño de mezcla del Comité ACI 211	29
2.2.3.	Cemento.....	32
2.2.3.1.	Cemento Portland	32
2.2.3.2.	Composición química del cemento Portland.....	34
2.2.3.3.	Cementos adicionados.....	34
2.2.4.	Agregado	35
2.2.5.	Agregado grueso	36
2.2.5.1.	Análisis granulométrico del agregado grueso.....	37
2.2.5.2.	Módulo de fineza del agregado grueso	38
2.2.5.3.	Peso específico del agregado grueso	39
2.2.5.4.	Absorción del agregado grueso.....	39
2.2.5.5.	Peso unitario suelto del agregado grueso	39

2.2.5.6.	Peso unitario compactado del agregado grueso	40
2.2.5.7.	Ensayo de resistencia a la abrasión del agregado grueso.....	40
2.2.5.8.	Contenido de humedad del agregado grueso.....	41
2.2.6.	Agregado fino	42
2.2.6.1.	Análisis granulométrico del agregado fino.....	42
2.2.6.2.	Módulo de fineza del agregado fino	43
2.2.6.3.	Peso específico del agregado fino	43
2.2.6.4.	Absorción del agregado fino.....	43
2.2.6.5.	Peso unitario suelto del agregado fino	44
2.2.6.6.	Peso unitario compactado del agregado fino.....	44
2.2.6.7.	Contenido de humedad del agregado fino.....	44
2.2.7.	Agua	45
2.2.8.	Caña de azúcar	45
2.2.9.	Bagazo de caña de azúcar	46
2.2.10.	Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).....	47
2.2.10.1.	Composición química de la CBCA.....	47
2.3.	Marco conceptual	48
2.3.1.	Concreto	48
2.3.2.	Resistencia a la compresión	49
2.3.3.	Resistencia a la flexotracción.....	49
2.3.4.	Consistencia del concreto	49
2.3.5.	Cemento	49
2.3.6.	Agregado grueso	49
2.3.7.	Agregado fino	49
2.3.8.	Agua	50
2.3.9.	Puzolana.....	50
2.3.10.	Puzolana natural.....	50
2.3.11.	Puzolana artificial.....	50

2.3.12.	Caña de azúcar	50
2.3.13.	Bagazo de caña de azúcar	50
2.3.14.	Ceniza de bagazo de caña de azúcar	50
Capítulo III: Metodología de investigación.....		51
3.1.	Hipótesis.....	51
3.1.1.	Hipótesis general	51
3.1.2.	Hipótesis específicas	51
3.2.	Método	52
3.3.	Tipo de investigación	52
3.4.	Nivel o alcance de investigación	52
3.5.	Diseño de investigación.....	52
3.6.	Operacionalización de variables	53
3.6.1.	Variable independiente	53
3.6.2.	Variable dependiente	53
3.6.3.	Cuadro de operacionalización de variables.....	54
3.7.	Población, muestra y muestreo	54
3.7.1.	Población	54
3.7.2.	Muestra y muestreo	55
3.8.	Técnicas e instrumentos.....	58
3.8.1.	Técnicas	58
3.8.2.	Instrumentos	58
3.9.	Consideraciones éticas.....	59
3.10.	Procesamiento de estadísticos	60
Capítulo IV: Resultados y discusión		61
4.1.	Resultados	61
4.1.1.	A nivel de la variable independiente (X / I)	61
4.1.1.1.	Selección de agregados.....	61
4.1.1.2.	Muestreo del agregado	63

4.1.1.3.	Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso	64
4.1.1.4.	Propiedades físicas y mecánicas del agregado fino	72
4.1.1.5.	Obtención de ceniza de bagazo de caña de azúcar	77
4.1.1.6.	Diseño de mezcla	80
4.1.2.	A nivel de la variable dependiente (Y / D)	88
4.1.2.1.	Proceso de elaboración del concreto en laboratorio.....	88
4.1.2.2.	Determinación del asentamiento del concreto.....	91
4.1.2.3.	Comparación de resultados del ensayo de asentamiento	94
4.1.2.4.	Fabricación de testigos cilíndricos de concreto	94
4.1.2.5.	Fabricación de testigos prismáticos del concreto	95
4.1.2.6.	Proceso de curado del concreto.....	96
4.1.2.7.	Análisis de la resistencia a la compresión del concreto patrón.....	97
4.1.2.8.	Análisis de la resistencia a la compresión del concreto con CBCA	100
4.1.2.9.	Comparación de resultados de la resistencia a la compresión	108
4.1.2.10.	Análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto patrón	110
4.1.2.11.	Análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto con CBCA ...	113
4.1.2.12.	Comparación de resultados de la resistencia a la flexotracción.....	120
4.1.2.13.	Análisis de comparativo de costos	122
4.2.	Discusión de resultados.....	125
4.3.	Prueba de hipótesis.....	128
4.3.1.	Prueba estadística para la hipótesis específica “a”	128
4.3.2.	Prueba estadística para la hipótesis específica “b”	133
4.3.3.	Prueba estadística para la hipótesis específica “c”.....	137
	Conclusiones	142
	Recomendaciones	144
	Referencias.....	145
	Anexos.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la consistencia según el asentamiento del concreto.	28
Tabla 2 Resistencias a la compresión requeridas.	29
Tabla 3 Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras.	30
Tabla 4 Cantidades aproximadas de agua de amasado para distintos asentamientos.	30
Tabla 5 Relación agua/cemento vs. $f'c$	31
Tabla 6 Porcentaje de aire atrapado	31
Tabla 7 Cantidad de agregado grueso.	32
Tabla 8 Clasificación del agregado grueso por su forma.	36
Tabla 9 Clasificación del agregado grueso por su textura.	37
Tabla 10 Tamices para agregado grueso.	38
Tabla 11 Cantidad mínima de la abertura del agregado grueso	38
Tabla 12 Carga abrasiva para el agregado grueso.	41
Tabla 13 Peso de la muestra según la gradación.	41
Tabla 14 Límites de la granulometría del agregado fino.	43
Tabla 15 Composición química de CBCA.	48
Tabla 16 Características químicas del CBCA y del cemento.	48
Tabla 17 Cuadro de operacionalización de variables	54
Tabla 18 Cantidad de muestras cilíndricas para el concreto patrón.	56
Tabla 19 Cantidad de muestras cilíndricas para el concreto elaborado con CBCA.	56
Tabla 20 Cantidad de muestras prismáticas para el concreto patrón.	57
Tabla 21 Cantidad de muestras prismáticas para el concreto elaborado con CBCA.	57
Tabla 22 Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso.	65
Tabla 23 Resultados del ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.	67
Tabla 24 Resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.	68
Tabla 25 Resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.	69
Tabla 26 Resultado del ensayo de resistencia al desgaste del agregado grueso.	71

Tabla 27 Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.	71
Tabla 28 Resultado del análisis granulométrico del agregado fino.	72
Tabla 29 Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.	74
Tabla 30 Resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.	75
Tabla 31 Resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado fino.	76
Tabla 32 Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.	77
Tabla 33 Parámetros físicos y mecánicos de los componentes del concreto.	81
Tabla 34 Cálculo de volúmenes absolutos.	83
Tabla 35 Valores de diseño de los materiales del concreto.	83
Tabla 36 Cálculo de la corrección por humedad del agregado.	84
Tabla 37 Cálculo final de la cantidad y proporción de los materiales.	84
Tabla 38 Dimensiones del molde cilíndrico para testigos de concreto.	85
Tabla 39 Dimensiones del molde prismático para testigos de concreto.	86
Tabla 40 Cálculo de la cantidad de material por muestra del concreto patrón.	86
Tabla 41 Cantidad de material por muestra del concreto con 10% de CBCA.	87
Tabla 42 Cantidad de material por muestra del concreto con 15% de CBCA.	87
Tabla 43 Cantidad de material por muestra del concreto con 20% de CBCA.	87
Tabla 44 Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto patrón.	92
Tabla 45 Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto con 10% CBCA.	93
Tabla 46 Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto con 15% CBCA.	93
Tabla 47 Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto con 20% CBCA.	93
Tabla 48 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón.	99
Tabla 49 Resultados del ensayo a compresión del concreto con 10% de CBCA.	102
Tabla 50 Resultados del ensayo a compresión del concreto con 15% de CBCA.	104
Tabla 51 Resultados del ensayo a compresión del concreto con 20% de CBCA.	106
Tabla 52 Comparación de la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos.	108
Tabla 53 Resultado del ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto patrón.	112
Tabla 54 Resultados de la resistencia a la flexotracción del concreto con 10% CBCA.	115

Tabla 55 Resultados de la resistencia a la flexotracción del concreto con 15% CBCA.....	117
Tabla 56 Resultados de la resistencia a la flexotracción del concreto con 20% CBCA.....	119
Tabla 57 Comparación de la resistencia a la flexotracción de testigos prismáticos.....	121
Tabla 58 Costo de 1 m ³ de concreto convencional.....	123
Tabla 59 Costo de 1 m ³ de concreto con 10% de sustitución.....	123
Tabla 60 Costo de 1 m ³ de concreto con 15% de sustitución.....	124
Tabla 61 Costo de 1 m ³ de concreto con 20% de sustitución.....	124
Tabla 62 Cuadro comparativo del costo del concreto.....	125
Tabla 63 Datos de diferencia de medias para resistencia a compresión con 10% CBCA..	130
Tabla 64 Tabulación prueba de hipótesis de resistencia a compresión con 10% CBCA. ..	130
Tabla 65 Datos de diferencia de medias para resistencia a compresión con 15% CBCA..	131
Tabla 66 Tabulación prueba de hipótesis de resistencia a compresión con 15% CBCA ...	131
Tabla 67 Datos de diferencia de medias para resistencia a compresión con 20% CBCA..	132
Tabla 68 Tabulación prueba de hipótesis de resistencia a compresión con 20% CBCA. ..	133
Tabla 69 Datos de diferencia de medias para resistencia a flexotracción con 10% CBCA.	134
Tabla 70 Tabulación de prueba de hipótesis resistencia a flexotracción con 10% CBCA..	135
Tabla 71 Datos de diferencia de medias para resistencia a flexotracción con 15% CBCA.	135
Tabla 72 Tabulación de prueba de hipótesis resistencia a flexotracción con 15% CBCA..	136
Tabla 73 Datos de diferencia de medias para resistencia a flexotracción con 20% CBCA.	136
Tabla 74 Tabulación de prueba de hipótesis resistencia a flexotracción con 20% CBCA..	137
Tabla 75 Datos de diferencia de medias de consistencia del concreto con 10% CBCA. ...	138
Tabla 76 Tabulación de prueba de hipótesis consistencia del concreto con 10% CBCA...	139
Tabla 77 Datos de diferencia de medias de consistencia del concreto con 15% CBCA. ...	139
Tabla 78 Tabulación de prueba de hipótesis consistencia del concreto con 15% CBCA...	140
Tabla 79 Datos de diferencia de medias de consistencia del concreto con 20% CBCA. ...	140
Tabla 80 Tabulación de prueba de hipótesis consistencia del concreto con 20% CBCA...	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del concreto.	15
Figura 2 Tipos de fracturas en testigos cilíndricos.....	21
Figura 3 Esquema de equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto.	22
Figura 4 Cono de Abrams para medir el asentamiento del concreto.	26
Figura 5 Formas que adopta la mezcla de concreto en la prueba de asentamiento.	27
Figura 6 Propiedades químicas del cemento.	34
Figura 7 Ubicación de la cantera Aymituma	62
Figura 8 Ubicación de la cantera Ballón.....	63
Figura 9 Muestreo del agregado mediante el método del cuarteo.....	63
Figura 10 Ensayo de granulometría del agregado grueso.....	64
Figura 11 Resultado del ensayo de granulometría del agregado grueso.....	65
Figura 12 Curva granulométrica del agregado grueso.....	66
Figura 13 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.	67
Figura 14 Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.	68
Figura 15 Ensayo de resistencia al desgaste del agregado grueso.....	70
Figura 16 Ensayo de granulometría del agregado fino.	72
Figura 17 Curva granulométrica del agregado fino.....	73
Figura 18 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.	74
Figura 19 Ensayo de peso unitario del agregado fino.....	75
Figura 20 Ubicación geográfica de la destilería Donaires.....	77
Figura 21 Vista frontal de la destilería Donaires.	78
Figura 22 Recolección de bagazo de caña de azúcar.....	79
Figura 23 Horno donde se usa bagazo de caña de azúcar como combustible.	79
Figura 24 Tamizado de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la malla N° 200	80
Figura 25 Dimensiones del molde para testigos cilíndricos.	85
Figura 26 Dimensiones del molde para testigos prismáticos.....	86

Figura 27 Dosificación de los materiales de acuerdo al diseño de mezcla.	88
Figura 28 Sustitución de porcentajes del peso de cemento por CBCA.....	89
Figura 29 Dosificación del concreto elaborado con porcentaje de CBCA.	89
Figura 30 Mezcla de los materiales en la mezcladora de concreto.....	90
Figura 31 Transporte del concreto fresco.....	90
Figura 32 Ensayo de Cono de Abrams para el concreto patrón.	91
Figura 33 Ensayo de Cono de Abrams para el concreto sustituido con CBCA.	92
Figura 34 Comparación de asentamientos de los ensayos del cono de Abrams.	94
Figura 35 Elaboración de testigos cilíndricos.	95
Figura 36 Elaboración de testigos prismáticos.	96
Figura 37 Curado de los testigos cilíndricos y prismáticos.	96
Figura 38 Medición del diámetro de los testigos cilíndricos con la Escala de Vernier.....	97
Figura 39 Colocación de testigos cilíndricos del concreto patrón en la máquina de rotura ..	98
Figura 40 Testigos cilíndricos del concreto patrón sometidos al ensayo de compresión.	98
Figura 41 Evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón.....	100
Figura 42 Testigos cilíndricos de concreto con CBCA sometidos a compresión.....	101
Figura 43 Tipos de corte de testigos cilíndricos de concreto con CBCA.....	101
Figura 44 Evolución de la resistencia la compresión del concreto con 10% de CBCA	103
Figura 45 Evolución de la resistencia la compresión del concreto con 15% de CBCA	105
Figura 46 Evolución de la resistencia la compresión del concreto con 20% de CBCA	107
Figura 47 Evolución comparativa de la resistencia a la compresión del concreto.....	109
Figura 48 Comparación de la resistencia a la compresión del concreto	109
Figura 49 Preparación de la muestra para someterlo a la máquina de flexión.....	110
Figura 50 Ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto patrón.	111
Figura 51 Zona de rotura en el tercio central de la viga del concreto patrón.	111
Figura 52 Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto patrón	113
Figura 53 Ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto con CBCA.....	114
Figura 54 Rotura en el tercio central de la viga de concreto con CBCA.	114

Figura 55 Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto con 10% de CBCA..	116
Figura 56 Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto con 15% de CBCA..	118
Figura 57 Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto con 20% de CBCA..	120
Figura 58 Evolución comparativa de la resistencia a la flexotracción del concreto	121
Figura 59 Comparación de la resistencia a la flexotracción del concreto.....	122

ACRÓNIMOS

AASHTO	Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes (American Association of State Highway and Transportation Officials)
ACI	Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute)
AF	Agregado Fino
AG	Agregado Grueso
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials)
CBCA	Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
CBC	Ceniza de Bagazo de Caña
CCA	Ceniza de Cáscara de Arroz
DRX	Difracción de Rayos X
E.I.R.L.	Empresa Individual de Responsabilidad Limitada
FC	Factor Cemento
FRX	Fluorescencia de Rayos X
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MTC	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
MF	Módulo de Fineza
MR	Módulo de Rotura
MPa	Mega Pascal
NTC	Norma Técnica Colombiana
NTP	Norma Técnica Peruana
PMMA	Polimetilmetacrilato

PUC	Peso Unitario Compactado
PUS	Peso Unitario Suelto
RPM	Revoluciones Por Minuto
S.A.A.	Sociedad Anónima Abierta
S.A.C.	Sociedad Anónima Cerrada
SSS	Saturado Superficialmente Seco
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación del Suelo
TMN	Tamaño Máximo Nominal
TM	Tamaño Máximo

RESUMEN

El cemento es el material más utilizado en la industria de la construcción, pero su producción está ligada a la emanación de gases de efecto invernadero que contaminan el medio ambiente. Por otro lado, la industria azucarera genera grandes residuos, uno de estos es la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), y que según estudios se ha demostrado que tiene propiedades químicas similares a las del cemento. Es así que se requiere buscar nuevas alternativas al cemento, empleando residuos de otras industrias para la elaboración de concreto.

El presente trabajo tiene como principal objetivo evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar empleado como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto. Para lograr esto se elaboraron testigos de concreto con sustituciones del 10%, 15% y 20% de cemento por CBCA, que fueron sometidos a ensayos de rotura a los 7, 14, 21 y 28 días, para evaluar los resultados frente a un concreto patrón de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. De estos ensayos, se pudo verificar que las resistencias a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña en sustitución parcial del cemento, no superaron a los obtenidos por el concreto patrón; sin embargo, se pudo determinar estadísticamente que con el 10% de sustitución, este tipo de concretos mantiene sus propiedades físicas y mecánicas.

Palabras clave: cemento, ceniza de bagazo de caña de azúcar, resistencia del concreto, consistencia del concreto.

ABSTRACT

The cement is the most widely used material in the construction industry, but its production is linked to the emission of greenhouse gases that pollute the environment. On the other hand, the sugar industry generates large amounts of waste, one of which is Sugar Cane Bagasse Ash (CBCA), and which, according to studies, has been shown to have chemical properties similar to those of cement. Thus, it is necessary to look for new alternatives to cement, using residues from other industries for the production of concrete.

The main objective of this work is to evaluate the influence of sugarcane bagasse ash used as a partial substitute for cement on the compressive and flexural strength of concrete. To achieve this, concrete witnesses were prepared with substitutions of 10%, 15% and 20% of cement by CBCA, which were subjected to rupture tests at 7, 14, 21 and 28 days, to evaluate the results compared to a concrete design pattern $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. From these tests, it was possible to verify that the compressive and flexural strengths of concrete made with cane bagasse ash as a partial substitute for cement did not exceed those obtained by the standard concrete; however, it was statistically possible to determine that with 10% substitution, this type of concrete maintains its physical and mechanical properties.

Keywords: cement, sugarcane bagasse ash, concrete strength, concrete consistency.

Capítulo I:

Planteamiento del problema

1.1. Realidad problemática

El cemento es uno de los materiales de construcción que más ha incrementado su producción en el mundo, debido a la gran demanda que tiene en la rama de la construcción. En la actualidad se estima que se manufacturan alrededor de 1.8×10^9 toneladas de cemento por año; sin embargo, su obtención está ligada a emisiones de dióxido de carbono. Si la industria del cemento fuera un país, sería el tercer emisor más grande detrás de China y Estados Unidos. (Rodgers, 2018)

En Sudamérica, Brasil ocupa el primer lugar de producción de cemento con 54.4 millones de toneladas al año, seguido de Perú que produce 10.4 millones de toneladas al año, considerando que esta industria representa aproximadamente el 8% de emisiones de CO₂ en el mundo, se ve la necesidad de reducir el consumo de cemento mediante la reutilización de subproductos remanentes de otros sectores. Es así que un estudio de Hernández en el 2009, pudo evidenciar que la ceniza de bagazo de caña de azúcar puede ser usado en el concreto,

pues determinó que este insumo en estado seco presentaba escaso o nulo valor cementante, pero sometido a humedad, elevaba de manera considerable su resistencia.

En el Perú, la caña de azúcar tiene presencia en sierra, costa y selva, y es sembrada y cosechada durante todo el año. Un informe elaborado por el MIDAGRI en el 2013, reveló que de las hectáreas cultivadas con caña, el 65% le corresponde a las diez fábricas de azúcar más grandes del país (ingenios azucareros), mientras que el 35% restante son de agricultores particulares a lo largo del territorio nacional.

En la región de Apurímac, la caña de azúcar es cultivada principalmente en tres provincias: Abancay, Chincheros y Andahuaylas. Según datos de la Dirección Regional Agraria (2018), anualmente se cosechan 2083, 646 y 312 toneladas, respectivamente.

En Abancay, parte de esta producción está destinada a la elaboración de productos derivados de la caña (alcoholes, licores, fermentados y otros). Pero los procesos industriales que involucran estas actividades generan muchos residuos, uno de ellos es la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), que resulta de la incineración de restos de caña, y que, al no tener un segundo uso, son dispersados al aire contaminando el medio ambiente.

Se cree que la ceniza de bagazo de caña de azúcar puede ser empleado como reemplazante del cemento en ciertos porcentajes, es por ello que el problema consiste en determinar la influencia que tiene la CBCA en las propiedades del concreto. De esta manera se busca aprovechar los residuos de la cadena productiva de caña de azúcar de la ciudad de Abancay, para emplearlo en la industria de la construcción.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Formulación de problemas

De la realidad problemática descrita anteriormente, existe la necesidad de evaluar el empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la elaboración de concreto, por lo cual se plantean los siguientes problemas de investigación.

1.2.2. Problema general

¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto en Abancay, 2019?

1.2.3. Problemas específicos:

- a. ¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión del concreto?
- b. ¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la flexotracción del concreto?
- c. ¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la consistencia del concreto?

1.3. Justificación de la investigación

La importancia de este trabajo radica en buscar nuevas alternativas al cemento para la elaboración de concreto, en consecuencia, la ceniza de bagazo de caña de azúcar se presenta como una nueva fuente no convencional resultante de la cadena productiva agrícola de la ciudad de Abancay. La presente investigación está dirigida a la evaluación de las propiedades del concreto elaborado con CBCA como sustituto parcial de cemento, para determinar la factibilidad de este insumo en la rama de la construcción. Con esta investigación se pretende dotar de información a la comunidad científica sobre las propiedades de este tipo de concretos, con lo cual se busca aminorar el impacto que tiene la producción de cemento en el medio ambiente y disminuir los costos relacionados a este insumo en el concreto. Cabe resaltar que la fabricación de cemento depende mucho de combustibles fósiles, ya que, la producción de cada tonelada de cemento esparce a la atmósfera una cantidad de dióxido de carbono equivalente al 8% de las emisiones antropogénicas (gases de efecto invernadero derivados de la actividad humana).

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto en Abancay, 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión del concreto.
- b. Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la flexotracción del concreto.
- c. Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la consistencia del concreto.

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Abancay, de la provincia de Abancay, del departamento de Apurímac, donde los materiales para la elaboración de concreto, como agregados y ceniza, se obtuvieron del sector de Pachachaca.

1.5.2. Temporal

Se toma como marco temporal la fecha en que el proyecto fue revisado y aprobado, es decir, a partir de diciembre del 2019. Del mismo modo, el periodo en la cual se recolectó y procesó toda la información fue hasta el primer semestre del año 2020.

1.5.3. Social

Esta investigación no tiene delimitación social, puesto que los estudios realizados estuvieron enmarcados a evaluar las propiedades del concreto.

1.5.4. Conceptual

Esta investigación contempla el estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, sustituyendo un porcentaje del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar. Para las propiedades del concreto endurecido se consideró estudiar la resistencia a la compresión y flexotracción, y para el concreto en estado fresco, se tomó en cuenta evaluar la consistencia mediante el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.

1.6. Viabilidad de la investigación

La investigación es viable, pues se tuvo acceso a información relevante para llevar a cabo el presente estudio. Así mismo, se contó con la logística necesaria para la elaboración de concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar.

En el ámbito económico fue factible, pues los costos relacionados a la fabricación de este tipo de concretos y los ensayos respectivos en laboratorio, estuvieron dentro de las posibilidades de solvencia del investigador.

1.7. Limitaciones

Esta investigación estuvo limitada a ser desarrollada en Abancay, ya que la recolección de datos y los ensayos se realizaron netamente en esta localidad. Esto debido a las medidas de inmovilización social por la emergencia sanitaria a causa del COVID-19, que imposibilitaron el acceso a equipos sofisticados de laboratorios ubicados en otras regiones del país. Así mismo esta investigación se limitó al diseño de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con porcentajes de sustitución del 10%, 15% y 20% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar. Estos porcentajes fueron establecidos por conveniencia para obtener muestras más representativas en los ensayos. Así mismo se tomó en consideración los antecedentes, ya que estudios anteriores emplean frecuentemente porcentajes mínimos, y que, según recomendaciones de estos mismos autores, se invita a continuar con esta investigación empleando mayores porcentajes de sustitución.

Capítulo II:

Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Narváez, J. (2017), *“Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana”*, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Esta tesis de pregrado tuvo como objetivo usar fibras de bagazo de caña como agregado orgánico en la elaboración de mampostería liviana, a fin de determinar su influencia en la resistencia a la compresión del concreto, y evaluar si se mejoran las características mecánicas de los bloques de mampostería liviana. La metodología que utilizó el autor fue someter a un tratamiento de flujo de agua continuo a las fibras de caña para eliminar los azúcares propios de este recurso, luego procedió a cortar dicho material para obtener longitudes de fibra de 1 y 2 pulgadas, las cuales se distribuyeron dentro de la mezcla de concreto de forma homogénea en porcentajes de adición del 0.5%, 1%, 1.5% y 2% en función del peso del cemento, para finalmente

realizar ensayos de rotura a los bloques de concreto. De estos ensayos se obtuvieron como resultados que, a los 28 días de edad, el bloque tradicional sin adición de fibra obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 6.96 kg/cm², mientras que los bloques con adición de fibras de bagazo de caña en proporciones del 0.5%, 1%, 1.5% y 2% obtuvieron resistencias a la compresión de 21.61 kg/cm², 19.43 kg/cm², 12.58 kg/cm² y 10.50 kg/cm², respectivamente. Se llegó a la conclusión de que la adición de fibras de caña de azúcar mejora las propiedades mecánicas del concreto, ya que la resistencia a la compresión se incrementa hasta en un 310.49%.

Durán, N. & Velásquez, N. (2016), *“Evaluación de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar”*, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia. Esta tesis de pregrado tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los concretos diseñados con reemplazo parcial del cemento por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar, para determinar la resistencia y evaluar su calidad. El estudio se llevó a cabo sustituyendo el 5%, 10%, 15% y 20% en peso de cemento por una combinación de cenizas volantes y ceniza de bagazo de caña. Se realizaron ensayos típicos de caracterización de materiales empleados en el diseño, para obtener distintas mezclas y proceder a la fabricación de testigos de concreto a fin de determinar la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días para un diseño de mezcla de 24 MPa. Los resultados obtenidos fueron que, el concreto de control obtuvo una resistencia a la compresión de 27.8 MPa, mientras que los concretos con sustituciones del 5%, 10%, 15% y 20% obtuvieron resistencias a la compresión de 26.1 MPa, 22.3 MPa, 21.7 MPa y 14.7 MPa, respectivamente. Los autores concluyeron que la sustitución de cemento por porcentajes de cenizas volantes y ceniza de caña de azúcar, no incrementan la resistencia la compresión del concreto, pero con el

porcentaje del 5% se obtuvo valores por encima de la resistencia requerida según el diseño de mezcla.

Coyasamin, O. (2016), *“Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cascara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)”*, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Esta tesis de pregrado tuvo como objetivo diseñar un hormigón por medio de la inclusión de materiales con características puzolánicas como alternativas al cemento Portland. Para ello se realizó un ensayo con dos materiales alternativos que se adicionaron en mezclas de hormigones. Los materiales con los que se trabajó en este proyecto experimental fueron la ceniza de cascara de arroz, y la ceniza de bagazo de caña de azúcar. La investigación consistió en realizar adiciones con los dos nuevos materiales en un porcentaje del 15% en mezclas de hormigón, los cuales fueron sometidos a ensayos para determinar su resistencia a la compresión a las edades de 14 y 28 días, para un diseño de mezcla de $f'c=240$ kg/cm². De estos ensayos se obtuvieron como resultados que, a los 28 días, el hormigón con adición de ceniza de cascara de arroz obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 262.30 kg/cm², mientras que el hormigón con adición de ceniza de caña de azúcar obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 304.30 kg/cm². De estos resultados se concluyó que la ceniza de bagazo de caña de azúcar tiene mejores propiedades que la ceniza de cascara de arroz.

Haro, C. (2016), *“Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el hormigón tradicional y el hormigón adicionado con cenizas de cascara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)”*, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Esta tesis de pregrado tuvo como objetivo analizar a flexión un hormigón agregando cenizas de cascara de arroz (CCA) y un hormigón adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBC), para evaluar su comportamiento en el tiempo. La

investigación consistió en realizar el diseño, elaboración y curado de especímenes de vigas de hormigón armado con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz y cenizas de bagazo de caña de azúcar con el 5%, 10%, 15% y 20%. De estos ensayos se obtuvieron como resultados que a los 60 días de edad, que el hormigón con 0% de adición alcanzó una resistencia a la flexión de 164.72 kg/cm², mientras que las vigas con adiciones del 5%, 10%, 15% y 20% de CBC, obtuvieron resistencias de 188.84 kg/cm², 192.06 kg/cm², 186.99 kg/cm², y 182.19 kg/cm², respectivamente. El autor llegó a la conclusión de que la adición de distintos porcentajes de ceniza de bagazo de caña, es ideal para mejorar la resistencia a flexión del hormigón, ya que alcanza mejores resultados que una viga normal con el 0% de cenizas añadidas.

Paricaguán, B. (2015), *“Contribución al estudio del comportamiento mecánico y fisicoquímico del concreto reforzado con fibras naturales de coco y bagazo de caña de azúcar para su uso en construcción”*, Universidad Carabobo, Venezuela. El objetivo de esta tesis de doctorado fue evaluar las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra de coco y bagazo de caña de azúcar, con el fin de proporcionar un grado aceptable de resistencia, dándole un uso comercial a la misma. La metodología experimental consistió en realizar mezclas de concreto sustituyéndose el 2.5%, 5% y 10% del agregado fino por una combinación de fibras de coco y bagazo de caña de azúcar. Seguidamente se evaluó el comportamiento mecánico mediante ensayos destructivos de testigos de concreto a los 28 días de curado, a través de ensayos de resistencia a la compresión y tracción por flexión. Se obtuvo como resultados que la resistencia a compresión de los cilindros de la mezcla patrón fue de 40.11 MPa, y para el concreto con adición de fibras de coco y bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 2.5%, 5% y 10 %, obtuvieron resultados de 39.5 MPa, 37 MPa y 30.5 MPa respectivamente. Del mismo modo en los ensayos de tracción por flexión se obtuvo que el concreto sin adición alcanzó una resistencia de 4.5 Mpa, mientras que los

concretos con adición de fibras en porcentajes de 4.3%, 4.2% y 3.8 % obtuvieron resultados de 39.5 MPa, 37 MPa y 30.5 MPa respectivamente. De estos resultados se concluyó que la adición de fibras de coco y bagazo de caña de azúcar no incrementan la resistencia del concreto, tanto a flexión como a compresión.

2.1.2. A nivel nacional

Apaza, D. (2018), *“Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento portland, ante agentes agresivos”*, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Esta tesis de pregrado tuvo como objetivo evaluar y determinar la durabilidad y la resistencia mecánica del concreto elaborado a base de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto de la arena en diferentes porcentajes, y así determinar su interacción con agentes agresivos. Para ello se analizó las dosificaciones para la mezcla patrón (mezcla sin ceniza) así como las mezclas con porcentajes asumidos de 5%, 10% y 15% de ceniza como sustitutos del agregado fino respecto al volumen absoluto de la tanda para elaborar el concreto, este concreto fue elaborado con cemento Portland Tipo I. Finalmente luego de ser sometidos al ataque acelerado del sulfato de magnesio durante 5 ciclos de inmersión, y secado de los cubos de concreto, se determinó la durabilidad del concreto patrón así como del concreto con ceniza de bagazo de caña. De estos ensayos se obtuvo que el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio a la compresión de 311.32 kg/cm², y los concretos con ceniza de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10% y 15% obtuvieron resistencias a la compresión de 325.02 kg/cm², 335.33 kg/cm² y 367.79 kg/cm², respectivamente. El autor concluye que hubo incremento de la resistencia a compresión del concreto con CBCA respecto al concreto patrón, donde los porcentajes de ceniza de bagazo en el concreto son directamente proporcionales al incremento de su resistencia a la compresión.

Acuña, C. & Caballero, H. (2018), *“Resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto”*, Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.

La finalidad de esta tesis de pregrado fue determinar la resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Para ello, los autores realizaron ensayos los respectivos a los agregados y a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Luego elaboraron el diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm² para un concreto patrón y también para porcentajes sustituidos de cemento (5%, 10% y 15%) según la metodología diseño ACI 211. Como resultados se obtuvieron que, para la resistencia a la compresión, el concreto patrón obtuvo una resistencia promedio de 261.4 kg/cm², mientras que los concretos con porcentajes de sustitución del 5%, 10% y 15% obtuvieron resistencias de 226.0 kg/cm², 231.1 kg/cm² y 205.67 kg/cm², respectivamente. Para la resistencia a la flexión se obtuvo que el concreto patrón alcanzo una resistencia promedio de 2.36 MPa, mientras que los concretos con porcentajes de sustitución de 5%, 10% y 15% obtuvieron resistencias de 1.70 MPa, 2.05 MPa y 1.89 MPa, respectivamente. Los autores llegaron a la conclusión que la sustitución parcial del cemento por CBCA, no mejora las propiedades resistentes del concreto tanto a flexión como a compresión, pero que presenta altos contenidos de óxidos necesarios para su uso como material puzolánico.

Incahuanaco, B. & Lencinas, F. (2017), *“Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP en la zona altiplánica”*, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Esta tesis de pregrado tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la compresión, trabajabilidad del concreto, propiedades de la ceniza de paja de trigo y su impacto ambiental. Para ello se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y ensayos de asentamiento con el cono de

Abrams, utilizando porcentajes de sustitución de 2.5%, 5%, 7% y 10% del peso de cemento por ceniza de paja de trigo. De estos ensayos se obtuvieron que el asentamiento promedio para el concreto patrón fue de 3.2", mientras que los concretos con porcentajes de sustitución de 2.5%, 5%, 7% y 10%, obtuvieron asentamientos promedios de 2.6", 2.1", 1.1" y 0.5", respectivamente. Para la resistencia a la compresión se obtuvo que el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 219.82 kg/cm², mientras que los concretos con porcentajes de sustitución de 2.5%, 5%, 7% y 10%, obtuvieron resistencias de 220.96 kg/cm², 218.04 kg/cm², 199.94 kg/cm² y 189.11 kg/cm², respectivamente. Los autores concluyen que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución de ceniza de paja de trigo por peso del cemento, las propiedades del concreto como la resistencia y la trabajabilidad se ven afectadas proporcionalmente.

Chávez, C. (2017), *“Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico”*, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Esta tesis de pregrado tuvo como finalidad determinar la influencia que presenta la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar a un concreto de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y encontrar su dosificación óptima. Para ello se realizó tres diseños de mezcla con dosificación de 1%, 3% y 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar por volumen absoluto de agregado fino, así como una mezcla patrón. De estos ensayos se obtuvo que el concreto patrón obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 301.90 kg/cm², mientras que los concretos con 1%, 3% y 5% de sustitución de agregado fino por ceniza de caña de azúcar obtuvieron resistencias de 315.60 kg/cm², 367.96 kg/cm² y 337.91 kg/cm², respectivamente. El autor concluyó que la influencia que presenta la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la propiedad de resistencia a compresión del concreto es de manera positiva, y que la dosificación óptima de sustitución es de 3.24% respecto al volumen absoluto de agregado fino.

Jiménez, G. (2016), *“Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar, UPNC 2016”*, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Esta tesis de pregrado tuvo por finalidad evaluar la influencia de la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm². Para lograr ello, se determinó las características físico-mecánicas de los agregados de acuerdo a las especificaciones de la N.T.P. 400.037, para luego realizar el diseño de mezclas de concreto patrón empleando en método del comité ACI 211. Para determinar la resistencia a la compresión del concreto, se adiciono ceniza de bagazo de caña de azúcar en diferentes porcentajes de 8%, 10% y 12%. De los resultados se obtuvo que el concreto patrón alcanzó una resistencia a la compresión promedio de 209.66 kg/cm², mientras que los concretos con porcentajes del 8%, 10% y 12% alcanzaron resistencias de 245.18 kg/cm², 245.31 kg/cm² y 242.43 kg/cm², respectivamente. El autor concluye que los concretos adicionados con ceniza de bagazo de caña de azúcar como puzolana artificial registran resistencias mayores a las del concreto convencional, evidenciándose que el rango más adecuado es entre el 8% y 10%.

Jara, R. & Palacios, R. (2015), *“Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto”*, Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú. Esta tesis de pregrado tuvo por objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con porcentajes de 10%, 20% y 30% de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto del cemento Portland tipo I, para ser comparados con los ladrillos provenientes de dos ladrilleras representativas de la localidad. Para lograr ello se efectuaron ensayos a las unidades de albañilería de compresión axial y compresión diagonal. De estos ensayos se obtuvo como resultado que el ladrillo convencional obtuvo una resistencia de 54.55 kg/cm², mientras que los bloques elaborados con porcentajes de sustitución del 10%, 20% y 30%, obtuvieron resistencias promedio de

50.54 kg/cm², 38.73 kg/cm² y 35.65 kg/cm², respectivamente. De estos resultados los autores concluyen que los concretos con porcentaje de sustitución cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no son los ideales para mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto, pero con el uso del 10% de CBCA se obtiene resultados similares a las unidades patrón.

2.1.3. A nivel regional y local

A nivel regional, aún no se ha estudiado el empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la producción de concreto, por lo tanto, el presente trabajo de investigación titulado: *“Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, 2019”*, contribuirá como fuente de información para futuros estudios.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

Abanto (1994), define al concreto como la unión de cemento y agua, las cuales reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados pétreos, constituyendo así un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Pasquel (1993), menciona que el concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

Del mismo modo, el Manual del Constructor de Aceros Arequipa (2017), denomina concreto a la mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua, que se endurece conforme

avanza la reacción química del agua con el cemento. La cantidad de cada material en la mezcla depende de la resistencia que se requiera.

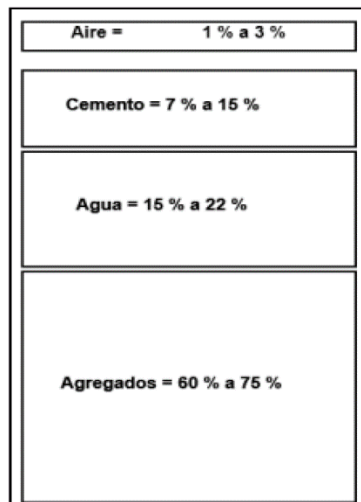
2.2.1.1. Componentes del concreto

Rivva (2010) menciona que la tecnología del concreto moderno define a este material en los siguientes componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos, y el aire como elemento pasivo.

Sin embargo, en cuanto a los aditivos, se dice que en épocas atrás, estos eran considerados como algo opcional, pero ahora en la práctica moderna, es un componente de uso de normal debido a las grandes propiedades que adquiere el concreto tanto en trabajabilidad, resistencia y durabilidad; que, a la larga, se vuelve una solución más económica, tomando en cuenta mano de obra, equipos de colocación, compactación, reducción de cemento, mantenimiento, reparación, entre otros. (Pasquel, 1993)

Figura 1

Componentes del concreto.



Fuente. Tecnología del Concreto (Abanto, 1994)

Nota. La figura 1 muestra los componentes del concreto, indicando los porcentajes de cada material que lo componen, siendo los agregados que mayor volumen ocupan.

2.2.1.2. Propiedades del concreto endurecido

a. **Elasticidad.** Es la capacidad que tiene el concreto de deformarse bajo solicitaciones de carga, pero no siendo permanente esta deformación. El concreto no es un material elástico por excelencia, sin embargo, posee un Módulo de Elasticidad que oscila entre 250 a 350 kg/cm², y está en relación directa con la resistencia a compresión del concreto, y en relación inversa con la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores, y por ende mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. La norma que establece como determinar el Módulo de Elasticidad del concreto es la ASTM C469. (Rivva, 1992)

b. **Durabilidad.** Es la capacidad del concreto de resistir la intemperie, a la acción de productos químicos y al desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (Abanto, 1994)

c. **Resistencia a la compresión.** Se define como la capacidad que tiene el concreto de soportar una carga por unidad de área. Es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. El ensayo de resistencia a la compresión es la prueba que comúnmente se somete al concreto en estado endurecido, y sirve para determinar la calidad de la mezcla. Se practica a muestras cilíndricas de concreto, generalmente a los 28 días de edad. A estos testigos se le aplican cargas axiales perpendiculares, donde la resistencia a la compresión se calcula al dividir la máxima carga aplicada, sobre el área de la sección transversal de la muestra, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm² o MPa, mediante rotura de testigos cilíndricos de 6" x 12". (Rivva, 1992)

d. Resistencia a la flexotracción. Es la capacidad del concreto de resistir a la falla por momento, mediante la aplicación de cargas en el tercio central de la luz de una viga o losa. Se calcula mediante la aplicación de cargas a una viga de sección transversal cuadrada, con una luz mínima de tres veces el espesor. La resistencia a la flexotracción se expresa como el Módulo de Rotura (MR), y es determinada mediante ensayos de aplicación de cargas en los puntos tercios, o en el punto medio de la viga. Para determinar la calidad del concreto, el MR debe resultar entre el 10% y 20% de la resistencia a compresión obtenida, mediante rotura de testigos prismáticos de 6" x 6" x 18". (Rivva, 1992)

2.2.1.3. Propiedades del concreto fresco

a. Segregación. Es la tendencia natural de descenso de las partículas más pesadas debido a las densidades de los componentes del concreto. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por la mala distribución de las partículas o una granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan de la mezcla, y se produce lo que se conoce como segregación. (Rivva, 1992)

b. Exudación. Propiedad por la cual una parte del agua se separa de la masa y sube hacia la superficie de la mezcla de concreto, es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. La exudación está influenciada por la cantidad de elementos finos en los agregados y el cemento, mientras más grado de finura posean estos materiales, la exudación será menor, pues se retendrá el agua de la mezcla. La exudación es propia del concreto y es inevitable que se produzca, por eso es necesario evaluarla y controlarla. (Rivva, 1992)

c. Trabajabilidad. Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos 1/4 de pulgada sobre el agregado grueso. El

concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que, en los encofrados y todos los espacios alrededor de los refuerzos de acero, la masa fluya mejor, a fin de lograr una colocación homogénea sin inconvenientes posteriores, y así evitar posibles cangrejas o separación de agregados. (Rivva, 1992)

d. Contracción. Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia el concreto. Se produce cuando la pasta de cemento se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación con los demás componentes, es la responsable de los problemas de fisuración. Aunque se recuperaría gran parte de la contracción si se repone el agua perdida, en muchos casos esta fisuración es inevitable, por lo que solo resta preverla y orientarla. (Rivva, 1992)

e. Consistencia. Es la propiedad del concreto en estado fresco que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad, así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable en pavimentos puede tener poca consistencia, pero, por otro lado, una mezcla poco trabajable para estructuras con alta concentración de acero, puede tener gran consistencia. (Lezama, 1996)

2.2.1.4. Ensayo de resistencia a compresión del concreto

Según la NTP 339.034 (2008), el método de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión del testigo es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta del testigo.

Del mismo modo, el Manual de Ensayos de Materiales en su capítulo MTC E 704 menciona que, el ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos consiste en

aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados de este método son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado, operaciones de colocación, determinación del cumplimiento de las especificaciones, control para la evaluación de la efectividad de los aditivos, y usos similares. Los elementos más usuales de este ensayo son:

a. Equipo. El equipo principal es la Máquina de Ensayos, que es un tipo que tiene suficiente capacidad de carga y que reúne las condiciones de velocidad necesarias. Su velocidad de movimiento de esfuerzo sobre el testigo es de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. Dicha velocidad de movimiento se mantiene al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada. (NTP 339.034, 2008)

b. Muestra. Las muestras son generalmente testigos de concreto cilíndricos de 15 centímetros de diámetro por 30 centímetros de alto, usualmente se ensayan a los 7, 14, 21 y 28 días de edad, después de ser fabricados. No se deben ensayar si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más de 2%. (NTP 339.034, 2008)

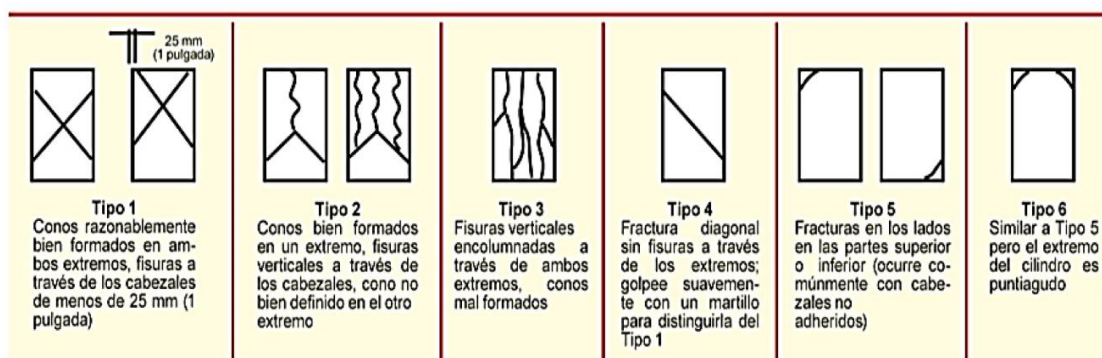
c. Procedimiento. Según la NTP 339.034, el procedimiento es el siguiente:

1. El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.
2. Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.
3. Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior.

4. Se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.
5. Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos.
6. Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.
7. Se aplica la carga hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra un patrón de falla bien definido
8. Se registra la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anota el patrón de falla de acuerdo con los modelos de la Figura de *Tipos de fracturas en testigos cilíndricos*, si se ajusta a alguno de ellos. En caso contrario se harán un dibujo y una descripción del tipo de falla producido.
9. Si la resistencia medida es muy inferior a la esperada, se examina el cilindro para detectar zonas con vacíos o con evidencias de segregación o si la fractura atraviesa partículas del agregado grueso y se verifican, también, las condiciones del refrentado.
10. Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada.

Figura 2

Tipos de fracturas en testigos cilíndricos.



Fuente. Adaptada de NTP 339.034 (2008)

Nota. La figura 2 muestra los distintos tipos de falla que se presentan en los testigos cilíndricos de concreto sometidos a ensayos de resistencia a la compresión.

2.2.1.5. Ensayo de resistencia a flexotracción del concreto

Según la NTP 339.078 (2012), el ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre.

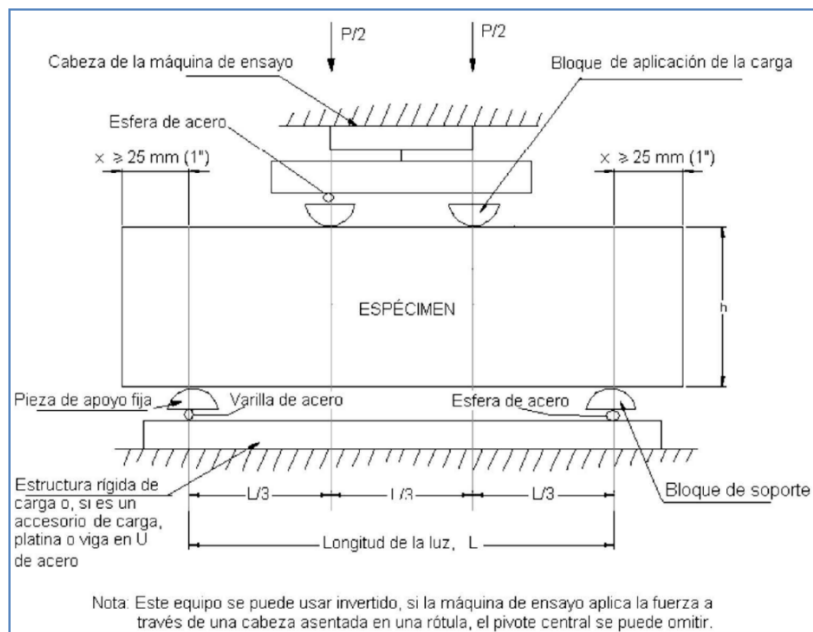
Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la flexión de especímenes preparados y curados con las normas vigentes. Los resultados se calculan y reportan como el Módulo de Rotura. La resistencia que se determina variará si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, o si la viga ha sido moldeada o cortada al tamaño requerido. (NTP 339.078, 2012)

Según el Manual de Ensayos de Materiales en su capítulo MTC E 709, el objetivo de este ensayo es, establecer el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, por medio del uso de una viga simple cargada en los tercios de la luz. La finalidad es obtener el valor del módulo de rotura indicado en kg/cm² o MPa. Los elementos más usuales de este ensayo son:

a. Equipo. El equipo principal es la Máquina de Ensayos, que debe cumplir los requisitos de las secciones sobre la base de la verificación, correcciones, e intervalo de tiempo entre verificaciones, según la ASTM E4. Esta máquina es capaz de aplicar cargas a una velocidad uniforme, sin golpes ni interrupciones. Todos los aparatos utilizados en el ensayo de flexión del concreto deben ser capaces de mantener la longitud especificada de la luz entre apoyos y las distancias entre los bloques de aplicación de carga y los bloques de apoyo constantes, con una tolerancia de $\pm 1,3$ mm. (NTP 339.078, 2012)

Figura 3

Esquema de equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto.



Fuente. MTC E 709 (MTC, 2016)

b. Muestra. Las muestras son testigos prismáticos de concreto, generalmente de dimensiones 6 x 6 x 21 pulgadas o 15 x 15 x 55 centímetros. Estos especímenes de ensayo deben cumplir con los requerimientos de la norma MTC E 702. Las muestras deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Los lados de la muestra deben de la muestra deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies en contacto con los bloques de aplicación de carga

y de soporte deben ser suaves y libres de grietas, indotaciones, agujeros o inscripciones.
(MTC, 2016)

c. Procedimiento. Según la NTP 339.078, el procedimiento para llevar a cabo el ensayo de resistencia a la flexión del concreto es el siguiente:

1. La prueba de flexión se realizará tan pronto como sea posible, luego de retirar la viga de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura.
2. Cuando se usan vigas moldeadas, se gira sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre las placas de apoyo. Cuando se usan vigas cortadas, se posiciona ésta para que la tensión corresponda a la superficie superior o al inferior de la misma, tal como se hizo el corte inicialmente.
3. Se centra el sistema de aplicación de carga en relación con la fuerza aplicada. Se colocan los bloques a los cuales se aplicará la carga en contacto con la superficie de la muestra en los tercios de la luz de la viga y aplicar una carga entre 3 % y 6% de la carga de rotura estimada. Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario refrentar, lijar o poner una cuña de cuero. Las tiras de cuero serán de un espesor uniforme de 6 mm y tendrán un ancho comprendido entre 25 mm a 50 mm, y deberán extenderse a todo el ancho de la viga. Los espacios de más de 0.40 mm deben ser eliminados solamente mediante refrentado o esmerilado. El lijado de las superficies laterales debe ser mínimo, debido a que esta acción puede cambiar las características físicas de la muestra.
4. Se aplica la carga al espécimen de forma continua y sin impactos. La carga se aplica a una velocidad constante hasta el punto de ruptura. Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0.9 MPa/min y 1.2 MPa/min, hasta producir la rotura de la viga.

5. Para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra para su aplicación en el cálculo del módulo de ruptura, tomar las mediciones a través de una de las caras fracturadas después de la prueba. El ancho y profundidad se miden en la muestra conforme se dispuso para el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Tomar tres medidas a lo largo de cada dimensión (una en cada extremo y al centro), para determinar el ancho promedio, altura promedio y ubicación de la línea de fractura de la viga en la sección de falla. Tomar todas las medidas con una precisión de 1 mm. Si la fractura ocurre en una sección de refrendado, se incluye la medida del espesor de la capa.
6. Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el Módulo de Rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

Mr: Módulo de rotura, en MPa.

P : Carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N.

L : Luz libre entre apoyos, en mm.

b : Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

h : Altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

7. Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre, el Módulo de Rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

a : Distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm.

2.2.1.6. Ensayo de consistencia del concreto

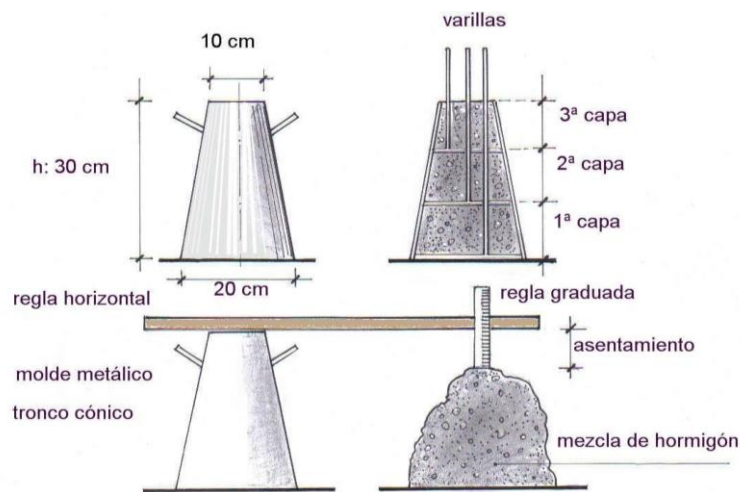
Para Rivva (1992), la consistencia del concreto se define mediante el revenimiento o asentamiento de la mezcla de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. La prueba para tipificar la consistencia del concreto se realiza mediante el ensayo de asentamiento (*Slump*), a través del cono de Abrams, y es utilizado para determinar la fluidez del concreto. Se le llama revenimiento o asentamiento a la diferencia de altura que hay entre la parte superior del molde y la parte superior de la mezcla fresca después de retirar el molde, esta distancia se expresa generalmente en pulgadas, centímetros o milímetros.

La Norma Técnica Peruana (NTP 339.035), señala los instrumentos, materiales y procedimientos para llevar a cabo este ensayo, que se detallan a continuación:

a. Instrumentos. El molde (cono de Abrams), está constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, con un espesor mínimo de 1,5 mm y su forma es la de un tronco de cono abierto en sus extremos. Las dos bases son paralelas entre sí, de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm en la base superior formando ángulo recto con el eje del cono. La altura del cono es de 30 cm y está provisto de agarraderas en los costados y aletas de pie. Por otro lado, la barra compactadora es una barra de acero lisa de 16 mm (5/8") de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminado en punta semiesférica.

Figura 4

Cono de Abrams para medir el asentamiento del concreto.



Fuente. Control de calidad del concreto (Gastañadui, s.f.)

Nota. La figura 4 muestra las dimensiones típicas de un cono de Abrams, también muestra el procedimiento para determinar el asentamiento de la mezcla de concreto.

b. Materiales. Los materiales a utilizar sobre la cual se realizan las pruebas, son las muestras de concreto fresco representativas de cada tanda.

c. Procedimiento. El procedimiento para llevar a cabo este ensayo es:

1. Mojar el molde y colocar sobre una superficie plana no absorbente. Mantener inmóvil pisando firmemente las aletas. Seguidamente llenar el molde vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada ocupe la tercera del volumen del molde.
2. Cada capa se compacta dando 25 golpes con la barra compactadora, aplicado uniformemente en toda la sección del molde. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
3. El molde se debe llenar por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiere una diferencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para

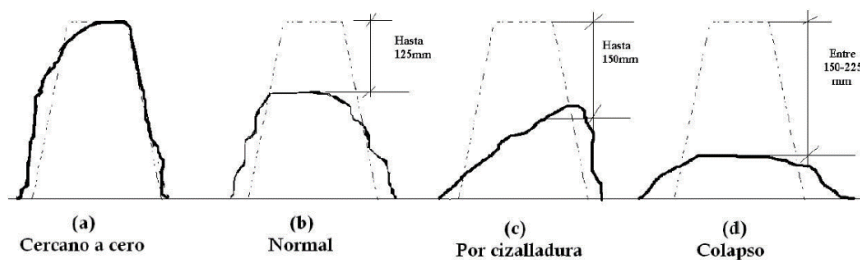
mantener un exceso por encima del molde. Luego se procede a enrasar utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

4. Una vez terminada la operación anterior, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.
5. La consistencia del concreto estará determinada por la diferencia de altura que hay entre el molde y la altura del cono deformado, medida en el eje y expresada en centímetros o pulgadas.

Para Neville (1999), la forma que adopta la mezcla de concreto fresco después de retirar el cono de Abrams puede ser como algún caso que se muestra a continuación:

Figura 5

Formas que adopta la mezcla de concreto en la prueba de asentamiento.



Fuente. Tecnología del Concreto (Neville, 1999)

Nota. La figura 5 muestra las distintas formas que adopta la mezcla del concreto fresco tras realizar el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.

a. Revenimiento cercano a cero. Puede ser el resultado del concreto que tiene todos los requisitos de trabajabilidad, pero con poco contenido de agua, o se trata de un concreto hecho con agregados gruesos que permiten que el agua drene fuera de la mezcla sin que esto produzca algún cambio de volumen.

b. Revenimiento normal. Se trata de concreto con buena o excelente trabajabilidad. El revenimiento usado para concreto estructural se sitúa entre 2 y 7 pulgadas.

c. Revenimiento por cizalladura o cortante. Indica que el concreto carece de plasticidad y cohesión. Un resultado satisfactorio de esta prueba es cuestionable.

d. Colapso en el revenimiento. Indica un concreto obtenido con concretos pobres, hechos con agregados gruesos en exceso o mezclas extremadamente húmedas. En este tipo de concretos, el mortero tiende a salir del concreto, quedando el material grueso en el centro del cono, es decir hay segregación.

Tabla 1

Clasificación de la consistencia según el asentamiento del concreto.

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0 - 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3 - 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	$\geq 5"$	Muy trabajable	Picado con barra

Fuente. Comité 211 ACI

Nota. En la tabla 1 se muestra la clasificación de la consistencia del concreto según el asentamiento obtenido en el ensayo con el cono de Abrams por Comité ACI 211.

2.2.2. Diseño de mezcla

Según Abanto (1994), el diseño de mezcla es la cantidad de materiales que va contener el concreto. La selección de las proporciones implica un balance entre economía razonable y el requerimiento de ciertas características que se desea que tenga el concreto al momento de la colocación de la mezcla y en el futuro.

Pasquel (1993) afirma que, el propósito del diseño de mezcla es determinar las proporciones adecuadas de los diferentes componentes que constituye la mezcla de concreto. Se tiene diferentes métodos para el diseño de mezcla, pero no se conoce aún que método ofrece mejores resultados, esto debido a las múltiples variables de los cuales depende el concreto; sin embargo, el más utilizado y recomendado es del Comité ACI 211.

2.2.2.1. Método de diseño de mezcla del Comité ACI 211

Pasquel (1993) menciona que, el método de diseño del Comité 211 del ACI (Instituto Americano del Concreto) es el idóneo, ya que aprovecha el parámetro de resistencia, no solo para tomar consideraciones ante posibles imperfecciones constructivas del concreto, sino que también para incrementar los factores de seguridad en piezas sometidas a determinadas sollicitaciones, ya sea por su tipo de falla o por la importancia de estos elementos dentro del conjunto estructural total.

Este método ofrece una serie de pasos para una mezcla de concreto convencional, están incluidas las modificaciones a la mezcla y los ajustes por humedad de los áridos.

1. Resistencia de diseño promedio: se cuenta con resultados estadísticos de producción:

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 Ds$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 Ds - 35$$

Donde:

f'_{cr} : Resistencia promedio requerido a la compresión.

$f'c$: Resistencia específica a la compresión.

Ds : Desviación estándar

El valor del f'_{cr} de diseño será el mayor valor obtenido de ambas fórmulas

2. Cuando no se cuente con resultados estadísticos de producción, o cuando no se cuente con registros sobre las desviaciones estándar del concreto, el comité del ACI considera que el cálculo del f'_{cr} será según la siguiente tabla.

Tabla 2

Resistencias a la compresión requeridas.

$f'c$ especificado	f'_{cr} (kg/cm ²)
< 210	$f'c + 70$
210 – 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

Fuente. Método ACI 211

3. La selección de Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso es de acuerdo a las especificaciones establecidas en el proyecto y a los ensayos en laboratorio.
4. Selección del asentamiento deseado es de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3

Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras.

Tipo de estructuras	Asentamiento (Slump)	
	máximo	mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras.	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente. Método ACI 211

5. Cálculo del volumen de agua o la cantidad de agua de mezclado y la selección del contenido de aire, como indica la siguiente tabla:

Tabla 4

Cantidades aproximadas de agua de amasado para distintos asentamientos.

Asentamiento	Agua, en lit/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos 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	
% aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concretos 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	
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderado	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente. Método ACI 211

6. Cálculo de la relación agua-cemento (a/c), como muestra la siguiente tabla:

Tabla 5

Relación agua/cemento vs. f'c

f'c a 28 días (kg /cm ²)	Relación agua / cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-----
400	0.42	-----
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente. Tabla del Método ACI 211

7. Obtención del contenido de aire según el Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6

Porcentaje de aire atrapado

TMN	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%
4 "	0.20%

Fuente. Tabla del Método ACI 211.1

8. Cálculo del factor cemento (FC):

$$Factor\ Cemento = \frac{Agua}{a/c}$$

9. Cálculo de la cantidad de agregado grueso, según indica la siguiente tabla:

Tabla 7*Cantidad de agregado grueso.*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad del volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	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"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente. Tabla del Método ACI 211

10. Cálculo de los volúmenes absolutos (agregado grueso, agua, cemento y aire)
11. Corrección por humedad superficial de los agregados:

$$\text{Peso Agregado Humedo} = \text{Ag. Seco} * (100\% + \text{Cont. Humed. } \%)$$

2.2.3. Cemento

Pasquel (1993), menciona que el cemento es un aglomerante absorbente, proveniente de la incineración de rocas de calizas, areniscas y arcillas, con el fin de obtener un material fino que en combinación con el agua se fragua obteniendo propiedades adherentes y resistentes.

Del mismo modo, Rivva (2010) define al cemento como un material pulverizado que posee la propiedad de, por adición de una cantidad conveniente de agua, formar una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto con el agua y como al aire, y formar compuestos estables.

2.2.3.1. Cemento Portland

Saavedra (2013) define al cemento Portland como un polvo de color gris, más o menos verdoso, de gran valor como material estructural, a consecuencia de alcanzar dureza

pétreo después de ser amasado con agua, es también un aglomerante hidráulico por excelencia.

Para Calderón y Martínez (2017), el cemento Portland es una mezcla de piedras calizas y arcillas calcinadas a grandes temperaturas, y que, después de ser molidas se combinan con yeso resultando un polvo fino de color verdoso.

Sanjuán y Chinchón (2005), detallan las características de los 5 tipos de cemento Portland definidas por la norma ASTM C150:

a. Tipo I: Es el cemento normal, el que todos conocemos, usado en la construcción de obras de concreto en general: viviendas, estructuras, edificaciones, etc. Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.

b. Tipo II: Tiene una resistencia media a los ataques de sulfatos y se utiliza en obras de construcción en general, y en construcciones expuestas a la acción moderada de sulfatos, o que requieren un calor de hidratación moderado. Por lo general este cemento es utilizado en la realización de tuberías de concreto y puentes.

c. Tipo III: Este desarrolla una alta resistencia en un tiempo menor, en 3 días su resistencia a la compresión es la misma que las del tipo I, o II en 7 días. Se utiliza por ejemplo para la construcción de elementos prefabricados o construcciones de emergencia.

d. Tipo IV: Es un cemento de secado lento por lo que no genera gran cantidad de calor de hidratación, siendo ideal para vaciados de concreto masivos, que no requieran una alta resistencia inicial. Es utilizado en estructuras de concreto muy grandes, como diques o represas.

e. Tipo V: Este cemento se usa en construcciones que necesiten una resistencia elevada al ataque concentrado de sulfatos y sales. Se utiliza por ejemplo en la construcción de alcantarillas, canales de conducción e infraestructuras portuarias.

2.2.3.2. Composición química del cemento Portland

Abanto (1994) menciona que, como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante, hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento, y son: dióxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido férrico (Fe_2O_3) y óxido de calcio (CaO). Cada uno de estos cuatro compuestos contribuyen en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación.

Según las especificaciones técnicas de algunas fábricas, las propiedades químicas del cemento Portland se manifiestan a través del contenido de óxidos en porcentajes. Los principales son: silicio, aluminio, óxido férrico y calcio, como se muestra a continuación:

Figura 6

Propiedades químicas del cemento.

Descripción	Tipo I
Dióxido de silicio + RL($\text{SiO}_2 + \text{Ri}$)	21,72
Oxido de Aluminio, Al_2O_3	3,97
Oxido férrico, $\text{Fe}_2\text{O}_3\%$	3,41
Oxido de calcio, $\text{CaO}\%$	64,90
Oxido de Magnesio, $\text{MgO}\%$	2,21
Trióxido de Azufre, $\text{SO}_3, \%$	2,04
Perdida de calcinación, $\text{PF.}\%$	0,59
Residuo insoluble, $\text{R.I.}\%$	0,70
Cal Libre	0,90

Fuente. Especificaciones Técnicas del cemento Portland (Cementos Yura, 2012)

Nota. La figura 6 muestra los elementos químicos que componen al cemento Tipo I, siendo el dióxido de silicio y el óxido de calcio los que más presencia tienen en el cemento.

2.2.3.3. Cementos adicionados

Kosmatka (2004) define que, los cementos adicionados son una combinación de cemento Portland, mezclados o molidos juntamente con puzolanas, escorias o cenizas.

Así mismo, Blondi (s.f) afirma que, como ventaja adicional y no menos importante, los concretos con cementos adicionados presentan algunas ventajas tecnológicas con respecto a los tradicionales, sobre todo en referencia a resistencias mayores a largo plazo y mayor durabilidad gracias a la impermeabilidad y a las adiciones en sí mismas. Ante estas ventajas, el mundo usa actualmente los cementos adicionados de manera muy extendida (alrededor del 85%). Estas adiciones se pueden clasificar en tres tipos:

a. Escorias: Las escorias provienen de residuos de hornos durante la fabricación del acero en la industria siderúrgica, y contiene compuestos adecuados para una adición con cementos hidráulicos. Para servir como adición, las escorias deben ser de constitución vítrea, para lo cual el enfriamiento de la escoria al salir del horno debe ser brusco y no permitir un enfriamiento lento que produzca cristalización.

b. Puzolanas: Las puzolanas son materiales sílico-aluminosos, que por sí solo poseen poco o ningún valor cementante, pero que finamente dividido y en un medio húmedo a temperatura ordinaria, reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio, formando un compuesto con propiedades cementantes. Su origen es de rocas volcánicas muy fragmentadas y de composición basáltica; históricamente fue el elemento conglomerante más usado en la construcción, hasta la invención del cemento Portland en el siglo XIX.

c. Cenizas: Las cenizas están consideradas como puzolanas artificiales, muchas se constituyen de subproductos de uso nulo de otros rubros como la agricultura. Estos insumos orgánicos al ser incinerados, liberan químicamente altos porcentajes de sílices y alúminas, y que, al momento de hidratarlas son capaces de reaccionar al igual que el cemento.

2.2.4. Agregado

Según Ferrex (2018), el agregado es aquel material granular que puede ser arena, grava, piedra triturada o algún elemento artificial. Por lo general son minerales resultantes de erosiones geológicas producidas por el agua y el viento, que se encuentran en ríos y valles.

Existen diferentes clasificaciones de los agregados, que van desde el color, composición química, origen o tamaño, pero los principales son los agregados gruesos y los agregados finos; estos últimos aportan al concreto volumen y dureza.

2.2.5. Agregado grueso

La NTP 400.037 señala que, el agregado grueso es procedente de la disgregación natural de las rocas mediante un proceso de trituración o desgaste. Los agregados son conformados por partículas de grava y piedra chancada. La piedra chancada se obtiene mediante un proceso de trituración de rocas, es de forma angular o semi angular, de textura rugosa y sonido metálico. Por otra parte, las gravas son denominados cantos rodados provenientes de rocas, que, tras un proceso de desgaste natural, adquirieron una morfología más o menos redondeada u oblonga, sin aristas y con la superficie lisa.

Por otro lado, Berna (2009) señala que, el agregado grueso es el insumo principal para fabricar el concreto. En consecuencia, se debe usar la cantidad necesaria y del tamaño correspondiente, teniendo en cuenta las condiciones para su colocación y resistencia. Incluso si requiere alcanzar una resistencia mínima, se debe utilizar el mayor tamaño posible del agregado grueso, la Tabla 8 muestra cómo se clasifica un agregado grueso por su forma.

Tabla 8

Clasificación del agregado grueso por su forma.

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción	Grava de río o playa
Laminar	Material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones	Roca laminada
Angular	Posee bordes bien definidos y caras planas	Roca triturada
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones	.....

Fuente. Norma Técnica Peruana 400.037

Tabla 9*Clasificación del agregado grueso por su textura.*

Grupo	Textura de la superficie	Características	Ejemplos
1	Vidrio	Fractura concoidal	Pedernal negro, escoria vitrea
2	Lisa	Desgastado por agua, o debido a fractura de lámina o roca de grano fino	Gravas, esquisto, pizarras, mármol, algunas riolitas
3	Granulosa	Fractura que muestra granos uniformes más o menos pulidas	Arenisca, oolita
4	Rugosa	Fractura rugosa de rocas granular fina - a media - que tiene constituciones cristalinas que no se pueden ver fácilmente	Basalto, felsita, pórfido. Caliza
5	Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles	Granito, gabro, gneis
6	Panal de abeja	Con cavidades y poros visibles	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, ladrillo, vitreo, barro expandido

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037*Nota.* La Tabla 9 muestra cómo se clasifica un agregado grueso por su textura:**2.2.5.1. Análisis granulométrico del agregado grueso**

Según la NTP 400.037 (2014), el análisis granulométrico es el procedimiento manual o mecánico por el cual se separa las partículas que constituyen al agregado, de tal manera que se pueda conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta este material.

En el mismo sentido la NTP 400.012 (2001), se refiere al análisis granulométrico como la representación de un valor numérico a la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. La cual se concreta pasando una muestra representativa de agregado en una fila de tamices ordenados de menor a mayor tamaño según su abertura, en forma ascendente, y según los límites y parámetros establecidos en esta norma.

Tabla 10*Tamices para agregado grueso*

	Tamaño de tamices
Grupo de tamices para el agregado grueso	4,75 mm (N° 4)
	9,50 mm (3/8")
	12,5 mm (1/2")
	19,0 mm (3/4")
	25,0 mm (1")
	37,5 mm (1 1/2")
	50,0 mm (2")
	63,0 mm (2 1/2")
	75,0 mm (3")
90,0 mm (3 1/2")	

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037*Nota.* La tabla 10 muestra los tamaños de tamices para el agregado grueso:**Tabla 11***Cantidad mínima de la abertura del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal de aberturas cuadradas del tamiz	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo kg (lb)
4,75 mm (N° 4)	0.5 kg (1 lb)
9,5 mm (3/8")	1 kg (2 lb)
12,5 mm (1/2")	2 kg (4 lb)
19,0 mm (3/4")	5 kg (11 lb)
25,0 mm (1")	10 kg (22 lb)
37,5 mm (1 1/2")	15 kg (33 lb)
50 mm (2")	20 kg (44 lb)
63 mm (2 1/2")	35 kg (77 lb)
75 mm (3")	60 kg (130 lb)
90 mm (3 1/2")	100 kg (220 lb)

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012*Nota.* La tabla 11 muestra la cuantía de muestra mínima del agregado grueso.**2.2.5.2. Módulo de fineza del agregado grueso**

Según la NTP 400.037 (2014), el módulo de fineza es un índice de finura del agregado, cuanto mayor es el MF, más grueso es el agregado. Se obtiene con la suma de porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz normado: 1½", 1", ¾", ½", ⅜" y #4,

adicionalmente se considera los tamices #8, #16, #50 y #100 para mayor precisión. La suma total se divide entre 100, el módulo de fineza es proporcional a la granulometría.

$$MF = \frac{\Sigma(\% \text{ Retenido Acumulado})}{100}$$

2.2.5.3. Peso específico del agregado grueso

La NTP 400.021 (2013) establece que, el peso específico o gravedad específica, es una propiedad física de los agregados, se determina por la relación del peso y volumen de una masa, por lo tanto, depende principalmente de las características del grano del agregado. Por lo general los agregados poseen poros saturables y no saturables que depende de la permeabilidad interna de los vacíos, que puede estar llenos de agua. La característica que prevalece al momento de diseñar una mezcla es la densidad aparente, que define la relación entre el peso del agregado y volumen que ocupa las partículas. El peso específico es muy importante para el diseño de mezcla, ya que determina la cantidad del agregado a utilizar.

2.2.5.4. Absorción del agregado grueso

La NTP 400.021 (2013) establece que, la absorción en los agregados gruesos, es la variación de masa por factores como el agua y la porosidad de los áridos. No se considera el agua contenida en la superficie del agregado. Los datos son expresados en unidades de porcentaje de la masa seca.

2.2.5.5. Peso unitario suelto del agregado grueso

Según la NTP 400.017 (1999), el objetivo del ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso, es tener la proporción de las partículas con el volumen total del envase normalizado. Para ello, el agregado es vertido desde una altura no mayor a cinco centímetros con una pala sobre el recipiente sin generar ninguna presión. Los espacios que generan las partículas están en cierta relación con el acomodo de estas. El peso unitario del agregado influye mucho sobre el tamaño de los agregados, peso específico, textura de las caras del agregado, su perfil y su grado compactación.

2.2.5.6. Peso unitario compactado del agregado grueso

La norma NTP 400.017 (1999) establece que, para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso, se debe realizar el método del varillado o compactado. El PUC es el peso de la unidad de volumen de material a granel en condiciones de compactación. El apisonado se realiza con la finalidad de determinar el valor para ser utilizado en el diseño de mezcla y también para determinar la relación de masa y volumen cuando se desconoce el grado de compactación.

2.2.5.7. Ensayo de resistencia a la abrasión del agregado grueso

La NTP 400.019 (2002) menciona que, la prueba de abrasión del agregado grueso se realiza para comprobar la dureza de las partículas al desgaste y erosión. Según investigaciones anteriores, las rocas empleadas en concretos resistentes a la abrasión o erosión, se encuentran el cuarzo, la cuarcita, rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas. El ensayo para la dureza se realiza por el método indirecto, que es la colisión constante entre el agregado y unas bolas de acero dentro de un equipo especial denominada *Máquina de los Ángeles*. Los resultados se cuantifican por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{(P_0 - P_F)}{P_0} * 100$$

Donde:

Po: Peso inicial de muestra seca (gr).

Pf: Peso final de la muestra posterior al ensayo, lavada en el tamiz #12 (gr).

Para realizar este ensayo, se selecciona una carga abrasiva para introducirlo con las esferas de fundición, que tienen unos 46 mm de diámetro, y unos 400 a 440 gramos de masa.

Tabla 12*Carga abrasiva para el agregado grueso.*

Gradación	Numero de esferas	Masa de la carga (gr)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente. Norma Técnica Peruana 400.019*Nota.* La tabla 12 muestra la cantidad de esferas a utilizar en el ensayo de abrasión.**Tabla 13***Peso de la muestra según la gradación.*

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, en gramos			
Que pasa	Retenido sobre	A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,50 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N° 4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	.....	.....	.....	5000
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente. Norma Técnica Peruana 400.019*Nota.* La Tabla 13 muestra el tipo de clasificación del agregado grueso para el ensayo de abrasión según la cantidad de material retenido o que pasa en los tamices establecidos.**2.2.5.8. Contenido de humedad del agregado grueso**

Según la NTP 339.185 (2013), el contenido de humedad es el porcentaje de agua que tiene el agregado, y está en relación con el tamaño, cantidad, permeabilidad y volumen de poros que posee. El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de humedad evaporable para el diseño de mezcla. Las partículas pasan por cuatro etapas:

- a. Totalmente seco:** Se logra secando el material al horno a 110 °C durante 24 horas.
- b. Parcialmente seco:** Se logra mediante exposición al aire libre o al ambiente.
- c. Saturado y superficialmente seco (SSS):** En este estado, los agregados tienen

sus poros llenos de agua, pero superficialmente se encuentran secos. Normalmente este estado se logra en el laboratorio.

d. Totalmente húmedo: Es cuando la muestra de agregado está llena de agua y además existe agua libre superficial.

El porcentaje de humedad en los agregados se determina mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$\% W = \frac{P_0 - P_S}{P_S} * 100$$

Donde:

W: Contenido de humedad (%)

P₀: Peso natural de la muestra (gr)

P_S: Peso seco de la muestra (gr)

2.2.6. Agregado fino

Para Berna (2009), el agregado fino se le denomina a la arena, y se usa principalmente como un llenante, además actúa como lubricante para el desplazamiento de los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto. La falta de arena se refleja mayormente en la aspereza de la mezcla, y un exceso de arena demanda mayor cantidad de agua para obtener un asentamiento determinado, ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua, esta necesitará mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua cemento.

2.2.6.1. Análisis granulométrico del agregado fino

Según la NTP 400.037 (2014), la granulometría del agregado fino, tiene como finalidad determinar la gradación del material que se usará en el concreto, para así cumplir la distribución de tamaño de partículas exigidos por el diseño de mezcla seleccionado. Se sabe que la relación agua-cemento se mantiene constante, y la relación entre el agregado fino y el agregado grueso se eligen siguiendo el método de diseño de mezcla establecido. Para la

verificación de la calidad de los agregados finos, se deben cumplir con los límites del uso según lo especificado por las normas, como se detalla en la Tabla 14:

Tabla 14

Límites de la granulometría del agregado fino.

Tamiz	Abertura (mm)	Normativa N.T.P 400.037	
		Inferior	Superior
3/8"	9.50	100	100
N°4	4.75	95	100
N°8	2.36	80	100
N°16	1.18	50	85
N°30	0.60	25	60
N°50	0.30	5	30
N°100	0.15	0	10

Fuente. Norma Técnica Peruana 400.037

2.2.6.2. Módulo de fineza del agregado fino

La NTP 400.012 (2001), menciona que, el módulo de fineza sirve para determinar qué tan grueso o fino es el agregado. El MF se halla mediante la suma total de los porcentajes que fueron retenidos en los tamices 3/8", #4, #8, #16, #30, # 50 y #100, esta cantidad será dividida entre 100. Los agregados finos cuyos módulos de fineza estén comprendidos entre 2.2 y 2.8 tendrán menor segregación y mejor trabajabilidad en el concreto, y los que estén comprendidos entre 2.8 y 3.2 tendrán mejor comportamiento para los concretos de alta resistencia.

2.2.6.3. Peso específico del agregado fino

La NTP 400.022 (2013), denomina como peso específico, densidad relativa o gravedad específica, a la relación entre el peso y el volumen del agregado. Este dato se usa para el cálculo de proporción de mezclas, ya que determina el volumen absoluto que ocupa dicho material.

2.2.6.4. Absorción del agregado fino

Según la NTP 400.022 (2013), la absorción, es el incremento en masa del agregado debido a la penetración de agua en los poros de las partículas. La absorción del agregado fino

se calcula sumergiendo por un día la muestra en agua, y luego es secada en un horno normalizado. Este proceso representa al agregado en el interior del mezclado del concreto. Los valores de absorción se usan para calcular la cantidad de agua absorbida y así determinar la cantidad de agua necesaria para el diseño de mezcla.

2.2.6.5. Peso unitario suelto del agregado fino

La NTP 400.017 (1999) menciona que, el peso unitario suelto de un agregado seleccionado se obtiene del peso volumétrico de la muestra que entra en una unidad de volumen en estado suelto. Es decir, se coloca el material seco suavemente en un recipiente hasta el punto de derrame, después se nivela al ras el excedente, esto se hace soltando el material de cierta altura, finalmente se obtiene el peso de la muestra. Para usar el este método el agregado tiene que estar secada al aire.

2.2.6.6. Peso unitario compactado del agregado fino

La NTP 400.017 (1999) especifica que, el peso unitario compactado es cuando los granos han sido sometidos a compactación, incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas dentro de una unidad de volumen (recipiente). Este ensayo se realiza con el objetivo obtener la relación masa/volumen del agregado fino, con el fin de obtener el valor para el diseño de mezcla.

2.2.6.7. Contenido de humedad del agregado fino

La NTP 339.185 (2013), dice que los agregados están constituidos por material sólido y vacíos, que pueden contener agua o no, y para establecer el contenido de humedad, se deja secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de las partículas. Un secado muy rápido puede causar que exploten algunas partículas resultando en pérdidas. El contenido de humedad es una magnitud que expresa la cantidad de agua en un material sólido y se puede representar

en términos de una base de masa seca o de una base de masa húmeda. El contenido de humedad del agregado fino se calcula con la misma fórmula que del agregado grueso.

2.2.7. Agua

Para Berna (2009), el agua es un componente muy importante para la elaboración de mezclas de concreto y morteros, pues va a permitir que el cemento pueda desarrollar su capacidad ligante. Para cada una de las cuantías del cemento existe diversas cantidades de agua que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para hacer más fluida la pasta y para lubricar los agregados, y de esa manera obtener la trabajabilidad más adecuada de la mezcla. Sin embargo, excederse con esta proporción produce que dentro de la mezcla quede agua, y que cuando fragüe el concreto cree porosidad, reduciendo la resistencia. Por esta razón, cuando se requiera una mezcla bastante fluida, no debe lograrse con incremento de agua, sino incorporando aditivos plastificantes.

Del mismo modo, Rivva (2010) alega que, el agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr una formación de gel. Esto permite que el conjunto de la masa de concreto adquiera las propiedades que en estado fresco faciliten una adecuada manipulación y colocación, y que en estado endurecido se convierta en un producto con las propiedades y características deseadas. Como requisito de carácter general, y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que puedan ser utilizadas en la preparación de concreto.

2.2.8. Caña de azúcar

Ramírez (2008) define a la caña de azúcar como una gramínea tropical, un pasto gigante parecido al maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, que al ser extraído y cristalizado se logra obtener azúcar. Su proceso de producción inicia con la preparación del terreno (arado de tierra), etapa previa de la siembra de la caña, una vez que

la planta madura entre los 12 y 15 meses, las personas encargadas de la tarea de la cosecha se disponen a cortarla y recogerla a través de medios mecánicos o manuales, para llevarla a las fábricas procesadoras o ingenios. Una vez en estos sitios, se hacen muestreos para determinar las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas, luego se pesa en básculas y se conduce a los patios donde temporalmente se almacena, de ahí pasa a las mesas de lavado para dirigirla a una banda transportadora que las conduce para su picado, dándoles un tamaño uniforme para facilitar la extracción del jugo. Una vez que la caña ha sido preparada por las picadoras llega a un tándem de molinos, constituido cada uno de ellos por tres o cuatro mazas metálicas y mediante presión, se extrae el jugo de la caña. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua, generalmente caliente para extraer al máximo la sacarosa que contiene el material fibroso.

2.2.9. *Bagazo de caña de azúcar*

Se denomina bagazo de caña de azúcar a los restos del tallo de la caña que permanece luego de la última molienda de extracción de jugo de caña, estos residuos son almacenados en un lugar ventilado para que ser secados y posteriormente ser utilizados como combustible en las calderas y hornos de destilación de productos derivados de la caña. (Ramírez, 2008)

Para Antolín (2015), el bagazo de caña de azúcar es el material que queda como residuo luego de haber extraído el juego de la caña de azúcar. Está constituido por fibras lignocelulósicas que forman paredes de celda, con humedad condensada y algunos componentes minerales.

Según un artículo de SmartGreen (2019), el bagazo de caña de azúcar es una materia orgánica que se compone principalmente de fibra, sólidos insolubles y solubles. Son justamente estos componentes que pueden ser aprovechados para la obtención de productos como papel, cartón o plásticos biodegradables, y que se presentan como una gran alternativa

para dejar de utilizar los plásticos derivados del petróleo, que gran contaminación generan por su lenta descomposición.

2.2.10. Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

Hernández (2009) menciona que, la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) es un subproducto resultante de la fabricación de azúcar. Se origina de la incineración del bagazo de caña de azúcar en estado seco, donde se utiliza como combustible para las calderas de vapor y otras máquinas. La CBCA contiene gran porcentaje de sílice, que actúa como material cementante y puede ser emplearlo como aditivo puzolánico en el concreto.

De igual manera, Rodríguez (2015) coincide en que, la ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto industrial obtenido de la quema del bagazo de caña, que cuando es incinerado convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuyas propiedades puzolánicas depende principalmente de la temperatura de combustión, que debe oscilar entre 400 y 800 °C. Las cenizas que se producen bajo estas condiciones son consideradas de buena calidad para su empleo como material puzolánico en el concreto.

Por otro lado, Cadena (2014) indica que, investigaciones recientes a nivel mundial, demostraron la posibilidad de utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar, ya no como un compuesto que se le adiciona al concreto, sino que puede ser utilizado como sustituto del cemento en un determinado porcentaje, con la finalidad de obtener mezclas de concreto con mejores propiedades físicas y mecánicas.

2.2.10.1. Composición química de la CBCA

Criado (2007) menciona que, la composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar varía según la variedad de la caña y su edad, el tipo de suelo y la cantidad de fertilizantes. También depende de las condiciones atmosféricas, es decir, si el clima donde se siembra la caña es seco o húmedo. Las cantidades normales de ceniza que se obtiene de un tallo de bagazo de caña seco, son entre el 2 y 4% del volumen de la cantidad incinerada.

Tabla 15*Composición química de CBCA.*

Nombre	Forma abreviada	Porcentaje %
Sílice	SiO ₂	56.4
Oxido férrico + alúmina	FeO ₂ + Al ₂ O ₃	5.15
Oxido de calcio + oxido de magnesio	CaO + MgO	9.08
Álcalis	Na ₂ O y K ₂ O	12.6

Fuente. Criado (2007)

Nota. La tabla 15 es de la composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Estudios relacionados a la ceniza de bagazo de caña de azúcar, evaluaron a la composición mineralógica de las cenizas mediante la técnica de Difracción de Rayos X (DRX). Es así que, en la Universidad Nacional de Colombia, a través de *El Grupo de Investigación Materiales y Medio Ambiente GIMMA*, se estudiaron distintos lotes de CBCA, donde los resultados obtenidos evidencian gran similitud de la composición química de la ceniza de bagazo de caña con el cemento, estos resultados se muestran en la Tabla 16:

Tabla 16*Características químicas del CBCA y del cemento.*

Composición química	CBCA1	CBCA2	CBCA3	Cemento
SiO ₂	58,6	76,4	63,2	24,3
Al ₂ O ₃	11,8	5,8	8,5	4,3
Fe ₂ O ₃	5,8	4,5	6,4	3,0
CaO	3,0	3,3	3,9	58,8
MgO	2,2	2,3	4,3	1,4
K ₂ O	2,0	4,2	7,3	0,7
Na ₂ O	1,3	1,2	1,1	0,8
Perdidas por ignición	10,0	2,0	11,0	4,0
Tamaño de partícula (µm)	38,7	79,8	41,5	16,0

Fuente. El grupo de Investigación Materiales y Medio Ambiente GIMMA

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Concreto

El concreto es la mezcla de cemento, arena, piedra y agua, que se endurece conforme avanza la reacción química del agua con el cemento, obteniendo un material de gran resistencia. (Rivva, 1992)

2.3.2. Resistencia a la compresión

Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm² o MPa. (Osorio, 2013)

2.3.3. Resistencia a la flexotracción

Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada, mediante la aplicación de cargas puntuales en los tercios centrales de su luz libre. (Osorio, 2013)

2.3.4. Consistencia del concreto

Es el grado de plasticidad que tiene el concreto fresco, se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o húmedo está el concreto. El ensayo de asentamiento del concreto mediante el cono de Abrams es el método de control de calidad cuyo objetivo principal es determinar la consistencia del concreto. (Manzano, s.f.)

2.3.5. Cemento

Es un material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que mezclada con agua forma una pasta blanda que se endurece en contacto con la humedad o el aire; se emplea como un componente aglutinante en concretos y argamasas. (Pasquel, 1993)

2.3.6. Agregado grueso

El agregado grueso es un material proveniente de la desintegración natural o artificial de formaciones geológicas, generalmente está conformado por roca triturada obtenida de las fuentes seleccionadas o canteras. El agregado grueso le aporta volumen y dureza al concreto. (Berna, 2009)

2.3.7. Agregado fino

El agregado fino o se refiere al material cerámico inerte (arena), se usa como llenante, y actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad a la mezcla de concreto. (Berna, 2009)

2.3.8. Agua

Es la sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro. Se recomienda el agua potable para ser usado como materia prima para la elaboración y curado del concreto. (Maya, 2015)

2.3.9. Puzolana

La puzolana es un material sílico-aluminoso, que por sí solo posee poco o ningún valor cementante, pero que, expuesto a un medio húmedo, reacciona químicamente formando un compuesto con propiedades cementantes. (Chipana, 2014)

2.3.10. Puzolana natural

Las puzolanas naturales son aquellas que provienen de las cenizas volcánicas o rocas con alto contenido de sílice. (Jaigua & Vázquez, 2010)

2.3.11. Puzolana artificial

Las puzolanas artificiales son aquellas cenizas provenientes de la combustión de carbón, quema de arcillas o incineración de productos agrícolas. (Jaigua & Vázquez, 2010)

2.3.12. Caña de azúcar

Es una especie de planta con tallo largo y leñoso, que acumula jugo rico en sacarosa, que al ser extraído y cristalizado se obtiene el azúcar. (Ecured, s.f.)

2.3.13. Bagazo de caña de azúcar

Son fibras que quedan después de exprimir el jugo de la caña de azúcar, que al ser secado se utiliza como combustible. (Ecured, s.f.)

2.3.14. Ceniza de bagazo de caña de azúcar

Insumo que se obtiene al incinerar el bagazo de caña de azúcar, que al ser sometido a altas temperaturas se obtiene un polvillo con alto contenido de sílice y que puede ser utilizado como puzolana artificial por sus propiedades cementantes. (Ecured, s.f.)

Capítulo III:

Metodología de investigación

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto en Abancay, 2019.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a.** La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión del concreto.
- b.** La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la flexotracción del concreto.
- c.** La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la consistencia del concreto.

3.2. Método

Este estudio por su naturaleza es de método deductivo. Buendía, Colás y Hernández (1992), mencionan que “el método deductivo es aquel que parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular.”

3.3. Tipo de investigación

El presente estudio reúne las características para ser una investigación del tipo aplicada. Para Hernández, Fernández y Baptista (2010), la investigación aplicada busca primero conocer, para luego actuar, construir o modificar; basándose en resolver los problemas de una manera práctica, con un margen de generalización limitada; asimismo la información obtenida a través de esta investigación deberá ser también aplicable en cualquier lugar y por tanto ofrece oportunidades significativas para su difusión.

3.4. Nivel o alcance de investigación

El nivel de investigación adoptado en el presente estudio es descriptivo. Para Hernández, Fernández y Baptista (2010), este tipo de estudios buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Se emplea cuando el objetivo es detallar cómo son y cómo se manifiestan fenómenos, situaciones, contextos y eventos; busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice.

3.5. Diseño de investigación

El diseño de investigación considerado en el presente estudio es experimental con un enfoque cuantitativo. Hernández, Fernández y Baptista (2010), afirman que, las investigaciones experimentales manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.

El enfoque cuantitativo, mide las variables en estudio en un determinado contexto, se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

3.6. Operacionalización de variables

3.6.1. Variable independiente

X/I: Ceniza de bagazo de caña de azúcar empleado como sustituto parcial del cemento.

Dimensiones:

- Sustitución del 10%
- Sustitución del 15%
- Sustitución del 20%

3.6.2. Variable dependiente

Y/D: Resistencia a la compresión y flexotracción del concreto.

Dimensiones:

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexotracción

3.6.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 17

Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento
Independiente: Ceniza de bagazo de caña de azúcar empleado como sustituto parcial del cemento	La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un insumo que se obtiene de la incineración de la caña de azúcar, contiene gran porcentaje de dióxido de silicio y óxido aluminio que le aportan propiedades químicas cementantes, y que puede ser utilizado en el concreto. (Hernández, 2009)	Se sustituye un porcentaje del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar en la elaboración de concreto, con la finalidad de obtener una mezcla con propiedades similares a la de un concreto convencional. (Cadena, 2014)	Cantidad de ceniza de bagazo de caña de azúcar a sustituir por cemento	Sustitución del 10%	Fichas de laboratorio: NTP 339.033, Practica normalizada para la elaboración de concreto.
				Sustitución del 15%	
				Sustitución del 20%	
Dependiente: Resistencia a la compresión y flexotracción del concreto	La resistencia a la compresión y flexotracción es el esfuerzo máximo que puede ser soportado por el concreto endurecido sin romperse. (Osorio, 2013)	Los ensayos de resistencia se utilizan como un indicador de calidad. Para la resistencia a la compresión se roturan testigos cilíndricos de 6"x12", y para la resistencia a la flexotracción se roturan testigos prismáticos de 6"x6"x18". (Rivva, 1992)	Resistencia a la compresión	Resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días	Fichas de laboratorio: NTP 339.034, Método de ensayo para la resistencia a la compresión.
			Resistencia a la flexotracción	Resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días	NTP 339.078, Método de ensayo para la resistencia a la flexión.

Fuente. Elaboración propia

3.7. Población, muestra y muestreo

3.7.1. Población

La población es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis. Es decir, son el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. (Hernández, Fernández & Baptista, 2010)

Para esta investigación se consideró como población al conjunto total de testigos cilíndricos y prismáticos que componen el concreto patrón y el concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución parcial del cemento.

3.7.2. Muestra y muestreo

La muestra es un subconjunto de la población estudiada, de las cuales se recolectan datos para obtener conclusiones de dicha población.

El muestreo el método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra, consiste en un conjunto de reglas y criterios para seleccionar a un grupo de elementos representativos de una población. Hay dos tipos de muestreo, el probabilístico y el no probabilístico. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010)

Para este estudio se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que el escogimiento de la muestra se basó en un estudio preliminar de acuerdo a la norma ASTM C39, que solicita una cantidad de 3 unidades de concreto a ser ensayadas para una mejor contrastación de resultados. La muestra total consignada es esta investigación es de 96 especímenes, constituido por testigos cilíndricos y prismáticos, tanto para los ensayos de resistencia a la compresión y flexotracción, como se detalla a continuación.

a. Resistencia a la compresión. Se consideraron 48 testigos cilíndricos de dimensiones 15 cm de diámetro por 30 cm de alto, con un diseño $f'_c=210$ kg/cm² bajo el método ACI 211. Para el concreto patrón se consideraron 12 testigos, y para el concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña azúcar en sustitución del 10%, 15% y 20% del cemento se consideraron 36 testigos, ensayadas a distintas edades de curado.

Tabla 18*Cantidad de muestras cilíndricas para el concreto patrón.*

Edad de rotura	Cantidad total
7 días	3.00
14 días	3.00
21 días	3.00
28 días	3.00
Total de testigos cilíndricos para el concreto patrón $f'c=210$ kg/cm ²	12.00

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 18 se muestra las cantidades de testigos cilíndricos para el concreto patrón a roturar, que son en total 12 especímenes:

Tabla 19*Cantidad de muestras cilíndricas para el concreto elaborado con CBCA.*

Edad de rotura	Sustitución	Sustitución	Sustitución	Cantidad total
	10%	15%	20%	
7 días	3.00	3.00	3.00	9.00
14 días	3.00	3.00	3.00	9.00
21 días	3.00	3.00	3.00	9.00
28 días	3.00	3.00	3.00	9.00
Total de testigos cilíndricos con sustitución parcial de cemento por CBCA				36.00

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 19 se muestra las cantidades de testigos cilíndricos para el concreto con porcentajes de sustitución de cemento por CBCA a roturar, que son 36 en total, es decir 3 testigos por cada edad de curado y por cada porcentaje de sustitución.

b. Resistencia a la flexotracción. Para realizar los ensayos de resistencia a la flexotracción del concreto, se consideraron 48 testigos prismáticos (vigas de concreto) de dimensiones 15 cm de ancho, por 15 cm de alto y por 55 cm de largo, con un diseño $f'c=210$ kg/cm² según el método ACI 211. Para el concreto patrón se consideraron 12 testigos, y para

el concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña azúcar en sustitución del 10%, 15% y 20% del cemento se consideraron 36 testigos, ensayadas a distintas edades de curado.

Tabla 20

Cantidad de muestras prismáticas para el concreto patrón.

Edad de rotura	Cantidad total
7 días	3.00
14 días	3.00
21 días	3.00
28 días	3.00
Total de testigos prismáticos para concreto patrón $f^c=210$ kg/cm ²	12.00

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 20 se muestra las cantidades de testigos prismáticos para el concreto patrón, que son en total 12 especímenes.

Tabla 21

Cantidad de muestras prismáticas para el concreto elaborado con CBCA.

Edad de rotura	Sustitución 10%	Sustitución 15%	Sustitución 20%	Cantidad total
7 días	3.00	3.00	3.00	9.00
14 días	3.00	3.00	3.00	9.00
21 días	3.00	3.00	3.00	9.00
28 días	3.00	3.00	3.00	9.00
Total de testigos prismáticos con sustitución parcial de cemento por CBCA				36.00

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 21 se muestra las cantidades de testigos prismáticos para el concreto con porcentajes de sustitución de cemento por CBCA a roturar, en total 36 testigos, es decir 3 testigos por cada edad de curado y por cada porcentaje de sustitución.

3.8. Técnicas e instrumentos

3.8.1. Técnicas

Para el presente estudio se empleó la técnica de observación, que permitió ver, analizar y registrar la información mediante la documentación analítica a través de formatos de recolección de datos y cuadros comparativos. Gracias a esta técnica se pudo evaluar los principales fenómenos que se presentaron en el concreto patrón y en el concreto con sustitución de cemento por CBCA, en el camino de la demostración de las hipótesis.

Según Puente (2000), observar viene hacer la primera forma de contacto o relación con el objeto que va ser analizado. Contiene un proceso de recopilación de datos, atención y registro de información. El investigador se apoya en sus sentidos y observa los sucesos, luego analiza los eventos ocurrentes en un enfoque global, para finalmente sacar una serie de conclusiones.

3.8.2. Instrumentos

Bernardo y Calderero (2000), consideran que los instrumentos de investigación son los recursos que el investigador puede utilizar para extraer información, y así abordar problemas y fenómenos a partir de esos datos. Los instrumentos de investigación pueden ser las fichas de recolección de datos, donde se apunten los resultados obtenidos de los dispositivos mecánicos o electrónicos que se utilizaron para obtener información sobre un problema o fenómeno determinado.

Es así que los instrumentos que se utilizaron en esta investigación fueron las fichas de recolección de datos, donde se anotaron los resultados de los ensayos realizados en los equipos del laboratorio. Para el control de estos instrumentos, se utilizó formatos basados en las siguientes normas:

- Ficha de ensayo de la granulometría del agregado grueso y fino, de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.037.

- Ficha de ensayo para el contenido de la humedad del agregado grueso y fino, de acuerdo a lo especificado en la NTP 339.185.
- Ficha de ensayo para el peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso, de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.021.
- Ficha de ensayo para el peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino, de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.022.
- Ficha de ensayo para el peso unitario del agregado grueso y fino, de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.017.
- Ficha de ensayo para el desgaste del agregado grueso, de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.019.
- Ficha de ensayo para la resistencia a la compresión del concreto, de acuerdo a lo especificado en la NTP 339.034.
- Ficha de ensayo para la resistencia a la flexotracción del concreto, de acuerdo a lo especificado en la NTP 339.078.
- Ficha de ensayo para la consistencia del concreto mediante el método de asentamiento con el cono de Abrams, de acuerdo a la NTP 339.035

3.9. Consideraciones éticas

Esta tesis se desarrolló en cumplimiento del Reglamento del Comité de Ética de Investigación de la Universidad Tecnológica de los Andes, que tiene como finalidad proteger los derechos, la vida, la salud, la dignidad, el bienestar de las personas y de otros seres vivos, que participan en una investigación de acuerdo a los principios de la normativa nacional e internacional. Es en ese sentido, la presente investigación estuvo sometida a las siguientes consideraciones éticas:

- Actuar con responsabilidad, honestidad, rigurosidad científica y transparencia en todo el proceso investigativo.

- Respetar la dignidad humana, la identidad, la diversidad, la libertad, la confidencialidad y la privacidad de las personas involucradas en el proceso de investigación.
- Implementar mecanismos de protección apropiados para garantizar los derechos y el bienestar de las personas, animales y ecosistema involucrados en la investigación.
- Tratar con sigilo la información obtenida y no utilizarla para el lucro personal.
- Compartir sus conocimientos y experiencia investigativa con la comunidad universitaria.

3.10. Procesamiento de estadísticos

El procesamiento estadístico para el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio, se realizó mediante el modelo teórico de probabilidad llamada *t de Student*, que es una prueba estadística para determinar si dos grupos difieren entre sí, de manera significativa respecto a las medias de la variable analizada.

La prueba de hipótesis para la diferencia de medias con la prueba de distribución de *t de Student*, consiste en plantear una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alterna (H_a), y así poder determinar el nivel de significancia y el estadístico “*t*”.

Para el presente estudio se consideró hipótesis nulas y alternas, el uso de cada una de ellas dependen de lo que se quiere probar, la diferencia entre ambas hipótesis se muestra a continuación.

a. Hipótesis nula H_0 [$\mu_1 = \mu_2$]: es aquella por medio de la cual se hace una afirmación sobre un parámetro que se va a constatar con el resultado muestral. (Martínez, 2012).

b. Hipótesis alterna H_a [$\mu_1 > \mu_2$], [$\mu_1 < \mu_2$], [$\mu_1 \neq \mu_2$]: es aquella que difiere de la hipótesis nula, es decir ofrece una alternativa afirmando que la hipótesis nula es falsa. La hipótesis alterna establece que el parámetro puede ser mayor (prueba unilateral a la derecha), menor (prueba unilateral a la izquierda) o diferente (prueba bilateral), de acuerdo con la propuesta hecha en la hipótesis nula. (Martínez, 2012)

Capítulo IV:

Resultados y discusión

4.1. Resultados

4.1.1. A nivel de la variable independiente (X / I)

4.1.1.1. Selección de agregados

Para la presente investigación, la selección de los agregados se realizó según los antecedentes de investigaciones hechas en la provincia de Abancay. Es así que, Ferrel y Moreano en el año 2018 desarrollaron la tesis denominada: “*Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac, 2018*”, donde realizaron un estudio comparativo a los agregados de las principales canteras de Abancay, como las canteras Aymituma, Corónate, Murillo, Ballón, Tapia, Gamarra y Pedregal. De estos estudios concluyeron que los agregados de las canteras Aymituma, Corónate y Tapia tienen mejores propiedades. Así mismo Quispe y Mayhuire en el año 2018 desarrollaron la tesis denominada: “*Incorporación de fibras de caucho neumático reciclado*”

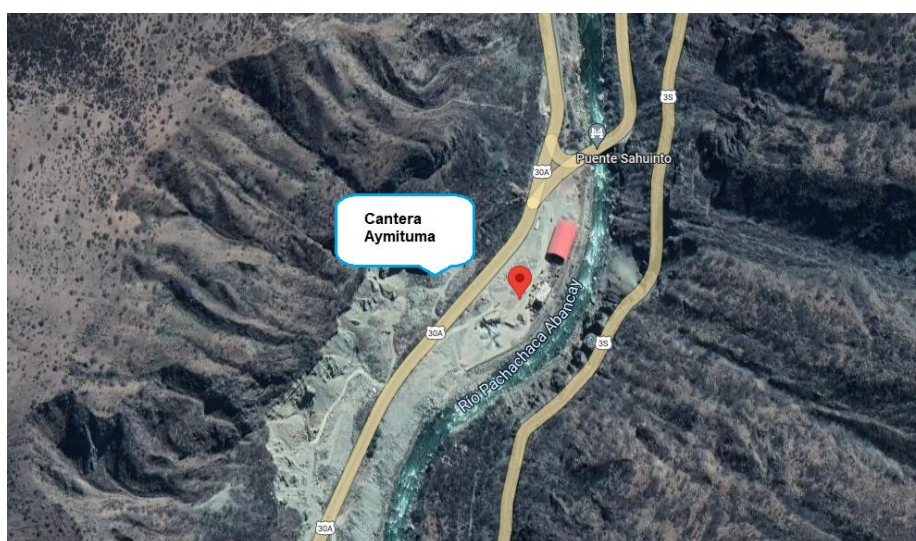
influyen en el comportamiento del concreto estructural en la ciudad de Abancay, 2018”, donde llevaron a cabo ensayos para evaluar las propiedades de los agregados de las canteras Ballón, Pedregal, Gamarra y Aymituma. Para su investigación, consideraron seleccionar el agregado grueso de la cantera de Ballón y el agregado fino de la cantera de Pedregal, por poseer mejores características.

Finalmente, Anampa y Bernaola, en el año 2019, desarrollaron la tesis denominada: *“Influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos”*. Ellos utilizaron para su investigación, el agregado grueso de la cantera Ballón, y el agregado fino de la cantera Pedregal, por presentar mejores propiedades.

En base a los resultados de estos antecedentes, para la presente investigación se consideró emplear el agregado grueso de la Cantera Aymituma, de coordenadas geográficas: [lat.: -13.701954, long.: -72.913930]. Así mismo para esta investigación se consideró al agregado fino de la cantera Ballón, de coordenadas: [lat.: -13.677741, long.: -72.921012].

Figura 7

Ubicación de la cantera Aymituma



Fuente. Imagen referencial de Google Maps

Nota. En la figura 7 se muestra la ubicación de la cantera Aymituma.

Figura 8

Ubicación de la cantera Ballón.



Fuente. Imagen referencial de Google Maps

Nota. En la figura 8 se muestra la ubicación de la cantera Aymituma.

4.1.1.2. Muestreo del agregado

La selección de muestras se realizó mediante el método del cuarteo, según lo establecido en la norma ASTM C702 y la NTP 400.010.

Figura 9

Muestreo del agregado mediante el método del cuarteo



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 9 se aprecia el cuarteo del agregado según lo especifica la NTP 400.010.

4.1.1.3. Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso

a. **Granulometría del agregado grueso.** Para realizar este ensayo se siguió el procedimiento de la NTP 400.012. Para ello, primero se seleccionó la muestra de agregado grueso para ser lavada y secada. Posteriormente se acomodó el juego de tamices en orden de abertura hasta llegar al fondo, de esta forma se procedió a colocar la muestra sobre el tamiz superior. Para realizar este ensayo se utilizó un tamizador electrónico por un periodo de un minuto, luego se procedió a pesar la cantidad de agregado retenido en cada tamiz. En la figura 10 se muestra el juego de tamices normalizados empleados en el ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso.

Figura 10

Ensayo de granulometría del agregado grueso.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 10 se muestra el juego de tamices normalizados empleados en el ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso.

Figura 11

Resultado del ensayo de granulometría del agregado grueso



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 11 se muestra las cantidades de agregado grueso retenidas en cada malla de los tamices normalizados, donde se aprecia la distribución según el tamaño.

Tabla 22

Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso

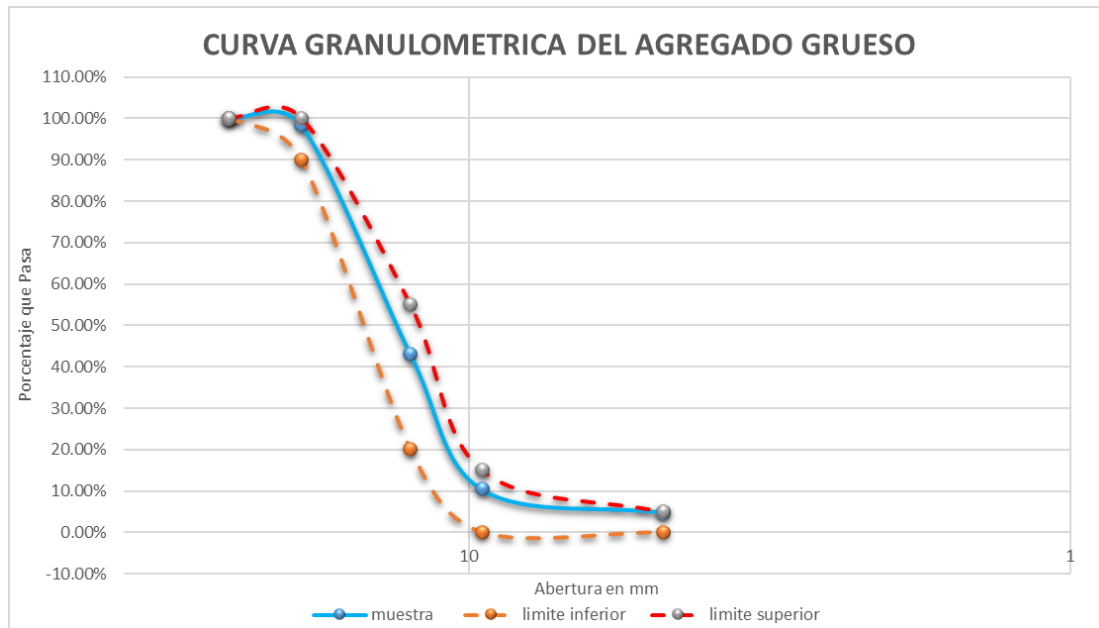
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	HUSO 6	
						Límite Inferior	Límite Superior
1 1/2"	37.5	0.0	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3/4"	19	40.6	1.80%	1.80%	98.20%	90%	100%
1/2"	12.5	1245.3	55.15%	56.95%	43.05%	20%	55%
3/8"	9.5	737.5	32.66%	89.61%	10.39%	0%	15%
N° 4	4.75	124.5	5.51%	95.12%	4.88%	0%	5%
N° 8	2.36	53.6	2.37%	97.49%	2.51%		
N° 16	1.18	33.5	1.48%	98.98%	1.02%		
N° 50	0.3	11.2	0.50%	99.47%	0.53%		
N° 200	0.075	3.5	0.15%	99.63%			
Cazuela		8.4	0.37%	100.00%			
Total		2258.1	100.00%				

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 22 se muestra los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso, donde se especifica las cantidades de material retenido en cada tamiz.

Figura 12

Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 12 se muestra la curva granulométrica del agregado grueso, se observa dicho material se encuentra dentro de los límites que establece la norma.

b. Módulo de fineza del agregado grueso. Para calcular el módulo de fineza, se sumó los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices y el resultado se dividió entre 100. Esta fórmula está normada en la NTP 400.012. Realizando los cálculos se obtuvo el módulo de fineza del agregado grueso:

$$MF \text{ del Agregado Grueso} = 6.81$$

c. Peso específico y absorción del agregado grueso. El peso específico es un ensayo para determinar el volumen que ocupa el agregado en una mezcla, también sirve para determinar la cantidad de vacíos que tienen los agregados. La absorción, sin embargo, es la capacidad que tienen los agregados de retener agua entre sus poros.

Para realizar este ensayo se siguió los pasos establecidos en la NTP 400.021. El procedimiento consistió en sumergir en agua una muestra de agregado grueso por 24 horas. Luego se retiró la muestra del agua, y se secó superficialmente para ser pesada.

Posteriormente la muestra se pesó mientras se sumergía nuevamente en agua. Finalmente, la muestra se secó al horno y se pesó una tercera vez.

Figura 13

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 13 se muestran los equipos empleados en el ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso, como la canastilla y la balanza.

Tabla 23

Resultados del ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.

Datos del ensayo	Muestra 01
Peso de la canastilla (gr)	826.2
Peso de la Muestra Seca (gr)	2435.1
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	2345.8
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	2452.3
Peso del Agua Absorbida (gr)	17.2
Peso Específico (gr/cm³)	2.629
Capacidad de Absorción	0.706%

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 23 se muestra los resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso, donde se obtuvo que el peso específico del agregado grueso es 2.629 gr/cm³, y el porcentaje de absorción resultó en 0.706%.

d. Peso unitario suelto del agregado grueso. Para obtener el peso unitario suelto del agregado grueso, se siguió el procedimiento establecido en la NTP 400.017. Para ello se utilizó un recipiente vacío, donde el material fue vertido desde una altura de 5 cm. Después se procedió a enrasar el material excedente de la superficie con una regla metálica. Finalmente se determinó el peso del material y del recipiente lleno y vacío, para luego calcular el peso unitario suelto del agregado grueso, como se muestra en la figura 14:

Figura 14

Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.



Fuente. Elaboración propia

Tabla 24

Resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Peso del Molde (gr)	4813	4813
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	19051	19102
Peso de la Muestra Suelta (gr)	14238	14289
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.508	1.514
Peso Específico (kg/m ³)	2629.248	2629.248
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1508.431	1513.834
Porcentaje de Vacíos	42.63%	42.42%
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</i>	<i>1511.132</i>	
<i>Porcentaje de Vacíos</i>	<i>42.53%</i>	

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 24 se muestra el resultado del ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso, donde se obtuvo un valor de de 1511.132 kg/m³.

e. Peso unitario compactado del agregado grueso. El procedimiento para llevar a cabo este ensayo fue de acuerdo a la NTP 400.017. Para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso, primero se llenó la tercera parte de un recipiente con el agregado. Luego se apisonó esta capa dando 25 golpes con una varilla de 5/8", utilizando su extremo semiesférico. Después se llenó las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar la superficie y apisonar como anteriormente se describió. Finalmente se llenó el recipiente hasta colmarlo y volviendo a apisonarlo otra vez de la manera antes mencionada. Una vez colmado el recipiente, se enrasó la superficie con la varilla, usándola como regla, finalmente se determinó el peso del recipiente lleno y peso del recipiente vacío para obtener el peso unitario compactado del agregado grueso.

En la tabla 25 se muestra el resultado del ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso, donde se obtuvo que el peso unitario compactado es de 1686.73 kg/m³, y el porcentaje de vacíos es de 35.85%.

Tabla 25

Resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	4813	4813
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	20783	20685
Peso de la Muestra Varillada (gr)	15970	15872
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.692	1.682
Peso Específico (kg/m ³)	2629.248	2629.248
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1691.93	1681.54
Porcentaje de Vacíos	35.65%	36.04%
<i>Peso Unitario Compactado (kg/m³)</i>	<i>1686.73</i>	
<i>Porcentaje de Vacíos</i>	<i>35.85%</i>	

Fuente. Elaboración propia

f. Resistencia al desgaste del agregado grueso. Esta prueba se realiza con el fin de medir la degradación del agregado grueso, así poder medir el desgaste y saber la calidad de la muestra. Este ensayo se realiza en un tambor metálico con esferas que giran a 500 RPM llamada *Maquina de Los Angeles*. El procedimiento para llevar a cabo este ensayo fue de acuerdo a la NTP 400.019. Para ello se colocó una cantidad de muestra de agregado grueso previamente pesada dentro del tambor metálico. De acuerdo al peso de la muestra se seleccionó la cantidad de esferas a utilizar. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero fueron recogidas por una pestaña de acero y transportadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones, el agregado fue retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

En la figura 15 se muestra los equipos empleados para realizar el ensayo de abrasión o desgaste del agregado grueso, donde muestra las esferas de acero utilizadas y la máquina de los ángeles.

Figura 15

Ensayo de resistencia al desgaste del agregado grueso.



Fuente. Elaboración propia

Tabla 26

Resultado del ensayo de resistencia al desgaste del agregado grueso.

Datos del ensayo	Muestra 01
Gradación	B
Número de esferas	11
Peso que pasa tamiz 1 1/2" y retenido en 1" (gr)	0.00
Peso que pasa tamiz 1" y retenido en 3/4" (gr)	0.00
Peso que pasa tamiz 3/4" y retenido en 1/2" (gr)	2500.50
Peso que pasa tamiz 1/2" y retenido en 3/8" (gr)	2501.20
Peso que pasa tamiz 3/8" y retenido en 1/4" (gr)	0.00
Peso que pasa tamiz 1/4" y retenido en N° 4" (gr)	0.00
Peso total inicial (gr)	5001.7
Peso después del ensayo tamizado por la malla N° 12 (gr)	4018.6
Peso total de desgaste (gr)	983.1
Desgaste (%)	19.66%

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la Tabla 26 se muestra los resultados del ensayo de abrasión del agregado grueso, donde se obtuvo un desgaste del 19.66%.

g. Contenido de humedad del agregado grueso. Para llevar a cabo este ensayo, se siguió el procedimiento establecido en la NTP 339.185. Primero se pesó la muestra natural, luego se procedió a secarla por medio de un horno, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula. Finalmente, la muestra seca fue pesada para obtener el porcentaje de humedad del agregado grueso.

Tabla 27

Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.

Descripción	Muestra 01
Peso de Capsula (gr)	101.8
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	2432.9
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	2406.8
Peso del Agua (gr)	26.1
Peso de la Muestra Seca (gr)	2305
Contenido de Humedad	1.13%

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 27 se muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso, donde se obtuvo un contenido de humedad del 1.13%.

4.1.1.4. Propiedades físicas y mecánicas del agregado fino

a. **Granulometría del agregado fino.** El ensayo de granulometría del agregado fino se siguió de acuerdo a la NTP 400.012, seleccionando los tamices estandarizados y pesando el material retenido en cada tamiz, para finalmente obtener su curva granulométrica.

Figura 16

Ensayo de granulometría del agregado fino.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 16 se muestra el ensayo granulométrico del agregado fino.

Tabla 28

Resultado del análisis granulométrico del agregado fino.

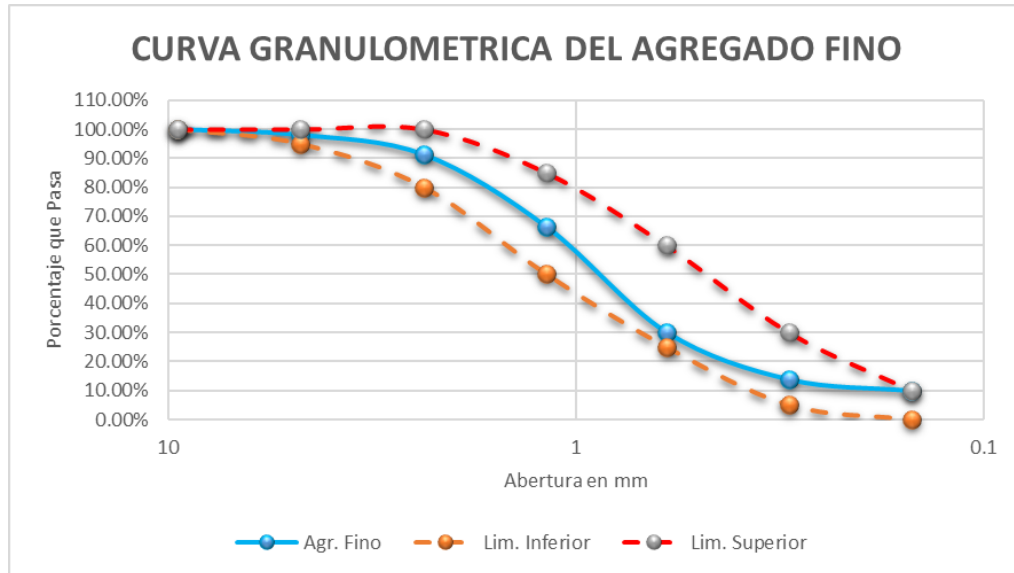
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	HUSO	
						Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.5	1.1	0.12%	0.12%	99.88%	100%	100%
N° 4	4.75	17	1.93%	2.05%	97.95%	95%	100%
N° 8	2.36	60.1	6.82%	8.87%	91.13%	80%	100%
N° 16	1.18	219.4	24.90%	33.77%	66.23%	50%	85%
N° 30	0.6	319.6	36.26%	70.03%	29.97%	25%	60%
N° 50	0.3	143.7	16.31%	86.34%	13.66%	5%	30%
N° 100	0.15	34.8	3.95%	90.29%	9.71%	0%	10%
N° 200	0.075	13.7	1.55%	91.84%			
Cazuela		71.9	8.16%	100.00%			
Total		881.3	100.00%				

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 28 se muestra los resultados del ensayo granulométrico del agregado fino, donde se indica las cantidades retenidas en cada tamiz normalizado.

Figura 17

Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 17 se muestra la curva granulométrica del agregado fino, se puede apreciar que el material de la cantera selecciona está dentro de los límites establecidos por la norma.

b. Módulo de fineza del agregado fino. Para calcular el módulo de fineza del agregado fino, se siguió el procedimiento establecido en la NTP 400.037. Para ello se sumó los porcentajes retenidos acumulados en la serie de tamices: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50 y #100, y el resultado se dividió entre 100.

$$MF = \frac{0.12 + 2.05 + 8.87 + 33.77 + 70.03 + 86.34 + 90.29}{100}$$

$$MF \text{ Agregado Fino} = 2.91$$

c. Peso específico y absorción del agregado fino. Este ensayo se siguió de acuerdo al procedimiento establecido en la NTP 400.022. Para obtener el valor del peso específico y absorción del agregado fino, primero se llenó parcialmente con agua un recipiente de vidrio

llamado picnómetro. Seguidamente se introdujo dentro de este recipiente la muestra saturada superficialmente seca, y se adicionó agua hasta aproximadamente el 90% de su capacidad. Seguidamente se agitó el picnómetro para luego emplear una bomba de vacío y eliminar las burbujas de aire que se encontraban en el recipiente. Seguidamente, el picnómetro fue llenada con agua hasta la marca de calibración, luego se procedió a pesar la masa total. Finalmente se removió el agregado fino del picnómetro y se procedió a secarla en el horno.

Figura 18

Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.



Fuente. Elaboración propia

Tabla 29

Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

Datos del ensayo	Muestra 01
Volumen del Picnómetro (ml)	500
Peso del Picnómetro (gr)	169.7
Peso de la Muestra Seca (gr)	486.0
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	973.4
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	500.2
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	666.9
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	306.5
Peso del Agua Desplazada (gr)	179.5
Peso del Agua Absorbida (gr)	14.2
<i>Peso Específico (gr/cm³)</i>	2.708
<i>Capacidad de Absorción</i>	2.922%

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 29 se muestra los resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino, donde se obtuvo que el peso específico es 2.708 gr/cm³ y el porcentaje de absorción es 2.922%.

d. Peso unitario suelto del agregado fino. El ensayo de peso unitario suelto del agregado fino se siguió de acuerdo al procedimiento establecido en la NTP 400.017. Para llevarlo a cabo, primero se llenó de agregado fino el molde normalizado hasta el ras sin necesidad de compactarlo. Luego se enraso con una varilla el material excedente de la superficie, para finalmente ser pesada, en la Figura 19 se muestra este procedimiento:

Figura 19

Ensayo de peso unitario del agregado fino.



Fuente. Elaboración propia

Tabla 30

Resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Peso del Molde (gr)	2003	2003
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	6368	6375
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4365	4372
Volumen del Molde (cm ³)	2831.70	2831.70
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.541	1.544
Peso Específico (kg/m ³)	2707.521	2707.521
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1541.477	1543.949
Porcentaje de Vacíos	43.07%	42.98%
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</i>	<i>1542.71</i>	
<i>Porcentaje de Vacíos</i>	<i>43.02%</i>	

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 30 se muestra los resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado fino, donde se obtuvo un PUC de 1542.71 kg/cm³.

e. Peso unitario compactado del agregado fino. El procedimiento de este ensayo fue de acuerdo a la NTP 400.017. Primero se llenó un recipiente en tres capas, cada una de ellas fue apisonada 25 veces con una varilla lisa de acero, una vez llenado el recipiente se procedió a enrasarlo, para finalmente tener los resultados mostrados en la tabla 31:

Tabla 31

Resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado fino.

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	2003	2003
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	6760	6837
Peso de la Muestra Varillada (gr)	4757	4834
Volumen del Molde (cm ³)	2831.70	2831.70
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.680	1.707
Peso Específico (kg/m ³)	2707.521	2707.521
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1679.910	1707.102
Porcentaje de Vacíos	37.95%	36.95%
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</i>	<i>1693.51</i>	
<i>Porcentaje de Vacíos</i>	<i>37.45%</i>	

Fuente. Elaboración propia

f. Contenido de humedad del agregado fino. El procedimiento para determinar el porcentaje de humedad del agregado fino fue de acuerdo a los pasos estipulados en la NTP 339.185. Para llevar a cabo este ensayo, primero se dejó secar la muestra por 24 horas en un horno a 110 °C. Finalmente se pesó la muestra seca y se obtuvo el porcentaje de humedad del agregado fino, en la tabla 32 se muestra el contenido de humedad obtenido:

Tabla 32

Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Muestra 01
Peso de Capsula (gr)	102.8
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	728.7
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	712.3
Peso del Agua (gr)	16.4
Peso de la Muestra Seca (gr)	609.5
Contenido de Humedad	2.69%

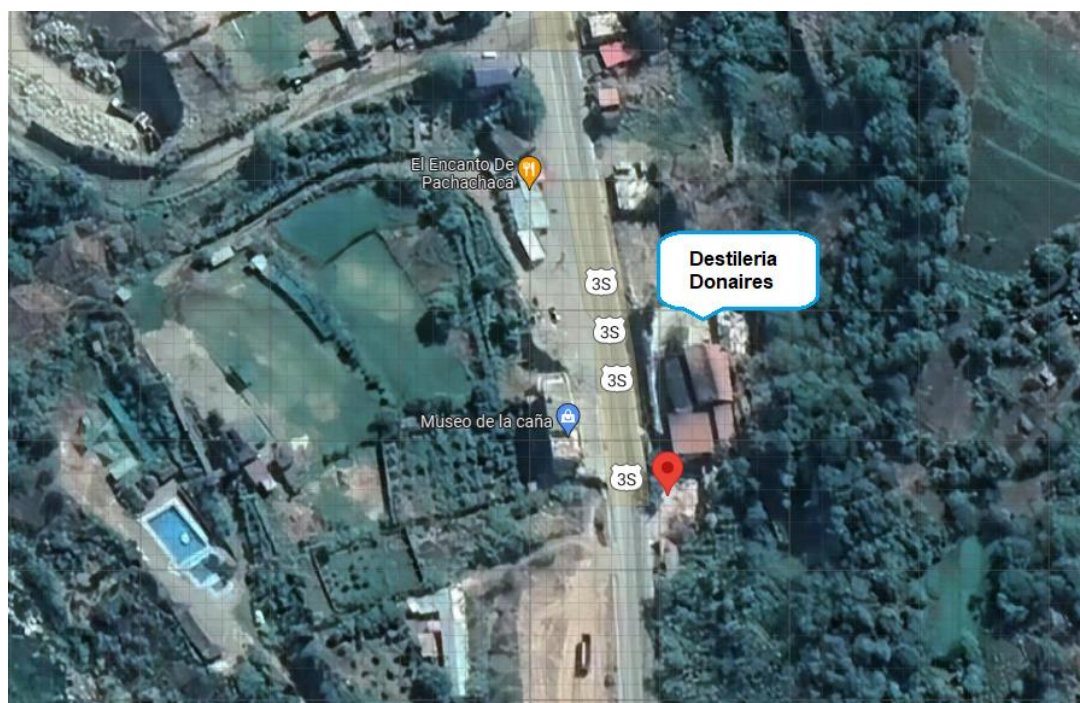
Fuente. Elaboración propia

4.1.1.5. Obtención de ceniza de bagazo de caña de azúcar

La selección de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, fue de la Destilería Donaires. La planta de producción se encuentra ubicada en el sector de Pachacha de la provincia de Abancay, cuyas coordenadas son: [lat.: -13.672486, long.: -72.924819], como se muestra:

Figura 20

Ubicación geográfica de la destilería Donaires.



Fuente. Imagen referencial de Google Maps

Para la fabricación de sus productos derivados, la Destilería Donaires emplea el método de destilación del jugo de caña, esto para la extracción de alcohol etílico. Este

proceso consiste en hacer hervir grandes calderas en un horno artesanal, utilizando el bagazo de caña seco como combustible, a temperaturas que superan los 400 °C. Como resultado de esta actividad, quedan grandes residuos de ceniza que no tienen un segundo uso y que son desechados al medio ambiente. En esta investigación se hizo uso de esta ceniza resultante para la llevar a cabo los ensayos de elaboración de concreto, seleccionando previamente dicho material para asegurarse que esta se encuentre libre de impurezas y elementos extraños. Así mismo se realizó un proceso de molienda y tamizado, con el fin de obtener un producto con un grado de finura similar a la del cemento.

Figura 21

Vista frontal de la destilería Donaires.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 21 se muestra la planta de destilación de la trapichera Donaires, que está ubicada en el sector de Pachachaca de la provincia de Abancay.

La selección del bagazo de caña de azúcar fue de las muestras que se encontraban secas y en óptimas condiciones, se procedió a la selección y recolección para su posterior incineración y obtención de ceniza, en la figura 22 se muestra este proceso de recolección:

Figura 22

Recolección de bagazo de caña de azúcar.



Fuente. Elaboración propia

Para la obtención de la ceniza requerida, primero se obtuvo el bagazo de caña en estado húmedo. Posteriormente se hizo secar a temperatura ambiente. Una vez secada la muestra se procedió a su incineración en el horno artesanal de la misma empresa, a una temperatura aproximada de 400 °C, en la figura 23 se muestra este horno artesanal:

Figura 23

Horno donde se usa bagazo de caña de azúcar como combustible.



Fuente. Elaboración propia

Finalmente, a la ceniza resultante de la incineración, se pasó por un proceso de molienda, para obtener una muestra fina y libre de impurezas. Posteriormente se tamizó por la malla N° 200 y se consiguió un polvo fino semejante a las partículas del cemento:

Figura 24

Tamizado de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la malla N° 200



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 24 se muestra el proceso de tamizado de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, para obtener un material más fino y libre de impurezas.

4.1.1.6. Diseño de mezcla

El diseño de mezclas aplicado en esta investigación fue según el método ACI 211, el cual establece parámetros de seguridad para evitar errores durante el proceso de elaboración del concreto. La resistencia del diseño de mezcla es de $f'c=210$ kg/cm². Es necesario mencionar que el mismo diseño de mezcla se utilizó en el concreto patrón y el concreto con CBCA. El cemento utilizado es de tipo I, y los agregados seleccionados son de las canteras del sector de Pachachaca, al igual que la ceniza de bagazo de caña.

Tabla 33

Parámetros físicos y mecánicos de los componentes del concreto.

Descripción	Agregado Fino	Agregado Grueso	Cemento	Agua
Peso específico (gr/cm ³)	2.71	2.63	3.14	1.00
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1693.51	1686.73	-	-
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1542.71	1511.13	-	-
Contenido de Humedad (%)	2.69	1.13	-	-
Porcentaje de Absorción (%)	2.92	0.71	-	-
Módulo de Fineza	2.91	6.81	-	-
Tamaño Máximo	-	1"	-	-
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4"	-	-

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 33 se muestran los resultados de los ensayos realizados a los agregados.

a. Determinación de la resistencia requerida

De acuerdo a la *Tabla 2*, la resistencia requerida para una $f'c=210$ kg/cm², es de:

$$f'cr = 210 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

b. Tamaño Máximo Nominal "TMN"

Según la ASTM C33, el TMN es la primera malla que retiene o la que retiene entre el 5% y 15% del agregado. A través del ensayo del análisis granulométrico realizado al agregado grueso para este estudio, es que obtenemos un tamaño máximo nominal de:

$$TMN = 3/4''$$

c. Selección del asentamiento o Slump

Con la finalidad de llegar a conseguir un concreto el cual sea trabajable sin llegar a descuidar la resistencia a la compresión de este, se ve por conveniente emplear un asentamiento de 3" – 4", el cual brindará una consistencia plástica, se utiliza la *Tabla 3*:

$$Slump = 3-4''$$

d. Volumen unitario del agua

Conociendo el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso y el asentamiento deseado, obtenemos el volumen del agua de acuerdo a la *Tabla 4*: $Vol. Agua = 204 L$

e. Contenido de aire

Para obtener este valor, recurrimos a la *Tabla 6*:

$$\text{Aire Atrapado} = 2\%$$

f. Relación Agua / Cemento

La resistencia requerida es de 294 kg/cm², por lo cual para obtener el valor de la relación agua / cemento, tendremos que interpolar los valores mostrados en al *Tabla 5*:

$$a/c = 0.5484$$

g. Factor Cemento

El factor cemento es el peso del cemento empleado en un metro cubico de concreto.

$$\text{Factor Cemento} = (\text{Vol. Agua}) / (\text{Relación a/c})$$

$$\text{Factor Cemento} = 204 / 0.5484$$

$$\text{Factor Cemento} = 371.99 \text{ kg}$$

h. Cantidad de bolsas de cemento por metro cubico de concreto

$$\text{Cantidad Cemento} = \text{Factor Cemento} / \text{Peso Bolsa Cemento}$$

$$\text{Cantidad Cemento} = 371.99 / 42.5$$

$$\text{Cantidad Cemento} = 8.75 \text{ bolsas}$$

i. Volumen del agregado grueso

El volumen del agregado grueso es calculado interpolando valores de la *Tabla 7*:

$$\text{Vol. A.G.} = 0.60852 \text{ m}^3$$

j. Cálculo de peso del agregado grueso.

Para el cálculo del peso del agregado grueso, se procede a multiplicar el peso unitario compactado del agregado grueso por su volumen:

$$\text{Peso A.G.} = P.U.C A.G. * \text{Vol. A.G.}$$

$$\text{Peso A.G.} = (1686.74 \text{ kg/m}^3) * (0.60852 \text{ m}^3)$$

$$\text{Peso A.G.} = 1026.41 \text{ kg}$$

k. Cálculo de volúmenes absolutos

Conociéndose el peso del cemento, agregado grueso, volumen de agua y aire, se procede a calcular la suma de volúmenes absolutos.

Tabla 34

Cálculo de volúmenes absolutos

Material	Vol. Absoluto	Unidad
Cemento	0.118	m ³
Agua	0.204	L
Aire	0.020	m ³
Agregado Grueso	0.390	m ³
Volumen total	0.733	m³

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 34 muestra el volumen absoluto que los componentes del concreto ocupan cuando se añade agua dividido por su peso.

l. Volumen del agregado fino

$$Vol. A.F. = 1 - Vol. Total$$

$$Vol. A.F. = 1 - 0.733 = 0.267 m^3$$

m. Peso del agregado fino

$$Peso A.F. = Peso Específico A.F. * Vol. A.F.$$

$$Peso A.F. = (2.71 gr/cm^3) * (0.267 m^3) * 1000$$

$$Peso A.F. = 723.31 kg$$

n. Valores de diseño

La cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño se muestra:

Tabla 35

Valores de diseño de los materiales del concreto.

Material	V.D.	Unidad
Cemento	371.99	Kg
Agua	204.00	L
Agregado Fino seco	723.31	Kg
Agregado Grueso Seco	1026.41	Kg

Fuente. Elaboración propia

o. Corrección por humedad del agregado

En cuanto a la corrección por humedad, las proporciones de los materiales que integran una unidad cubica de concreto, deben ser corregidas en función a las condiciones de humedad de los agregados finos y gruesos, como se muestra en la Tabla 36:

Tabla 36

Cálculo de la corrección por humedad del agregado.

Material	Peso húmedo	Aporte de humedad
Agregado Fino	742.77	-1.67 L
Agregado Grueso	1038.04	4.37 L
<i>Aporte Total</i>	---	<i>2.70 L</i>
<i>Vol. agua Corregido</i>	---	<i>201.30 L</i>

Fuente. Elaboración propia

p. Valores finales de la cantidad y proporción de los materiales

Finalmente, luego de haber obtenido las cantidades de los materiales para nuestro diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm², se presenta la siguiente tabla con las dosificaciones resultantes del diseño de mezcla de acuerdo al método ACI 211, como muestra la Tabla 37:

Tabla 37

Cálculo final de la cantidad y proporción de los materiales.

Materiales	Cantidad / m³		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m³	
Cemento	371.99	Kg	1.00	Bolsa	8.753	bolsas
Agua	201.30	L	23.00	L	0.201	m ³
Ag. Fino	742.77	Kg	1.94	pie ³	0.481	m ³
Ag. Grueso	1038.04	Kg	2.77	pie ³	0.687	m ³

Fuente. Elaboración propia

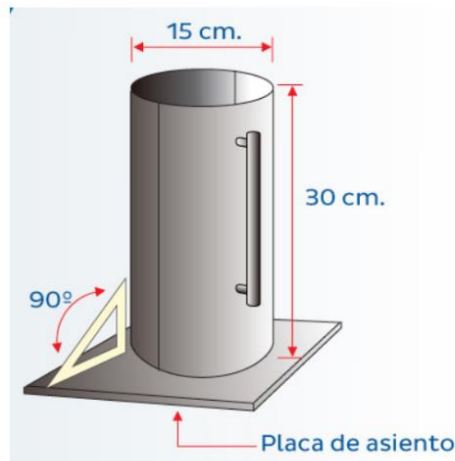
q. Dimensiones de los moldes para la fabricación de testigos

Para una mejor precisión de las cantidades exactas de material a requerir, debemos conocer el volumen de los moldes para los testigos, para lo cual se describen las dimensiones de los moldes cilíndricos y prismáticos.

Moldes cilíndricos. Las dimensiones de los moldes cilíndricos para los ensayos de resistencia a la compresión, deben ser de acuerdo a la norma NTP 339.183. Estas deben tener una dimensión de 6" x 12", o lo mismo que 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, como se muestra en la Figura 25:

Figura 25

Dimensiones del molde para testigos cilíndricos.



Fuente. Manual del Constructor de Aceros Arequipa (2016)

Tabla 38

Dimensiones del molde cilíndrico para testigos de concreto.

Molde Cilíndrico	Dimensiones	Unidad
Altura (h)	30.0	cm
Diámetro (D)	15.0	cm
Radio ($r=D/2$)	7.5	cm
Volumen ($V = h\pi r^2$)	5301.4	cm ³
Volumen	0.0053014	m³

Fuente. Elaboración propia

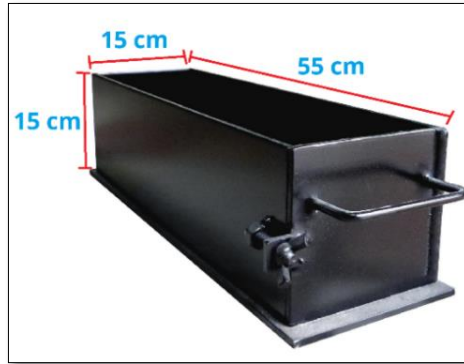
Nota. En la Tabla 38 se muestra las dimensiones del molde cilíndrico y su respectivo volumen:

Moldes prismáticos. Las dimensiones de los moldes prismáticos para los testigos que serán sometidos a los ensayos de resistencia a la flexotracción, deben ser de acuerdo a la norma NTP 339.183. Sus medidas son una sección de 6" x 6" por una longitud de 3 veces la luz de la sección transversal, con un espaciamento de 2" en los extremos para los apoyos.

Es decir, el molde de la viga debe tener una dimensión mínima de 15 cm de ancho por 15 cm de altura por 55 cm de longitud.

Figura 26

Dimensiones del molde para testigos prismáticos.



Fuente. Adaptado de la NTP 339.183

Nota. La figura 26 y la tabla 39 muestran las dimensiones del molde para las vigas de concreto y el respectivo volumen que ocupa.

Tabla 39

Dimensiones del molde prismático para testigos de concreto.

Molde Prismático	Dimensiones	Unidad
Altura (h)	15.0	cm
Largo (l)	55.0	cm
Ancho (a)	15.0	cm
Volumen ($V = l*a*h$)	12375	cm ³
Volumen	0.012375	m³

Fuente. Elaboración propia

r. Cantidad y proporción de materiales por muestra del concreto patrón

Del diseño de mezcla se obtienen los siguientes resultados para el concreto patrón:

Tabla 40

Cálculo de la cantidad de material por muestra del concreto patrón.

Materiales	Cantidad en 1 m³	Proporción en peso por briquetera	Proporción en peso por viguetera
Cemento	371.99 kg	1.97 kg	4.60 kg
Agua	201.30 L	1.07 L	2.49 L
Agr. Fino	742.77 kg	3.94 kg	9.19 kg
Agr. Grueso	1038.04 kg	5.50 kg	12.85 kg

Fuente. Elaboración propia

s. Cantidad y proporción de materiales por muestra del concreto con CBCA

Para poder elaborar las muestras de concreto con CBCA, se modificó el diseño de mezcla del concreto patrón, reduciendo en 10%, 15% y 20% el peso del cemento y sustituyendo en la misma cantidad por peso de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Tabla 41

Cantidad de material por muestra del concreto con 10% de CBCA.

Materiales	Cantidad en 1 m³	Proporción en peso por briquetera	Proporción en peso por viguetera
Cemento	334.79 kg	1.77 kg	4.14 kg
Agua	201.30 L	1.07 L	2.49 L
Agr. Fino	742.77 kg	3.94 kg	9.19 kg
Agr. Grueso	1038.04 kg	5.50 kg	12.85 kg
CBCA (10% del cemento)	37.20 kg	0.20 kg	0.46 kg

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 41 muestra el diseño de mezcla para el concreto con 10% de sustitución.

Tabla 42

Cantidad de material por muestra del concreto con 15% de CBCA.

Materiales	Cantidad en 1 m³	Proporción en peso por briquetera	Proporción en peso por viguetera
Cemento	316.19 kg	1.68 kg	3.91 kg
Agua	201.30 L	1.07 L	2.49 L
Agr. Fino	742.77 kg	3.94 kg	9.19 kg
Agr. Grueso	1038.04 kg	5.50 kg	12.85 kg
CBCA (15% del cemento)	55.80 kg	0.30 kg	0.69 kg

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 42 muestra el diseño de mezcla para el concreto con 15% de sustitución.

Tabla 43

Cantidad de material por muestra del concreto con 20% de CBCA.

Materiales	Cantidad en 1 m³	Proporción en peso por briquetera	Proporción en peso por viguetera
Cemento	297.59 kg	1.58 kg	3.68 kg
Agua	201.30 L	1.07 L	2.49 L
Agr. Fino	742.77 kg	3.94 kg	9.19 kg
Agr. Grueso	1038.04 kg	5.50 kg	12.85 kg
CBCA (20% del cemento)	74.40 kg	0.39 kg	0.92 kg

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 43 muestra el diseño de mezcla para el concreto con 20% de sustitución.

4.1.2. A nivel de la variable dependiente (Y / D)

4.1.2.1. Proceso de elaboración del concreto en laboratorio

El proceso de elaboración del concreto en laboratorio se realizó según la norma NTP 339.183. Se elaboraron 12 testigos cilíndricos para el concreto patrón, 36 testigos cilíndricos para el concreto con CBCA con porcentajes del 10%, 15% y 20%, de igual manera se elaboraron 12 testigos prismáticos para el concreto patrón y 36 testigos prismáticos para el concreto con CBCA, con porcentajes del 10%, 15% y 20%, para someterlos posteriormente a esfuerzos de compresión y flexotracción, a edades de curado de 7, 14, 21 y 28 días.

Una vez conocidas las propiedades de los agregados, y haber obtenido el diseño de mezcla y las cantidades materiales requeridas, se procedió con la elaboración del concreto siguiendo los siguientes pasos:

1. Para el concreto patrón, se pesó el agregado fino, agregado grueso, agua y cemento, de acuerdo al diseño de mezcla estimado para el número de testigos cilíndricos y prismáticos para el concreto patrón.

Figura 27

Dosificación de los materiales de acuerdo al diseño de mezcla.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 27 muestra la dosificación de agregado grueso, agregado fino, cemento y agua para la elaboración de concreto según el diseño de mezcla.

2. A diferencia del concreto patrón, para el concreto elaborado con CBCA, se calculó el peso total del cemento según el diseño de mezcla, a este valor se le sustituyó el 10%, 15% y 20% por ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Figura 28

Sustitución de porcentajes del peso de cemento por CBCA.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 28 muestra la sustitución en peso de cemento por CBCA.

3. Para el concreto elaborado con CBCA, se pesó el agregado fino, agregado grueso, agua, el cemento y la ceniza de bagazo de caña de azúcar, de acuerdo al diseño de mezcla estimado para el número de testigos cilíndricos y prismáticos.

Figura 29

Dosificación del concreto elaborado con porcentaje de CBCA.



Fuente. Elaboración propia

4.1.2.2. Determinación del asentamiento del concreto

Para calcular el asentamiento y determinar la consistencia del concreto, se recurrió al ensayo del cono de Abrams, cuyo procedimiento esta normado en la NTP 339.035.

Para llevar a cabo este ensayo, primero se colocó tres capas de concreto fresco en el molde cónico, donde se compactó con 25 golpes por capa con una varilla de acero de diámetro 5/8". Luego se enrasó el concreto excedente con la varilla de acero y sobre una superficie plana se procedió a levantar cuidadosamente el molde, para finalmente medir el asentamiento. Este proceso se realizó por cada tanda de muestra obtenida de la mezcladora, tanto para el concreto patrón como para el concreto con 10%, 15% y 20% de CBCA.

a. Ensayo de Cono de Abrams para el concreto patrón

Se tomaron muestras de cada tanda de elaboración de concreto, los resultados del ensayo del cono de Abrams para el concreto patrón se muestran a continuación:

Figura 32

Ensayo de Cono de Abrams para el concreto patrón.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 32 muestra el ensayo con el cono de Abrams para el concreto patrón.

Tabla 44

Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto patrón

	Tanda 1	Tanda 2	Asentamiento promedio	Consistencia del concreto	Tipo de Revenimiento
Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	4.00"	4.25"	4.13"	Plástica	Normal

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 44 muestra los resultados del ensayo de asentamiento con el cono de Abrams para el concreto patrón, donde se obtuvo un asentamiento promedio de 4.13", así mismo esta mezcla se clasificó como un concreto de consistencia plástica.

b. Ensayo de Cono de Abrams para el concreto con CBCA

Al igual que el concreto patrón, se tomaron muestras de concreto elaborados con CBCA. Para ello, se extrajo de cada tanda una proporción de concreto fresco que se sometió al ensayo con el cono de Abrams para determinar la consistencia.

Figura 33

Ensayo de Cono de Abrams para el concreto sustituido con CBCA.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 33 evidencia el ensayo con el cono de Abrams realizado para el concreto con porcentajes de sustitución del 10%, 15% y 20% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Tabla 45*Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto con 10% CBCA*

	Tanda 1	Tanda 2	Asentamiento promedio	Consistencia del concreto	Tipo de Revenimiento
Concreto con 10% de CBCA	3.75"	4.25"	4"	Plástica	Normal

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 45 muestra los resultados del ensayo de asentamiento con el cono de Abrams para el concreto con 10% de sustitución, donde se obtuvo un asentamiento promedio de 4", así mismo esta mezcla se clasificó como un concreto de consistencia plástica.

Tabla 46*Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto con 15% CBCA*

	Tanda 1	Tanda 2	Asentamiento promedio	Consistencia del concreto	Tipo de Revenimiento
Concreto con 15% de CBCA	3.15"	3.75"	3.45"	Plástica	Normal

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 46 muestra los resultados del ensayo de asentamiento con el cono de Abrams para el concreto con 15% de sustitución, donde se obtuvo un asentamiento promedio de 3.45", así mismo esta mezcla se clasificó como un concreto de consistencia plástica.

Tabla 47*Resultado del ensayo de cono de Abrams para el concreto con 20% CBCA*

	Tanda 1	Tanda 2	Asentamiento promedio	Consistencia del concreto	Tipo de Revenimiento
Concreto con 20% de CBCA	1.95"	2.35"	2.15"	Seca	Normal

Fuente. Elaboración propia

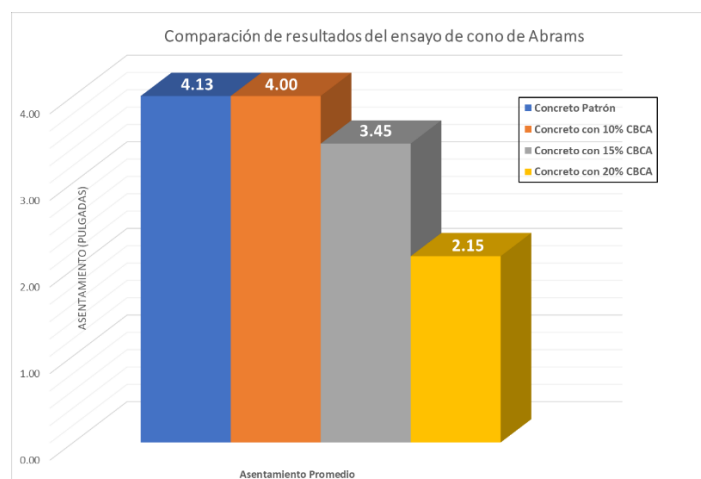
Nota. La tabla 47 muestra los resultados del ensayo de asentamiento con el cono de Abrams para el concreto con 20% de sustitución, donde se obtuvo un asentamiento promedio de 2.15", así mismo esta mezcla se clasificó como un concreto de consistencia seca.

4.1.2.3. Comparación de resultados del ensayo de asentamiento

El Concreto patrón obtuvo un asentamiento promedio de 4.13", el concreto con 10% de sustitución obtuvo un promedio de 4", el concreto con 15% de sustitución obtuvo un promedio de 3.45", mientras que el concreto con 20% de sustitución obtuvo un asentamiento promedio de 2.15". En el siguiente gráfico se observa el promedio de los resultados de los ensayos con el cono de Abrams.

Figura 34

Comparación de asentamientos de los ensayos del cono de Abrams.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 34 muestra el gráfico comparativo de los ensayos de asentamiento con el cono de Abrams al concreto patrón y al concreto con porcentajes de sustitución.

4.1.2.4. Fabricación de testigos cilíndricos de concreto

Para elaboración de testigos cilíndricos, tanto para el concreto patrón y el concreto elaborado con CBCA, se procedió con los pasos indicados en la NTP 339.183.

El procedimiento consistió en llenar con concreto fresco los moldes cilíndricos, distribuyendo la mezcla con 25 golpes con una varilla de 5/8", en tres capas, luego se enrasó la superficie del molde y se dejó reposar en un ambiente libre de vibraciones. Se aclara que las muestras fueron extraídas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración, como indica la norma.

Figura 35

Elaboración de testigos cilíndricos.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 35 muestra el proceso de elaboración de testigos cilíndricos.

4.1.2.5. Fabricación de testigos prismáticos del concreto

Para elaboración de los testigos prismáticos, tanto para el concreto patrón y el concreto elaborado con CBCA, se procedió con los pasos indicados en la NTP 339.183.

El procedimiento consistió en llenar con concreto fresco los moldes prismáticos de 825 cm² de área de superficie superior, distribuyendo la mezcla con un golpe por cada 14 cm², dando en total 58 golpes con una varilla de 5/8", en dos capas, luego se enrasó la superficie del molde y se dejó reposar en un ambiente libre de vibraciones. Las muestras fueron removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración, como indica la norma.

Cabe resaltar que los moldes, tanto para la muestras cilíndricas y prismáticas fueron embadurnadas con fluido viscoso (petróleo), para facilitar el desmoldado, fin de no dañar los testigos al momento retirar los moldes. El proceso de elaboración de testigos prismáticos o vigas de concreto se muestra en la figura 36:

Figura 36

Elaboración de testigos prismáticos.



Fuente. Elaboración propia

4.1.2.6. Proceso de curado del concreto

El curado es la actividad mediante la cual, durante los primeros días de fraguado se busca mantener la humedad del concreto dentro de un rango específico. Es así que, para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos fueron cubiertos y almacenados durante las primeras 24 horas en un ambiente libre de vibraciones. Luego, para los especímenes desmoldados, el curado fue un tanque de almacenamiento, sumergiendo completamente los testigos en agua. Este procedimiento se siguió de acuerdo a lo estipulado en la NTP 334.077, en la figura 37 se muestra la inmersión en agua de todos los testigos:

Figura 37

Curado de los testigos cilíndricos y prismáticos.



Fuente. Elaboración propia

4.1.2.7. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto patrón

Para el análisis de la resistencia a la compresión del concreto patrón, se sometieron al ensayo de rotura tres testigos cilíndricos por cada edad de curado, es decir se roturaron 3 testigos a los 7 días, 3 testigos a los 14 días, 3 testigos a los 21 días y 3 testigos a los 28 días. El procedimiento para llevar a cabo este ensayo fue de acuerdo a lo establecido en las normas NTP 339.034, ASTM C39 y MTC E 704.

Para llevar a cabo este ensayo, primero se determinó el diámetro del testigo, mediante el uso de la *Escala de Vernier*. Se tomó las medidas de los diámetros opuestos de ambas caras del testigo cilíndrico, para obtener un promedio de esta sección. Luego se colocó los testigos en la máquina de ensayo, verificando su alineación y asegurándose que este centrado. La velocidad de compresión estuvo comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, esta velocidad se mantuvo durante la segunda mitad del ciclo de ensayo hasta que se produzca la falla del espécimen.

Figura 38

Medición del diámetro de los testigos cilíndricos con la Escala de Vernier



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 38 muestra el proceso de medición de diámetros de ambas caras de los testigos cilíndricos de concreto que serán sometidos a los ensayos de resistencia a la compresión, el instrumento empleado es la escala de Vernier.

Figura 39

Colocación de testigos cilíndricos del concreto patrón en la máquina de rotura



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 39 muestra la colocación de los testigos cilíndricos en la máquina.

Una vez ocurrida la falla en el testigo cilíndrico, se procedió a tomar los datos de la máquina, para determinar la fuerza que se aplicó antes que se produzca la rotura. Finalmente se retiró los testigos ensayados y se hizo la verificación visual para determinar el tipo fractura que presentó y poder clasificarla.

Figura 40

Testigos cilíndricos del concreto patrón sometidos al ensayo de compresión.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 40 muestra los testigos cilíndricos de concreto después de haber sido sometidos al ensayo de resistencia a la compresión.

Los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos para el concreto patrón para las distintas edades de curado son los siguientes:

Tabla 48

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón.

Nº	Descripción del Elemento	Edad (días)	Carga del Dial (kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de Falla	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)
1	Testigo M-1 Concreto Patrón	7	36348	181.19	200.61	Corte	
2	Testigo M-2 Concreto Patrón	7	35450	181.38	195.44	Cono	198.23
3	Testigo M-3 Concreto Patrón	7	35856	180.50	198.65	Corte	
4	Testigo M-4 Concreto Patrón	14	43148	180.93	238.48	Cono	
5	Testigo M-5 Concreto Patrón	14	43702	181.26	241.10	Cono	240.61
6	Testigo M-6 Concreto Patrón	14	43956	181.45	242.24	Corte	
7	Testigo M-7 Concreto Patrón	21	49626	179.86	275.92	Cono	
8	Testigo M-8 Concreto Patrón	21	49454	180.93	273.34	Cono	275.11
9	Testigo M-9 Concreto Patrón	21	50013	181.17	276.06	Cono	
10	Testigo M-10 Concreto Patrón	28	53660	181.17	296.19	Cono	
11	Testigo M-11 Concreto Patrón	28	52910	180.33	293.40	Cono	295.16
12	Testigo M-12 Concreto Patrón	28	53820	181.88	295.90	Cono	

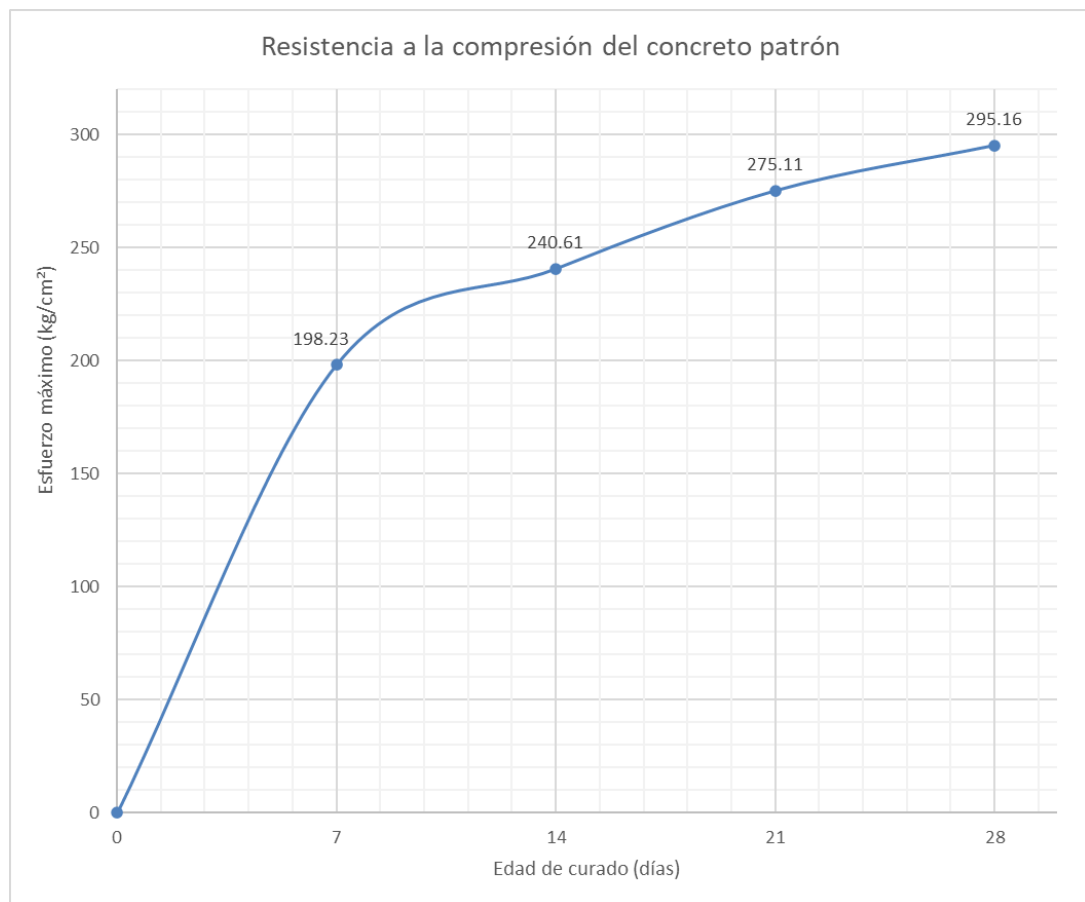
Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 48 muestra los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos mediante el ensayo de resistencia a la compresión, podemos observar que la

resistencia promedio obtenida a los 28 días para el concreto patrón fue un valor de 295.16 kg/cm². Lo cual comparado con nuestro diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm² con un factor de seguridad de 84 kg/cm², vemos que nuestra muestra pudo alcanzar la resistencia según el diseño de mezcla, por lo cual se da como aceptado el ensayo.

Figura 41

Evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 41 muestra la curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón a las distintas edades de curado.

4.1.2.8. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto con CBCA

Para el análisis de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en sustitución del 10%, 15% y 20% del peso del cemento, se sometió al ensayo de rotura tres testigos cilíndricos por cada edad de curado, es

decir se roturaron 3 testigos a los 7 días, 3 testigos a los 14 días, 3 testigos a los 21 días y 3 testigos a los 28 días, todo esto por cada porcentaje de sustitución. El procedimiento para llevar a cabo este ensayo fue el mismo que el desarrollado al concreto patrón, y de acuerdo las normas NTP 339.034, ASTM C39 y MTC E 704.

Figura 42

Testigos cilíndricos de concreto con CBCA sometidos a compresión.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 42 muestra el ensayo de compresión del concreto con sustitución.

Figura 43

Tipos de corte de testigos cilíndricos de concreto con CBCA.



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 43 muestra el testigo con sustitución después de someterlo al ensayo.

Concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA. Los resultados del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos para el concreto con 10% de sustitución son:

Tabla 49

Resultados del ensayo a compresión del concreto con 10% de CBCA.

Nº	Descripción del Elemento	Edad (días)	Carga del Dial (kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de Falla	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)
1	Testigo M-1 Concreto 10% de CBCA	7	32195	180.69	178.18	Corte	
2	Testigo M-2 Concreto 10% de CBCA	7	32705	180.05	181.65	Columnar	180.96
3	Testigo M-3 Concreto 10% de CBCA	7	33087	180.74	183.07	Cono	
4	Testigo M-4 Concreto 10% de CBCA	14	41316	181.45	227.70	Corte	
5	Testigo M-5 Concreto 10% de CBCA	14	40908	180.93	226.10	Cono	225.87
6	Testigo M-6 Concreto 10% de CBCA	14	40552	181.19	223.81	Columnar	
7	Testigo M-7 Concreto 10% de CBCA	21	48622	181.33	268.14	Cono	
8	Testigo M-8 Concreto 10% de CBCA	21	49217	182.55	269.60	Corte	267.77
9	Testigo M-9 Concreto 10% de CBCA	21	48143	181.29	265.56	Cono	
10	Testigo M-10 Concreto 10% de CBCA	28	51898	181.43	286.05	Corte	
11	Testigo M-11 Concreto 10% de CBCA	28	52425	181.12	289.45	Corte	289.58
12	Testigo M-12 Concreto 10% de CBCA	28	53155	181.26	293.25	Cono	

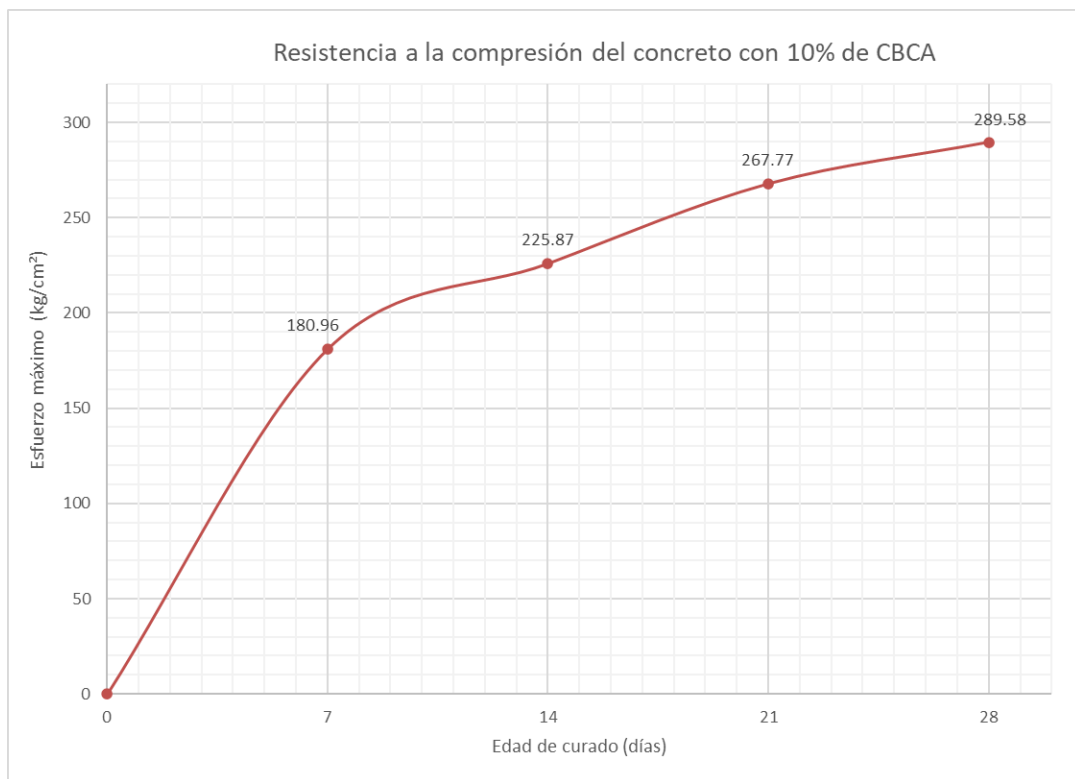
Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 49 muestra los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos mediante el ensayo de resistencia a la compresión, podemos observar

que la resistencia promedio obtenida a los 28 días para el concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA, obtuvo un valor de 289.58 kg/cm². Lo cual comparado con nuestro diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm² con un factor de seguridad de 84 kg/cm², no logró superar la resistencia requerida según el diseño de mezcla. Por otro lado, comparado con el promedio a los 28 días de la resistencia a la compresión del concreto patrón, vemos que el concreto con 10% de sustitución tiene una disminución del 1.89% en su resistencia promedio a los 28 días.

Figura 44

Evolución de la resistencia la compresión del concreto con 10% de CBCA



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 44 muestra la curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del 10% de cemento, para distintas edades de curado.

Concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA. Los ensayos para el análisis de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ceniza de bagazo de

caña de azúcar (CBCA) en sustitución del 15% del peso del cemento, se realizó como los procesos anteriores. Los resultados del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos para el concreto con 15% de CBCA en sustitución del cemento son los siguientes:

Tabla 50

Resultados del ensayo a compresión del concreto con 15% de CBCA.

Nº	Descripción del Elemento	Edad (días)	Carga del Dial (kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de Falla	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)
1	Testigo M-1 Concreto 15% de CBCA	7	33495	181.43	184.62	Corte	
2	Testigo M-2 Concreto 15% de CBCA	7	33605	181.12	185.54	Cono	185.89
3	Testigo M-3 Concreto 15% de CBCA	7	33987	181.26	187.50	Columnar	
4	Testigo M-4 Concreto 15% de CBCA	14	41416	181.33	228.40	Corte	
5	Testigo M-5 Concreto 15% de CBCA	14	41205	182.55	225.72	Columnar	226.92
6	Testigo M-6 Concreto 15% de CBCA	14	41090	181.29	226.66	Cono	
7	Testigo M-7 Concreto 15% de CBCA	21	47622	181.45	262.45	Corte	
8	Testigo M-8 Concreto 15% de CBCA	21	47414	180.93	262.06	Corte	261.93
9	Testigo M-9 Concreto 15% de CBCA	21	47343	181.19	261.29	Cono	
10	Testigo M-10 Concreto 15% de CBCA	28	50398	180.69	278.92	Cono	
11	Testigo M-11 Concreto 15% de CBCA	28	48525	180.05	269.51	Corte	277.04
12	Testigo M-12 Concreto 15% de CBCA	28	51092	180.74	282.69	Cono	

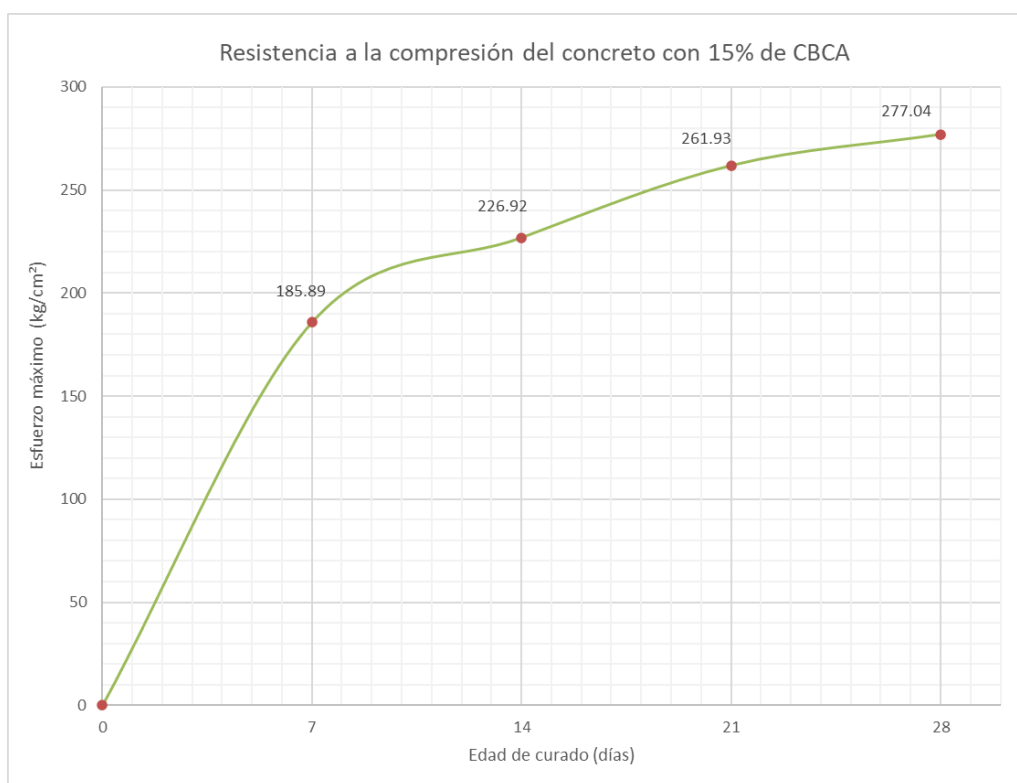
Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 50 muestra los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos mediante el ensayo de resistencia a la compresión, podemos observar que la

resistencia promedio obtenida a los 28 días para el concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA, obtuvo un valor de 277.04 kg/cm². Lo cual comparado con nuestro diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm² con un factor de seguridad de 84 kg/cm², vemos que no logró superar la resistencia requerida según el diseño de mezcla. Por otro lado, comparado con el promedio a los 28 días de la resistencia a la compresión del concreto patrón, vemos que el concreto con 15% de sustitución tiene una disminución del 6.14% en su resistencia promedio a los 28 días.

Figura 45

Evolución de la resistencia la compresión del concreto con 15% de CBCA



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 45 muestra la curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del 15% de cemento, para distintas edades de curado.

Concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA. Los ensayos para el análisis de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ceniza de bagazo de

caña de azúcar (CBCA) en sustitución del 20% del peso del cemento, se realizó como los anteriores descritos. Los resultados del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos para el concreto con 20% de CBCA en sustitución del cemento son los siguientes:

Tabla 51

Resultados del ensayo a compresión del concreto con 20% de CBCA.

Nº	Descripción del Elemento	Edad (días)	Carga del Dial (kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de Falla	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)
1	Testigo M-1 Concreto 20% de CBCA	7	33905	181.45	186.85	Corte	
2	Testigo M-2 Concreto 20% de CBCA	7	36028	180.93	199.13	Corte	190.21
3	Testigo M-3 Concreto 20% de CBCA	7	33459	181.19	184.66	Cono	
4	Testigo M-4 Concreto 20% de CBCA	14	39616	180.69	219.25	Cono	
5	Testigo M-5 Concreto 20% de CBCA	14	37196	180.05	206.59	Corte	217.84
6	Testigo M-6 Concreto 20% de CBCA	14	41152	180.74	227.69	Cono	
7	Testigo M-7 Concreto 20% de CBCA	21	45392	181.72	249.80	Corte	
8	Testigo M-8 Concreto 20% de CBCA	21	45717	181.12	252.41	Cono	246.40
9	Testigo M-9 Concreto 20% de CBCA	21	42956	181.26	236.98	Columnar	
10	Testigo M-10 Concreto 20% de CBCA	28	46155	181.33	254.53	Corte	
11	Testigo M-11 Concreto 20% de CBCA	28	44100	182.55	241.57	Columnar	254.28
12	Testigo M-12 Concreto 20% de CBCA	28	48355	181.29	266.73	Cono	

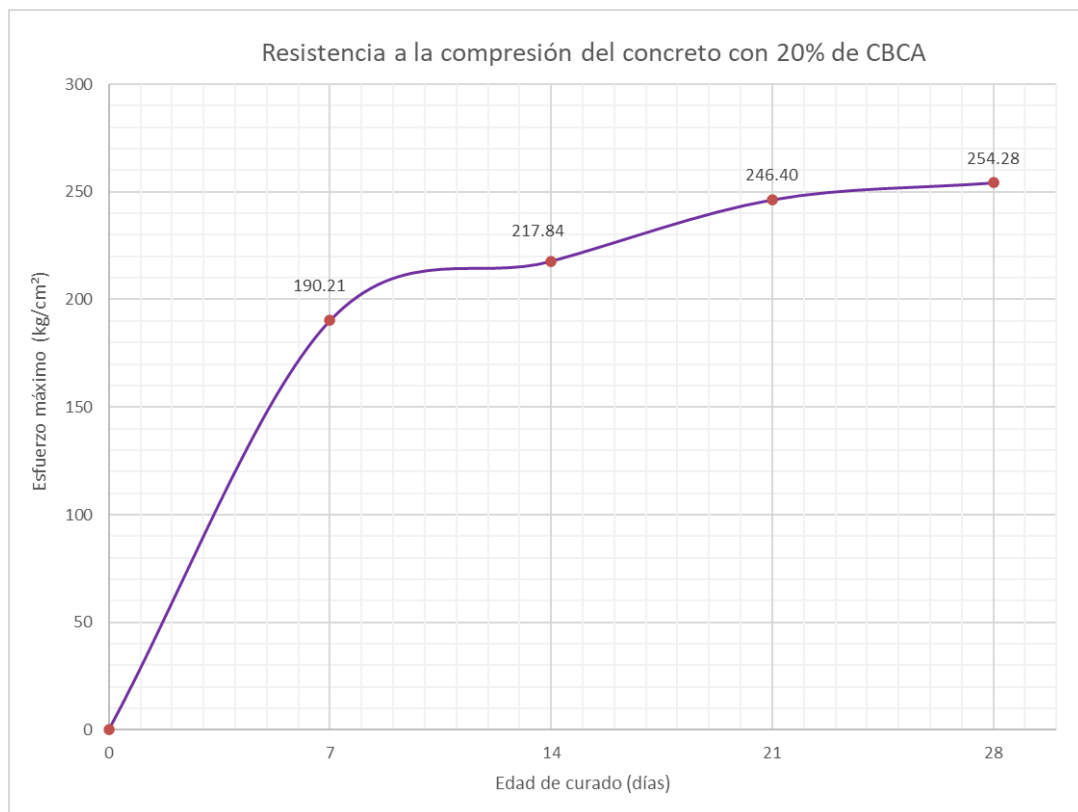
Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 51 muestra los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos cilíndricos mediante el ensayo de resistencia a la compresión, podemos observar que la

resistencia promedio obtenida a los 28 días para el concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA, obtuvo un valor de 254.28 kg/cm². Lo cual comparado con nuestro diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm² con un factor de seguridad de 84 kg/cm², vemos que no logró superar la resistencia requerida según el diseño de mezcla. Por otro lado, comparado con el promedio a los 28 días de la resistencia a la compresión del concreto patrón, vemos que el concreto con 20% de sustitución tiene una disminución del 13.85% en su resistencia promedio a los 28 días.

Figura 46

Evolución de la resistencia la compresión del concreto con 20% de CBCA



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 46 muestra la curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del 20% de cemento, para distintas edades de curado.

4.1.2.9. Comparación de resultados de la resistencia a la compresión

De los resultados obtenidos de los ensayos de rotura de testigos cilíndricos para determinar la resistencia a la compresión, tanto para el concreto patrón y el concreto elaborado con CBCA en sustitución del 10%, 15% y 20% del cemento, se obtiene la siguiente tabla donde se observa que el concreto con CBCA tiene valores inferiores respecto al concreto patrón en todas las edades de curado.

Tabla 52

Comparación de la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos.

Edades de Curado (días)	Resistencia Promedio del concreto patrón $f'c=210$ kg/cm² (kg/cm²)	Resistencia Promedio del concreto con 10% CBCA (kg/cm²)	Resistencia Promedio del concreto con 15% CBCA (kg/cm²)	Resistencia Promedio del concreto con 20% CBCA (kg/cm²)
7	198.23	180.96	185.89	190.21
14	240.61	225.87	226.92	217.84
21	275.11	267.77	261.93	246.40
28	295.16	289.58	277.04	254.28
Variación	0.00%	-1.89%	-6.14%	-13.85%

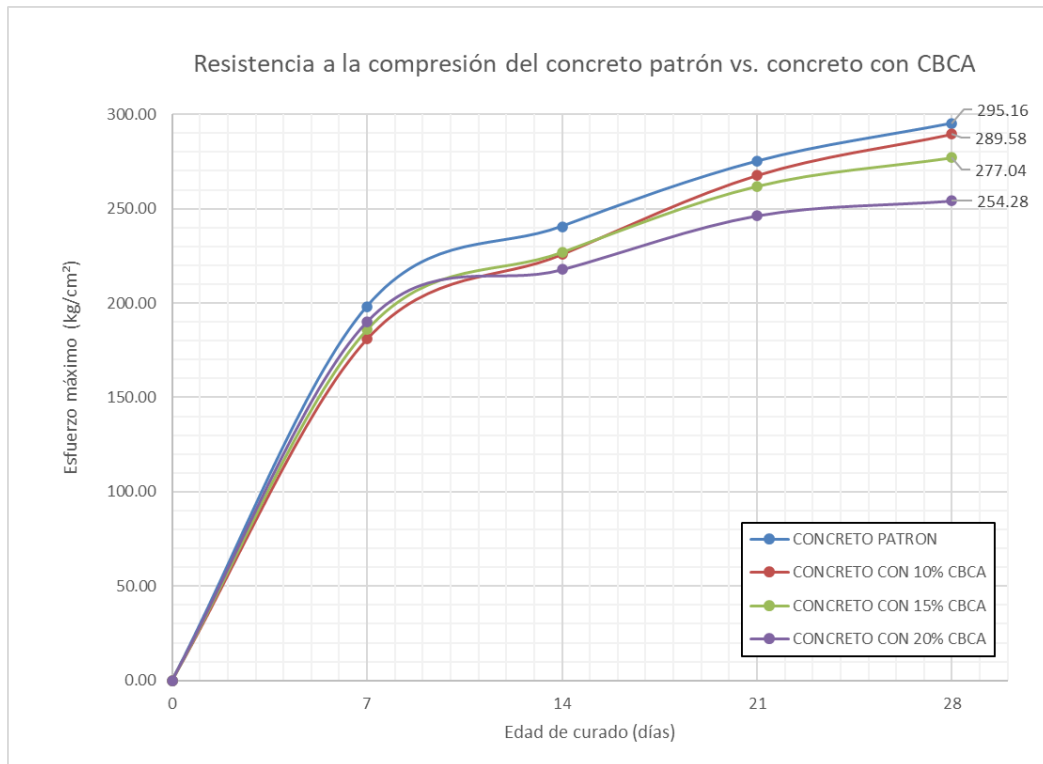
Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 52 muestra las resistencias a la compresión del concreto patrón y de los concretos con porcentajes de sustitución, donde se evidencia que el concreto patrón a los 28 días supera la resistencia requerida en el diseño de mezcla, mientras que los concretos con porcentajes de sustitución no lograron superar la resistencia del concreto patrón.

En las siguientes figuras, se visualiza la evolución de las resistencias a la compresión en cada edad de curado de todos los tipos de concreto ensayados, donde se aprecia gráficamente que la resistencia a la compresión del concreto con porcentajes de sustitución del 10%, 15% y 20% de cemento por CBCA son inferiores a la resistencia alcanzada por el concreto patrón:

Figura 47

Evolución comparativa de la resistencia a la compresión del concreto

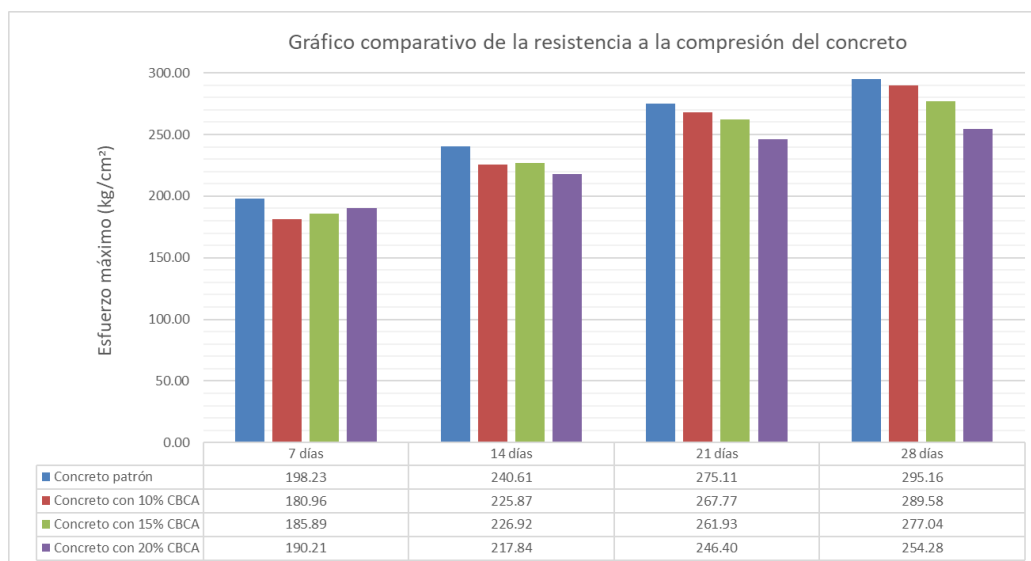


Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 47 se muestra la evolución de la resistencia a la compresión del concreto.

Figura 48

Comparación de la resistencia a la compresión del concreto



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 48 se muestra la evolución de la resistencia a la compresión del concreto.

4.1.2.10. Análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto patrón

La resistencia a la flexotracción del concreto se expresa como el Módulo de Rotura (MR) y es determinada mediante ensayos establecidos en las normas NTP 339.078, ASTM C78 y MTC E 709.

Para el análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto patrón, se sometieron al ensayo de rotura tres testigos prismáticos por cada edad de curado, es decir se roturaron 3 testigos a los 7 días, 3 testigos a los 14 días, 3 testigos a los 21 días y 3 testigos a los 28 días, por cada porcentaje de sustitución de cemento por CBCA.

El método utilizado para calcular la resistencia a la flexotracción del concreto patrón y concreto con CBCA en vigas simplemente apoyadas, es ejerciendo la carga a un tercio de luz de la viga donde ocurrirá la falla y la deformación máxima; el módulo de rotura se determina según la ubicación de la falla: si es dentro del tercio central o una distancia que no sea mayor de 5% de la luz libre.

Figura 49

Preparación de la muestra para someterlo a la máquina de flexión.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 49 se muestra la preparación de la viga, marcando con líneas una referencia visual para una mejor colocación en la máquina de rotura.

Figura 50

Ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto patrón.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 50 se aprecia el ensayo de resistencia a la flexotracción de una viga de concreto, donde la carga fue aplicada a una velocidad constante de 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta que se produzca el momento de falla o rotura del espécimen.

Figura 51

Zona de rotura en el tercio central de la viga del concreto patrón.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 51 se verifica visualmente la falla de corte en el tercio central de la viga, con lo cual se utilizará la formula correspondiente para determinar el Módulo de Rotura.

Tabla 53*Resultado del ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto patrón.*

Nº	Descripción del Elemento	Edad (días)	Carga del Dial (kg-f)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Lugar de Falla	Esfuerzo Promedio (Kg/cm ²)
1	Viga Nº 01 Concreto Patrón	7	2581	34.41	Tercio Central	
2	Viga Nº 02 Concreto Patrón	7	2698	35.97	Tercio Central	34.17
3	Viga Nº 03 Concreto Patrón	7	2409	32.12	Tercio Central	
4	Viga Nº 04 Concreto Patrón	14	3054	40.72	Tercio Central	
5	Viga Nº 05 Concreto Patrón	14	3104	41.39	Tercio Central	41.96
6	Viga Nº 06 Concreto Patrón	14	3282	43.76	Tercio Central	
7	Viga Nº 07 Concreto Patrón	21	3397	45.29	Tercio Central	
8	Viga Nº 08 Concreto Patrón	21	3351	44.68	Tercio Central	45.40
9	Viga Nº 09 Concreto Patrón	21	3467	46.23	Tercio Central	
10	Viga Nº 10 Concreto Patrón	28	3608	48.11	Tercio Central	
11	Viga Nº 11 Concreto Patrón	28	3725	49.67	Tercio Central	49.60
12	Viga Nº 12 Concreto Patrón	28	3827	51.03	Tercio Central	

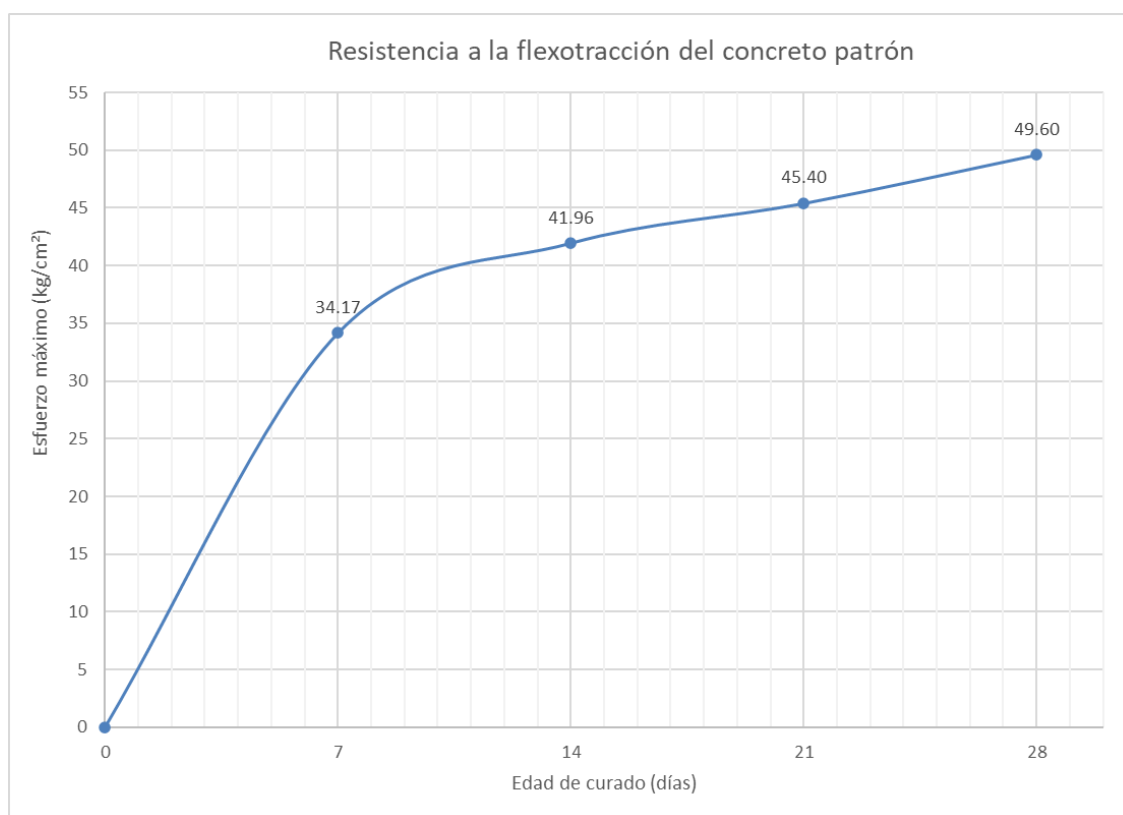
Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 53 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto patrón, se obtuvo una resistencia promedio a los 28 días de 49.60 kg/cm², lo cual según la ACI 318, este resultado se encuentra entre el 10% y 20% de la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón anteriormente, por lo cual el ensayo es aceptable.

A continuación, se muestra la gráfica de evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto patrón en las distintas edades de curado:

Figura 52

Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto patrón



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 52 muestra la curva de evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto patrón a las distintas edades de curado.

4.1.2.11. Análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto con CBCA

Para el análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con CBCA en sustitución del 10%, 15% y 20% del peso del cemento, se sometieron al ensayo de rotura tres testigos prismáticos por cada edad de curado, es decir se roturaron 3 testigos a los 7 días, 3 testigos a los 14 días, 3 testigos a los 21 días y 3 testigos a los 28 días, todo esto por cada porcentaje de sustitución de cemento por CBCA.

Al igual que el ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto patrón, el procedimiento para el concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del cemento, fue siguiendo el procedimiento establecido en la NTP 339.078.

Figura 53

Ensayo de resistencia a la flexotracción del concreto con CBCA.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 53 se muestra la colocación de la viga de concreto en la máquina de rotura.

Figura 54

Rotura en el tercio central de la viga de concreto con CBCA.



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 54 se verifica la falla de corte ocurre dentro del tercio central del espécimen, a fin de utilizar la formula correspondiente para determinar el Módulo de Rotura.

Concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA. El ensayo para el análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en sustitución del 10% del peso del cemento, se realizó de acuerdo a las normas establecidas. Los resultados del ensayo de rotura de los testigos prismáticos para el concreto con 10% de CBCA en sustitución del cemento son los siguientes:

Tabla 54

Resultados de la resistencia a la flexotracción del concreto con 10% CBCA.

Nº	Descripción del Elemento	Edad (Días)	Carga del Dial (kg-f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Lugar de Falla	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)
1	Viga N° 01 Concreto 10% de CBCA	7	2315	30.87	Tercio Central	
2	Viga N° 02 Concreto 10% de CBCA	7	2502	33.36	Tercio Central	32.14
3	Viga N° 03 Concreto 10% de CBCA	7	2414	32.19	Tercio Central	
4	Viga N° 04 Concreto 10% de CBCA	14	2815	37.53	Tercio Central	
5	Viga N° 05 Concreto 10% de CBCA	14	2995	39.93	Tercio Central	38.67
6	Viga N° 06 Concreto 10% de CBCA	14	2891	38.55	Tercio Central	
7	Viga N° 07 Concreto 10% de CBCA	21	3240	43.20	Tercio Central	
8	Viga N° 08 Concreto 10% de CBCA	21	3342	44.56	Tercio Central	43.29
9	Viga N° 09 Concreto 10% de CBCA	21	3158	42.11	Tercio Central	
10	Viga N° 10 Concreto 10% de CBCA	28	3498	46.64	Tercio Central	
11	Viga N° 11 Concreto 10% de CBCA	28	3552	47.36	Tercio Central	47.40
12	Viga N° 12 Concreto 10% de CBCA	28	3614	48.19	Tercio Central	

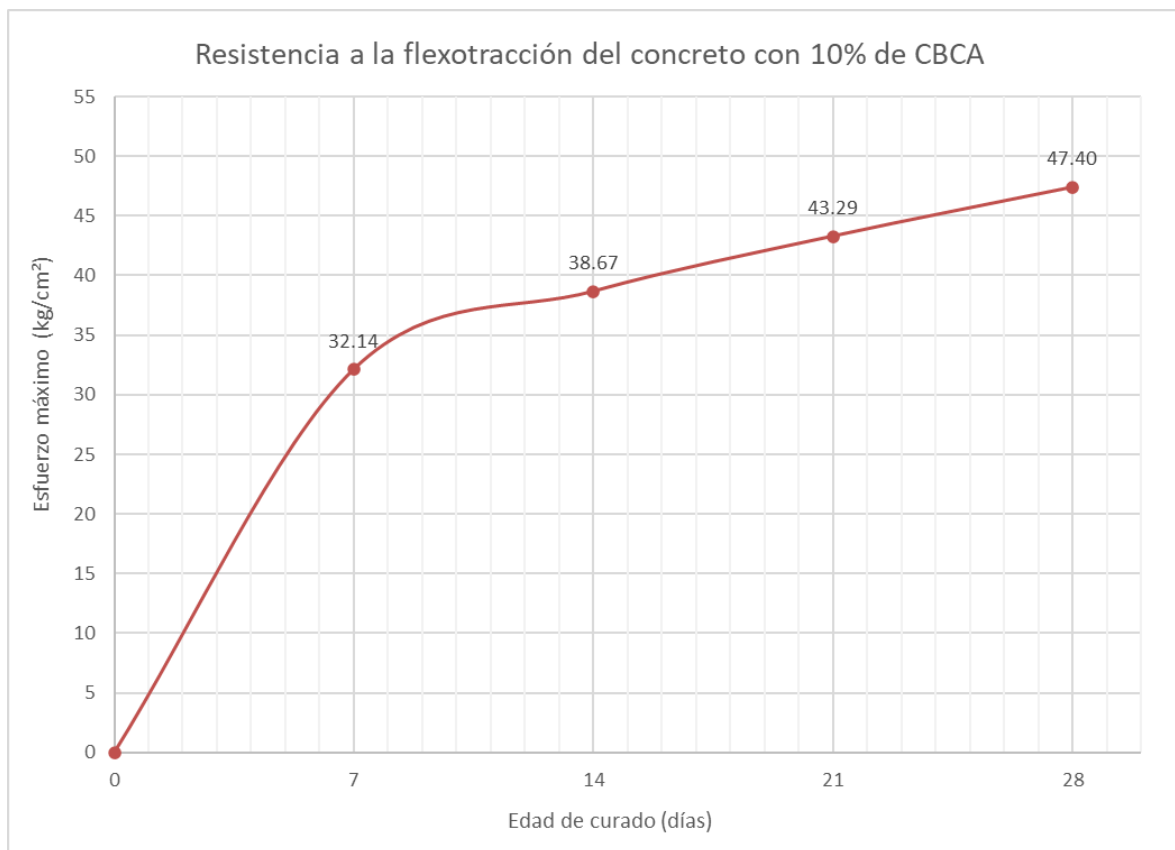
Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 54 muestra los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos prismáticos mediante el ensayo de resistencia a la flexotracción, podemos observar que la

resistencia promedio obtenida a los 28 días para el concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA, obtuvo un valor de 47.40 kg/cm², lo cual está por debajo de la resistencia alcanzada por el concreto patrón, donde obtenemos que el concreto con 10% de sustitución tiene una disminución del 4.43% en su resistencia promedio a los 28 días.

Figura 55

Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto con 10% de CBCA



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 55 muestra la curva de evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del 10% de cemento, para distintas edades de curado.

Concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA. El ensayo para el análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en sustitución del 15% del peso del cemento, se realizó de acuerdo a las

normas establecidas. Los resultados del ensayo de rotura de los testigos prismáticos para el concreto con 15% de CBCA en sustitución del cemento son los siguientes:

Tabla 55

Resultados de la resistencia a la flexotracción del concreto con 15% CBCA

Nº	Descripción del Elemento	Edad (Días)	Carga del Dial (kg-f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Lugar de Falla	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)
1	Viga N° 01 Concreto 15% de CBCA	7	2415	32.20	Tercio Central	
2	Viga N° 02 Concreto 15% de CBCA	7	2362	31.49	Tercio Central	32.28
3	Viga N° 03 Concreto 15% de CBCA	7	2485	33.13	Tercio Central	
4	Viga N° 04 Concreto 15% de CBCA	14	2675	35.67	Tercio Central	
5	Viga N° 05 Concreto 15% de CBCA	14	2778	37.04	Tercio Central	36.44
6	Viga N° 06 Concreto 15% de CBCA	14	2747	36.63	Tercio Central	
7	Viga N° 07 Concreto 15% de CBCA	21	2940	39.20	Tercio Central	
8	Viga N° 08 Concreto 15% de CBCA	21	3042	40.56	Tercio Central	39.56
9	Viga N° 09 Concreto 15% de CBCA	21	2918	38.91	Tercio Central	
10	Viga N° 10 Concreto 15% de CBCA	28	3246	43.28	Tercio Central	
11	Viga N° 11 Concreto 15% de CBCA	28	3378	45.04	Tercio Central	43.56
12	Viga N° 12 Concreto 15% de CBCA	28	3178	42.37	Tercio Central	

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 55 muestra los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos prismáticos mediante el ensayo de resistencia a la flexotracción, podemos observar que la resistencia promedio obtenida a los 28 días para el concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA, obtuvo un valor de 43.56 kg/cm², lo cual está por debajo de la

resistencia alcanzada por el concreto patrón, donde obtenemos que el concreto con 15% de sustitución tiene una disminución del 12.18% en su resistencia promedio a los 28 días.

Figura 56

Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto con 15% de CBCA



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 56 muestra la curva de evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del 15% de cemento, para distintas edades de curado.

Concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA. El ensayo para el análisis de la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en sustitución del 20% del peso del cemento, se realizó de acuerdo a las normas establecidas. Los resultados del ensayo de rotura de los testigos prismáticos para el concreto con 20% de CBCA en sustitución del cemento son los siguientes:

Tabla 56*Resultados de la resistencia a la flexotracción del concreto con 20% CBCA.*

Nº	Descripción del Elemento	Edad (Días)	Carga del Dial (kg-f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Lugar de Falla	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)
1	Viga N° 01 Concreto 20% de CBCA	7	2181	29.08	Tercio Central	
2	Viga N° 02 Concreto 20% de CBCA	7	2098	27.97	Tercio Central	28.84
3	Viga N° 03 Concreto 20% de CBCA	7	2209	29.45	Tercio Central	
4	Viga N° 04 Concreto 20% de CBCA	14	2877	38.36	Tercio Central	
5	Viga N° 05 Concreto 20% de CBCA	14	2399	31.99	Tercio Central	34.86
6	Viga N° 06 Concreto 20% de CBCA	14	2567	34.23	Tercio Central	
7	Viga N° 07 Concreto 20% de CBCA	21	2877	38.36	Tercio Central	
8	Viga N° 08 Concreto 20% de CBCA	21	2699	35.99	Tercio Central	37.97
9	Viga N° 09 Concreto 20% de CBCA	21	2967	39.56	Tercio Central	
10	Viga N° 10 Concreto 20% de CBCA	28	3008	40.11	Tercio Central	
11	Viga N° 11 Concreto 20% de CBCA	28	3259	43.45	Tercio Central	41.75
12	Viga N° 12 Concreto 20% de CBCA	28	3127	41.69	Tercio Central	

Fuente. Elaboración propia

Nota. La tabla 56 muestra los resultados obtenidos del ensayo de rotura de los testigos prismáticos mediante el ensayo de resistencia a la flexotracción, podemos observar que la resistencia promedio obtenida a los 28 días para el concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA, obtuvo un valor de 41.75 kg/cm², lo cual está por debajo de la resistencia alcanzada por el concreto patrón, donde obtenemos que el concreto con 20% de sustitución tiene una disminución del 15.83% en su resistencia promedio a los 28 días.

Figura 57

Evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto con 20% de CBCA



Fuente. Elaboración propia

Nota. La figura 57 muestra la curva de evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del 20% de cemento, para distintas edades de curado.

4.1.2.12. Comparación de resultados de la resistencia a la flexotracción

De los resultados obtenidos de los ensayos de rotura de testigos prismáticos para determinar la resistencia a la flexotracción, tanto para el concreto patrón y el concreto elaborado con CBCA en sustitución del 10%, 15% y 20% del cemento, es que se tiene la siguiente tabla, en la que podemos determinar que la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar es menor respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón, en todas las edades de curado.

Tabla 57

Comparación de la resistencia a la flexotracción de testigos prismáticos.

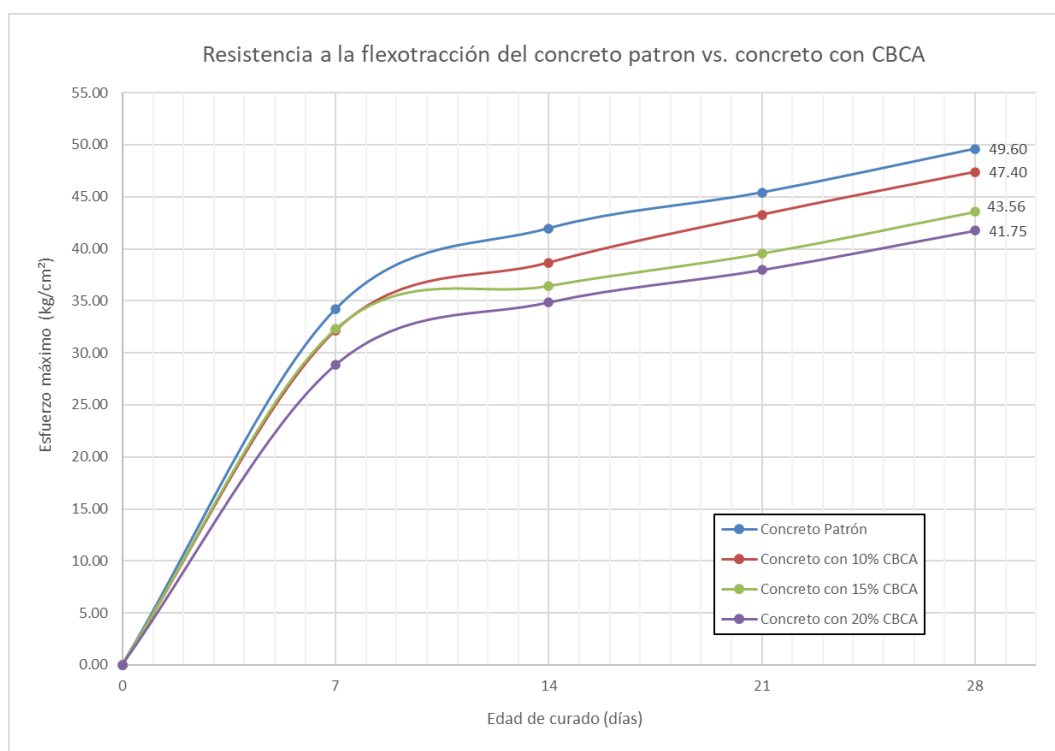
Edades de Curado (días)	Resistencia Promedio del concreto patrón (kg/cm ²)	Resistencia Promedio del concreto con 10% de CBCA (kg/cm ²)	Resistencia Promedio del concreto con 15% de CBCA (kg/cm ²)	Resistencia Promedio del concreto con 20% de CBCA (kg/cm ²)
7	34.17	32.14	32.28	28.84
14	41.96	38.67	36.44	34.86
21	45.40	43.29	39.56	37.97
28	49.60	47.40	43.56	41.75
Variación	0.00%	-4.43%	-12.18%	-15.83%

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 57 se muestra las resistencias a la flexotracción del concreto patrón y de los concretos con porcentajes de sustitución, donde se evidencia que el concreto patrón a los 28 días obtuvo un Módulo de Rotura de 49.60 kg/cm², mientras que los concretos con porcentajes de sustitución no lograron superar la resistencia del concreto patrón.

Figura 58

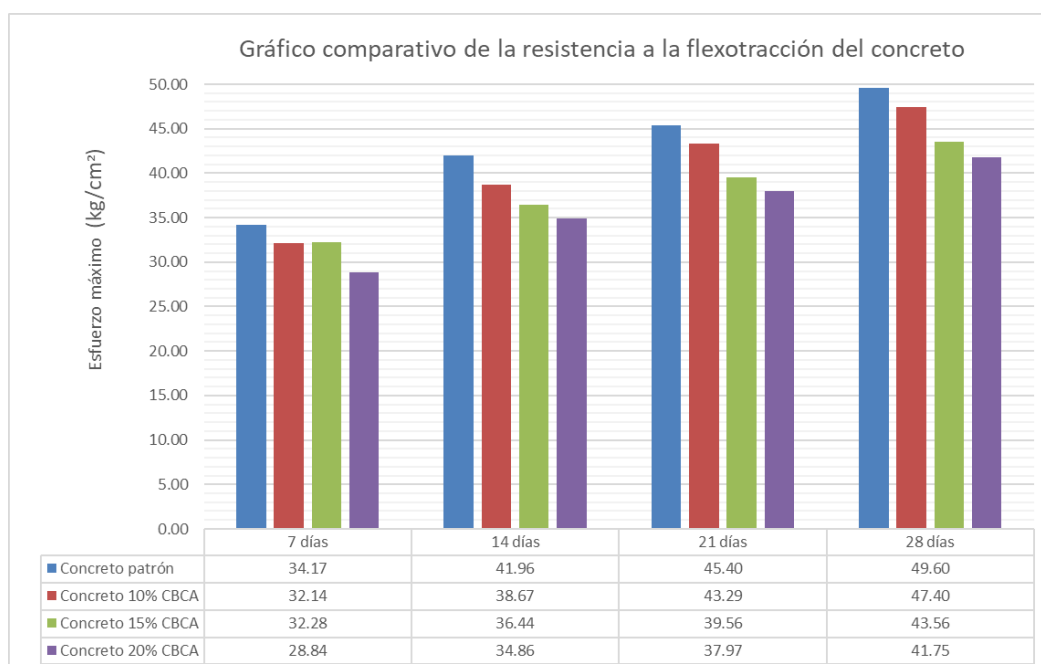
Evolución comparativa de la resistencia a la flexotracción del concreto



Fuente. Elaboración propia

Figura 59

Comparación de la resistencia a la flexotracción del concreto



Fuente. Elaboración propia

Nota. En la figura 59 se muestra la evolución de la resistencia a la flexotracción del concreto.

4.1.2.13. Análisis de comparativo de costos

Con el fin de evaluar la viabilidad económica de la producción de concreto utilizando ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial de cemento, se realizó el presupuesto para un metro cúbico de concreto convencional (concreto patrón), y también para los concretos con porcentajes de sustitución del 10%, 15% y 20% de cemento por CBCA, con el fin de realizar la respectiva comparación. Los costos de los materiales para el concreto fueron de acuerdo a los precios unitarios del mercado local de la ciudad de Abancay, correspondientes al primer semestre del año 2020, todos puesto en obra. Para determinar el precio de la CBCA, se consideró el costo de traslado de 100 kilogramos de ceniza desde el sector de Pachachaca hasta el laboratorio ubicado en el centro de la ciudad de Abancay (15 kilómetros aprox.). El costo de traslado por flete terrestre fue de S/ 20.00 soles, por lo tanto, el costo de cada kilogramo de CBCA se estableció en S/ 0.20 soles.

a. Concreto convencional. El costo de elaboración de un metro cubico de concreto convencional, está de acuerdo a las cantidades de material del concreto patrón según la dosificación especificada en la *tabla 37*. De dicha tabla se extrajo las cantidades de cada material para multiplicarlo por sus respectivos costos unitarios y así obtener el presupuesto total para un metro cubico de concreto. Estos datos se detallan en la *tabla 58*:

Tabla 58

Costo de 1 m³ de concreto convencional

Materiales	Cantidad / m³		Proporción en volumen para 1 m³		Precio Unitario	Costo para 1 m³
Cemento	371.99	Kg	8.753	bolsas	S/ 22.50	S/ 196.94
Agua	201.30	L	0.201	m ³	S/ 4.50	S/ 0.90
Ag. Fino	742.77	Kg	0.481	m ³	S/ 70.00	S/ 33.67
Ag. Grueso	1038.04	Kg	0.687	m ³	S/ 60.00	S/ 41.22
Costo total para 1 m³ de concreto convencional en Soles						S/ 272.73

Fuente. Elaboración propia

b. Concreto con 10% de sustitución. El costo de elaboración de concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA está de acuerdo a las cantidades de material a utilizar para un metro cubico según la dosificación especificada en la *tabla 41*. De dicha tabla se extrajo las cantidades de cada material para así obtener el presupuesto total de 1 m³ de concreto con 10% de sustitución de cemento por CBCA. La determinación del costo de la ceniza del bagazo de caña, estos datos se detallan en la *tabla 59*:

Tabla 59

Costo de 1 m³ de concreto con 10% de sustitución

Materiales	Cantidad / m³		Proporción en volumen para 1 m³		Precio Unitario	Costo para 1 m³
Cemento	334.79	Kg	7.877	bolsas	S/ 22.50	S/177.23
CBCA 10%	37.20	Kg	37.20	Kg	S/ 0.20	7.44
Agua	201.30	L	0.201	m ³	S/ 4.50	S/ 0.90
Ag. Fino	742.77	Kg	0.481	m ³	S/ 70.00	S/ 33.67
Ag. Grueso	1038.04	Kg	0.687	m ³	S/ 60.00	S/ 41.22
Costo total para 1 m³ de concreto con 10% de sustitución en Soles						S/ 260.46

Fuente. Elaboración propia

c. Concreto con 15% de sustitución. La determinación del costo de concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA, está de acuerdo a las cantidades de materiales especificadas en la *tabla 42*. El costo de 1 m³ de concreto se muestra en la *tabla 60*:

Tabla 60

Costo de 1 m³ de concreto con 15% de sustitución

Materiales	Cantidad / m³		Proporción en volumen para 1 m³		Precio Unitario	Costo para 1 m³
Cemento	316.19	Kg	7.439	bolsas	S/ 22.50	S/ 167.37
CBCA 15%	55.80	Kg	55.80	Kg	S/ 0.20	S/ 11.16
Agua	201.30	L	0.201	m ³	S/ 4.50	S/ 0.90
Ag. Fino	742.77	Kg	0.481	m ³	S/ 70.00	S/ 33.67
Ag. Grueso	1038.04	Kg	0.687	m ³	S/ 60.00	S/ 41.22
Costo total para 1 m³ de concreto con 15% de sustitución en Soles						S/ 254.32

Fuente. Elaboración propia

d. Concreto con 20% de sustitución. La determinación del costo de concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA, está de acuerdo a las cantidades de materiales especificadas en la *tabla 43*. El costo de 1 m³ de concreto se muestra en la *tabla 61*:

Tabla 61

Costo de 1 m³ de concreto con 20% de sustitución

Materiales	Cantidad / m³		Proporción en volumen para 1 m³		Precio Unitario	Costo para 1 m³
Cemento	297.59	Kg	7.002	bolsas	S/ 22.50	S/ 157.54
CBCA 20%	74.40	Kg	74.40	Kg	S/ 0.20	S/ 14.88
Agua	201.30	L	0.201	m ³	S/ 4.50	S/ 0.90
Ag. Fino	742.77	Kg	0.481	m ³	S/ 70.00	S/ 33.67
Ag. Grueso	1038.04	Kg	0.687	m ³	S/ 60.00	S/ 41.22
Costo total para 1 m³ de concreto con 20% de sustitución en Soles						S/ 248.21

Fuente. Elaboración propia

e. Comparación de costos. De acuerdo a los costos obtenidos en las tablas anteriores, se pudo evidenciar una disminución en el costo del concreto con porcentajes de sustitución, frente al costo del concreto convencional. El concreto con 10% de sustitución tiene una disminución en el costo del 4.49%. El concreto con 15% de sustitución tiene una

disminución en el costo del 6.75%. El concreto con 20% de sustitución tiene una disminución en el costo del 8.99%. En todos los casos, los concretos con porcentajes de sustitución tienen un costo menor respecto al concreto convencional. El análisis comparativo con variaciones de costos se detalla en la tabla 62:

Tabla 62

Cuadro comparativo del costo del concreto

Detalle	Concreto Convencional	Concreto 10% CBCA	Concreto 15% CBCA	Concreto 20% CBCA
Costo total de 1 m ³	S/ 272.73	S/ 260.46	S/ 254.32	S/ 248.21
Diferencia (S/)	S/ 0.00	S/ - 12.27	S/ -18.41	S/ -24.52
Variación (%)	0.00 %	- 4.49 %	- 6.75 %	- 8.99 %

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla 62 se observa que los concretos con porcentajes de sustitución de cemento por CBCA resultan ser más económicos que un concreto convencional, evidenciándose un ahorro de hasta el 8.99% o S/ 24.52 soles.

4.2. Discusión de resultados

a. Discusión de resultados del objetivo específico “a”

Esta investigación tuvo como primer objetivo evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión del concreto. Es así que, de los resultados de los ensayos realizados a los 28 días de edad, se obtuvo que la resistencia a la compresión del concreto patrón fue de 295.16 kg/cm². Sin embargo, con la sustitución del 10%, 15% y 20% del cemento por CBCA, se obtuvieron resistencias promedio a la compresión de 289.58 kg/cm², 277.04 kg/cm² y 254.28 kg/cm² respectivamente, como se muestra en la Tabla 52. (Ver pág. 105)

De estos resultados se puede observar que la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA, tiene una disminución del 1.89%, así mismo, el concreto con 15% de sustitución tiene una disminución del 6.14%, mientras que el

concreto con 20% de sustitución evidencia una disminución del 13.85%; todos ellos respecto a la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón, a los 28 días de edad.

Estos resultados concuerdan con la investigación Jara y Palacios (2015), quienes determinaron que los porcentajes de sustitución del 10%, 20% y 30% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, disminuyen la resistencia a la compresión del concreto en 7.35%, 29.0% y 34.64%, respectivamente. Con lo que podemos decir que, a más porcentaje de sustitución, la resistencia a la compresión del concreto decrece proporcionalmente.

Por otro lado, Jiménez (2016) obtuvo en su investigación resultados distintos, ya que en su investigación planteó el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como un insumo que se le adiciona al concreto, experimentando con porcentajes del 8%, 10% y 12%, donde llegó a evidenciar que la resistencia a la compresión del concreto incrementa hasta en un 16.94%. Por lo que podemos mencionar que la CBCA puede ser empleado como un insumo para adicionar al concreto y así mejorar sus propiedades mecánicas.

b. Discusión de resultados del objetivo específico “b”

Esta investigación tuvo como segundo objetivo evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la flexotracción del concreto. Es así que, de los resultados de los ensayos se obtuvo que la resistencia a la flexotracción del concreto patrón fue de 49.60 kg/cm². Sin embargo, con la sustitución del 10%, 15% y 20% de cemento por CBCA, se obtuvo resistencias promedio a la flexotracción de 47.40 kg/cm², 43.56 kg/cm² y 41.75 kg/cm² respectivamente, como se muestra en la Tabla 57. (Ver pág. 118)

De estos resultados se puede observar que la resistencia a la flexotracción del concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA, tiene una disminución del 4.43%, así mismo, el concreto con 15% de sustitución tiene una disminución del 12.18%, mientras

que el concreto con sustitución del 20% evidencia una disminución del 15.83%; todos ellos respecto a la resistencia a la flexotracción alcanzada por el concreto patrón, a los 28 días.

Estos resultados guardan relación con los obtenidos por Acuña y Caballero (2018), quienes determinaron que los porcentajes de sustitución del 5%, 10% y 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña, disminuyen la resistencia a la flexión del concreto en un 13.13%, 19.91% y 27.96% respectivamente. Lo que nos indica que la sustitución de cemento por CBCA reduce la resistencia a la flexotracción del concreto proporcionalmente al porcentaje de sustitución.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los de Haro (2016), quien determinó en su investigación que la adición de ceniza de bagazo de caña en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% incrementan la resistencia a la flexión del concreto en un 10.60%, 13.51%, 14.64% y 16.59% respectivamente. Con esto podemos decir que la adición de distintos porcentajes de CBCA mejora la resistencia a la flexotracción de concreto, directamente proporcional al porcentaje añadido, evidenciando así que la CBCA es un insumo ideal para adicionar al concreto y mejorar sus propiedades mecánicas.

c. Discusión de resultados del objetivo específico “c”

Esta investigación tuvo como tercer objetivo evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la consistencia del concreto. Es así que, de los ensayos realizados al concreto patrón, dieron como resultado un asentamiento promedio de 4.13". Sin embargo, con la sustitución del 10%, 15% y 20% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, se obtuvo asentamientos promedios de 4.00", 3.45" y 2.25", respectivamente, como se muestra en las Tablas 44, 45, 46 y 47.

De estos resultados se observa que, a mayor porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de caña de azúcar, se obtendrá un asentamiento ligeramente menor. Así mismo, según la clasificación de asentamiento de la *Tabla 1*, para los porcentajes de 10% y 15% se

tiene una mezcla de consistencia plástica, mientras que para el 20% de sustitución, se tiene un concreto de consistencia seca.

Estos resultados tienen afinidad con los de Incahuanaco y Lencinas (2017), quienes determinaron en su investigación que los asentamientos para los concretos con porcentajes de sustitución de 2.5%, 5%, 7% y 10% de cemento por ceniza de paja de trigo, tienen asentamientos de 2.6", 2.1", 1.1" y 0.5", respectivamente. Es decir, a más porcentaje de sustitución se tiene una mezcla más seca. Por lo que se puede mencionar que la consistencia y la trabajabilidad del concreto se ven afectadas proporcionalmente de acuerdo al porcentaje de sustitución de cemento por ceniza, esto debido al agua que este último absorbe.

4.3. Prueba de hipótesis

Una prueba de hipótesis examina dos hipótesis opuestas sobre una población: la hipótesis nula y la hipótesis alterna. La hipótesis nula es el enunciado que se probará, por lo general, la hipótesis nula es un enunciado de que *no hay efecto o no hay diferencia*. Por otro lado, la hipótesis alterna es el enunciado que se desea poder concluir que es verdadero de acuerdo con la evidencia proporcionada por los datos de la muestra. (Minitab 18, s.f.)

El estadístico de prueba utilizado en la presente investigación para determinar la probabilidad de rechazar o aceptar una hipótesis nula o alterna es el *t de Student*.

4.3.1. Prueba estadística para la hipótesis específica "a"

a. Planteamiento de hipótesis

H₀: $[\mu_1 = \mu_2]$ La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la compresión del concreto.

H_a: $[\mu_1 \neq \mu_2]$ La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión del concreto.

b. Nivel de significancia

El nivel de significancia considerado es: $\alpha = 5\% = 0.05$

c. Estadístico de prueba

Se aplicó la distribución *t de Student* para la diferencia entre dos medias muestrales, el cual es calculado mediante la siguiente formula:

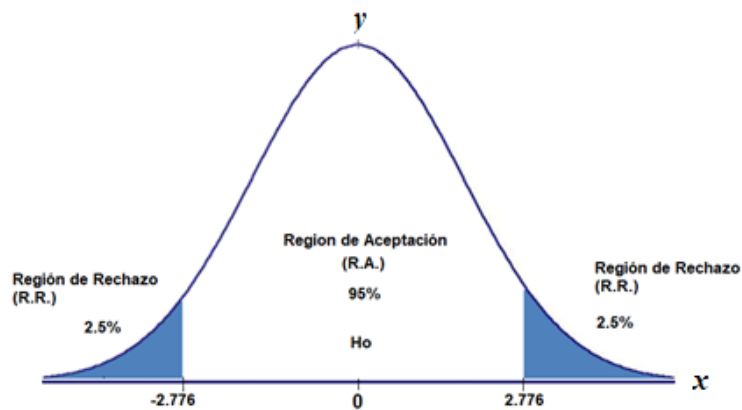
$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}}$$

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

- \bar{x} : Media de la muestra 1 (concreto patrón)
- \bar{y} : Media de la muestra 2 (concreto con % de CBCA)
- n_1 : Cantidad muestra 1 (concreto patrón)
- n_2 : Cantidad muestra 2 (concreto con % de CBCA)
- s^2 : Desviación estándar

d. Región crítica



El *t tabular* según la tabla de distribución de *t de Student* para un nivel de significancia de 0.05 con 4 grados de libertad es ± 2.776

Para los testigos de concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA:

Tabla 63

Datos de diferencia de medias para resistencia a compresión con 10% CBCA.

Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)				Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)			
Testigos cilíndricos para el concreto patrón f'c = 210 kg/cm ²				Testigos cilíndricos para el concreto con sustitución del 10% del cemento por CBCA			
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	296.19	1.03	1.061	1	286.05	-3.53	12.461
2	293.40	-1.76	3.098	2	289.45	-0.13	0.017
3	295.90	0.74	0.533	3	293.25	3.67	13.469
$\bar{x} = 295.16$			$\Sigma = 4.707$	$\bar{y} = 289.58$			$\Sigma = 25.947$

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{4.707 + 25.947}{3 + 3 - 2} = 7.663$$

$$t_c = \frac{295.16 - 289.58}{\sqrt{\frac{7.663}{3} + \frac{7.663}{3}}}$$

$$t_c = 2.469$$

Tabla 64

Tabulación prueba de hipótesis de resistencia a compresión con 10% CBCA.

Prueba de hipótesis de la resistencia a la compresión del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n ₁ +n ₂ -2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
			$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite inferior	Límite superior
	2.469	4	0,025	0,975	-2,776	2.776

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 2.469 \in R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_a y aceptamos H_0

H₀: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna H_a y aceptamos la hipótesis nula H_0 , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, no influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para los testigos de concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA:

Tabla 65

Datos de diferencia de medias para resistencia a compresión con 15% CBCA.

Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)	Testigos cilíndricos para el concreto patrón $f'c = 210$ kg/cm^2			Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)	Testigos cilíndricos para el concreto con sustitución del 15% del cemento por CBCA		
	n_1	x	$x - \bar{x}$		$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	296.19	1.03	1.061	1	278.92	1.88	3.534
2	293.40	-1.76	3.098	2	269.51	-7.53	56.701
3	295.90	0.74	0.548	3	282.69	5.65	31.923
	$\bar{x} = 295.16$		$\Sigma = 4.707$		$\bar{y} = 277.04$		$\Sigma = 92.158$

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{4.707 + 92.158}{3 + 3 - 2} = 24.216$$

$$t_c = \frac{295.16 - 277.04}{\sqrt{\frac{24.216}{3} + \frac{24.216}{3}}}$$

$$t_c = 4.510$$

Tabla 66

Tabulación prueba de hipótesis de resistencia a compresión con 15% CBCA

Prueba de hipótesis de la resistencia a la compresión del concreto	t_c (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n_1+n_2-2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
			$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite inferior	Límite superior
	4.510	4	0,025	0,975	-2,776	2.776

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 4.510 \notin R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_a , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para los testigos de concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA:

Tabla 67

Datos de diferencia de medias para resistencia a compresión con 20% CBCA.

Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)				Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)			
Testigos cilíndricos para el concreto patrón $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$				Testigos cilíndricos para el concreto con sustitución del 20% del cemento por CBCA			
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	296.19	1.03	1.061	1	254.53	0.25	0.063
2	293.40	-1.76	3.098	2	241.57	-12.71	161.544
3	295.90	0.74	0.548	3	266.73	12.45	155.003
$\bar{x} = 295.16$			$\Sigma = 4.707$	$\bar{y} = 254.28$			$\Sigma = 316.610$

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{4.707 + 316.610}{3 + 3 - 2} = 80.329$$

$$t_c = \frac{295.16 - 254.28}{\sqrt{\frac{80.329}{3} + \frac{80.329}{3}}}$$

$$t_c = 5.586$$

Tabla 68

Tabulación prueba de hipótesis de resistencia a compresión con 20% CBCA.

Prueba de hipótesis de la resistencia a la compresión del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n_1+n_2-2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
			$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite inferior	Límite superior
	5.586	4	0,025	0,975	-2,776	2.776

Fuente. Elaboración propia

Como $tc = 5.586 \notin R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_a , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 20% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

4.3.2. Prueba estadística para la hipótesis específica “b”

a. Planteamiento de hipótesis

H₀: $[\mu_1 = \mu_2]$ La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la flexotracción del concreto.

H_a: $[\mu_1 \neq \mu_2]$ La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la flexotracción del concreto.

b. Nivel de significancia

El nivel de significancia considerado es: $\alpha = 5\% = 0.05$

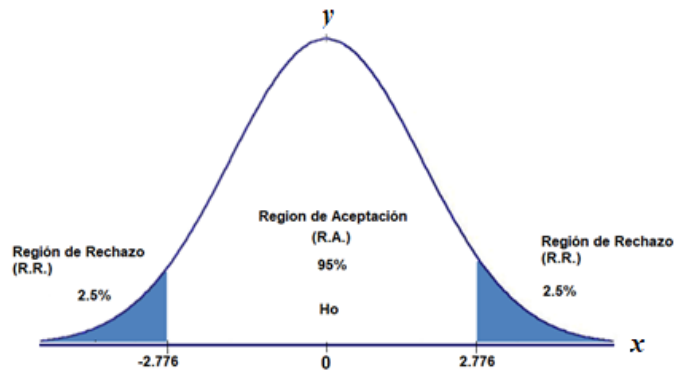
c. Estadístico de prueba

Se aplicó la distribución *t de Student* para la diferencia entre dos medias muestrales, el cual es calculado mediante la siguiente formula:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}}$$

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

d. Región crítica



El *t tabular* según la tabla de distribución de *t de Student* para un nivel de significancia de 0.05 con 4 grados de libertad es ± 2.776

Para los testigos de concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA:

Tabla 69

Datos de diferencia de medias para resistencia a flexotracción con 10% CBCA.

N° Muestra (testigos roturados a los 28 días)				N° Muestra (testigos roturados a los 28 días)			
Testigos prismáticos para el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$				Testigos prismáticos para el concreto con sustitución del 10% del cemento por CBCA			
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	48.11	-1.49	2.220	1	46.64	-0.76	0.578
2	49.67	0.07	0.005	2	47.36	-0.04	0.002
3	51.03	1.43	2.045	3	48.19	0.79	0.624
$\bar{x} = 49.60$			$\Sigma = 4.270$	$\bar{y} = 47.40$			$\Sigma = 1.204$

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico *t- Student* se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{4.270 + 1.204}{3 + 3 - 2} = 1.368$$

$$t_c = \frac{49.60 - 47.40}{\sqrt{\frac{1.368}{3} + \frac{1.368}{3}}} = 2.303$$

Tabla 70

Tabulación de prueba de hipótesis resistencia a flexotracción con 10% CBCA.

Prueba de hipótesis de la resistencia a la flexotracción del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n ₁ +n ₂ -2	Nivel de significancia α = 5%		tt (t tabular)	
			α/2	1-α/2	Límite inferior	Límite superior
			2.303	4	0,025	0,975	-2,776	2.776

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 2.303 \in R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_a y aceptamos H_0

H₀: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la flexotracción del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna H_a y aceptamos la hipótesis nula H_0 , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, no influye en la resistencia a la flexotracción del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para los testigos de concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA:

Tabla 71

Datos de diferencia de medias para resistencia a flexotracción con 15% CBCA.

Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)	Testigos prismáticos para el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)	Testigos prismáticos para el concreto con sustitución del 15% del cemento por CBCA		
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	48.11	-1.49	2.220	1	43.28	-0.28	0.078
2	49.67	0.07	0.005	2	45.04	1.48	2.190
3	51.03	1.43	2.045	3	42.37	-1.19	1.416
$\bar{x} = 49.60$		$\Sigma = 4.270$		$\bar{y} = 43.56$		$\Sigma = 3.684$	

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{4.270 + 3.684}{3 + 3 - 2} = 1.989$$

$$t_c = \frac{49.60 - 43.56}{\sqrt{\frac{1.989}{3} + \frac{1.989}{3}}} = 5.246$$

Tabla 72

Tabulación de prueba de hipótesis resistencia a flexotracción con 15% CBCA.

Prueba de hipótesis de la resistencia a la flexotracción del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n_1+n_2-2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
			$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite inferior	Límite superior
			5.246	4	0,025	0,975	-2,776	2.776

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 5.246 \notin R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la flexotracción del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula H_0 , y aceptamos la hipótesis alterna H_a , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, influye en la resistencia a la flexotracción del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para los testigos de concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA:

Tabla 73

Datos de diferencia de medias para resistencia a flexotracción con 20% CBCA.

Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)	Testigos prismáticos para el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			Nº Muestra (testigos roturados a los 28 días)	Testigos prismáticos para el concreto con sustitución del 20% del cemento por CBCA		
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	48.11	-1.49	2.220	1	40.11	-1.64	2.690
2	49.67	0.07	0.005	2	43.45	1.70	2.890
3	51.03	1.43	2.045	3	41.69	-0.06	0.004
	$\bar{x} = 49.60$		$\Sigma = 4.270$		$\bar{y} = 41.75$		$\Sigma = 5.584$

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{4.270 + 5.584}{3 + 3 - 2} = 2.463$$

$$t_c = \frac{49.60 - 41.75}{\sqrt{\frac{2.463}{3} + \frac{2.463}{3}}} = 6.126$$

Tabla 74

Tabulación de prueba de hipótesis resistencia a flexotracción con 20% CBCA.

Prueba de hipótesis de la resistencia a la flexotracción del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n_1+n_2-2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
			$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite inferior	Límite superior
	6.126	4	0,025	0,975	-2,776	2.776

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 6.126 \notin R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la flexotracción del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_a , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 20% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, influye en la resistencia a la flexotracción del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

4.3.3. Prueba estadística para la hipótesis específica “c”

a. Planteamiento de hipótesis

H₀: $[\mu_1 = \mu_2]$ La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la consistencia del concreto.

H_a: $[\mu_1 \neq \mu_2]$ La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la consistencia del concreto.

b. Nivel de significancia

El nivel de significancia considerado es: $\alpha = 5\% = 0.05$

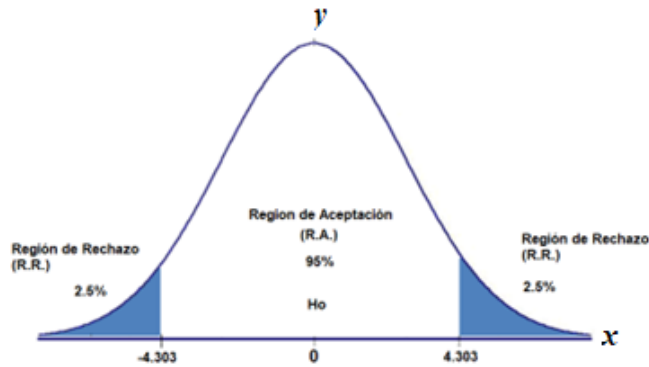
c. Estadístico de prueba

Se aplicó la distribución *t de Student* para la diferencia entre dos medias muestrales, el cual es calculado mediante la siguiente formula:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}}$$

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

d. Región crítica



El *t tabular* según la tabla de distribución de *t de Student* para un nivel de significancia de 0.05 con 2 grados de libertad es ± 4.303

Para los testigos de concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA:

Tabla 75

Datos de diferencia de medias de consistencia del concreto con 10% CBCA.

N° Muestra (ensayo de cono de Abrams)				N° Muestra (ensayo de cono de Abrams)			
Asentamiento del concreto patrón				Asentamiento del concreto con sustitución del 10% del cemento por CBCA			
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	4.25	0.12	0.014	1	3.75	-0.25	0.063
2	4.00	-0.13	0.017	2	4.25	0.25	0.063
$\bar{x} = 4.13$		$\Sigma = 0.031$		$\bar{y} = 4.00$		$\Sigma = 0.126$	

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{0.031 + 0.126}{2 + 2 - 2} = 0.078$$

$$t_c = \frac{4.13 - 4.00}{\sqrt{\frac{0.078}{2} + \frac{0.078}{2}}} = 0.465$$

Tabla 76

Tabulación de prueba de hipótesis consistencia del concreto con 10% CBCA.

Prueba de hipótesis de la consistencia del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n_1+n_2-2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
			$t_{\alpha/2}$	$1- t_{\alpha/2}$	Límite inferior	Límite superior
	0.465	2	0,025	0,975	-4,303	4,303

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 0.465 \in R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_a y aceptamos H_0

H₀: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la consistencia del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna H_a y aceptamos la hipótesis nula H_0 , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, no influye en la consistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para los testigos de concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA:

Tabla 77

Datos de diferencia de medias de consistencia del concreto con 15% CBCA.

N° Muestra (ensayo de cono de Abrams)				N° Muestra (ensayo de cono de Abrams)			
Asentamiento del concreto patrón				Asentamiento del concreto con sustitución del 15% del cemento por CBCA			
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	4.25	0.12	0.014	1	3.15	-0.30	0.090
2	4.00	-0.13	0.017	2	3.75	0.30	0.090
$\bar{x} = 4.13$		$\Sigma = 0.031$		$\bar{y} = 3.45$		$\Sigma = 0.180$	

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{0.031 + 0.180}{2 + 2 - 2} = 0.106$$

$$t_c = \frac{4.13 - 3.45}{\sqrt{\frac{0.106}{2} + \frac{0.106}{2}}} = 2.089$$

Tabla 78

Tabulación de prueba de hipótesis consistencia del concreto con 15% CBCA.

Prueba de hipótesis de la consistencia del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n ₁ +n ₂ -2	Nivel de significancia α = 5%		tt (t tabular)	
			t _{α/2}	1- t _{α/2}	Límite inferior	Límite superior
	2.089	2	0,025	0,975	-4,303	4,303

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 2.089 \in R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_a y aceptamos H_0

H₀: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la consistencia del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna H_a y aceptamos la hipótesis nula H_0 , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, no influye en la consistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para los testigos de concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA:

Tabla 79

Datos de diferencia de medias de consistencia del concreto con 20% CBCA.

N° Muestra (ensayo de cono de Abrams)				N° Muestra (ensayo de cono de Abrams)			
Asentamiento del concreto patrón				Asentamiento del concreto con sustitución del 20% del cemento por CBCA			
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	4.25	0.12	0.014	1	1.95	-0.20	0.040
2	4.00	-0.13	0.017	2	2.35	0.20	0.040
$\bar{x} = 4.13$		$\Sigma = 0.031$		$\bar{y} = 2.15$		$\Sigma = 0.080$	

Fuente. Elaboración propia

Aplicando las fórmulas del estadístico t- Student se obtuvo lo siguiente:

$$s^2 = \frac{0.031 + 0.080}{2 + 2 - 2} = 0.056$$

$$t_c = \frac{4.13 - 2.15}{\sqrt{\frac{0.056}{2} + \frac{0.056}{2}}} = 8.367$$

Tabla 80

Tabulación de prueba de hipótesis consistencia del concreto con 20% CBCA.

Prueba de hipótesis de la consistencia del concreto	tc (t calculada)	g.l. (grados de libertad) n_1+n_2-2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
			$t_{\alpha/2}$	$1- t_{\alpha/2}$	Límite inferior	Límite superior
	8.367	2	0,025	0,975	-4,303	4,303

Fuente. Elaboración propia

Como $t_c = 8.367 \notin R.A. \Rightarrow$ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a: La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la consistencia del concreto.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_a , con lo cual podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la sustitución del 20% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, influye en la consistencia del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Conclusiones

Conclusión del objetivo general

Del objetivo general se concluye que la sustitución del 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto, mientras que los porcentajes de sustitución del 15% y 20% si influyen en dichas resistencias; por lo tanto, podemos decir que mientras más porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar se emplea, la resistencia disminuye proporcionalmente en comparación con una muestra de concreto patrón. Cabe resaltar que a pesar de este comportamiento, el concreto con sustitución de cemento por ceniza bagazo de caña de azúcar logró cumplir con la resistencia de diseño de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en todos los porcentajes de sustitución a los 28 días de edad, como se muestra en las Tablas 52 y 57. (Ver pág. 105 y 118)

Conclusión del objetivo específico “a”

De los resultados de la resistencia a la compresión, se obtuvo que a los 28 días el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 295.16 kg/cm^2 , como se muestra en la Tabla 48, mientras que el concreto con 10% de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar obtuvo una resistencia promedio de 289.58 kg/cm^2 (Tabla 49), evidenciándose una disminución del 1.89% respecto al concreto patrón. Sin embargo, con los porcentajes del 15% y 20% de sustitución, la resistencia del concreto disminuyó en un 6.14% y 13.85% respectivamente, como se muestra en la Tabla 52. Por lo tanto, se concluye que la sustitución del 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la compresión del concreto, mientras que la sustitución del 15% y 20% si influye en dicha resistencia, esto debido a que cuanto mayor es el porcentaje de sustitución de cemento por CBCA, la resistencia a la compresión disminuye proporcionalmente. (Ver pág. 105)

Conclusión del objetivo específico “b”

De los resultados de la resistencia a la flexotracción, se obtuvo que a los 28 días el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 49.60 kg/cm², como se muestra en la Tabla 53, mientras que el concreto con 10% de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzó una resistencia promedio de 47.40 kg/cm² (Tabla 54), evidenciándose una disminución de 4.43%, respecto al concreto patrón. Sin embargo, con los porcentajes de sustitución del 15% y 20%, la resistencia a la flexotracción del concreto disminuyó en un 12.18% y 15.83% respectivamente, como se muestra en la Tabla 57. Por lo tanto, se concluye que la sustitución del 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la flexotracción del concreto, mientras que la sustitución del 15% y 20% si influye en dicha resistencia, esto debido a que la tendencia del módulo de rotura empieza bajar a medida que se va reemplazando mayor cantidad de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar. (Ver pág. 118)

Conclusión del objetivo específico “c”

De los resultados para determinar la consistencia del concreto, se obtuvo que el asentamiento promedio del concreto patrón fue de 4.13" (Tabla 44), mientras que los concretos con porcentajes de sustitución del 10%, 15% y 20% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, obtuvieron asentamientos de 4.00", 3.45" y de 2.15" respectivamente, como se indica en las Tablas 45, 46 y 47. De estos resultados se pudo determinar que el concreto patrón y los concretos con sustitución del 10% y 15% tienen una consistencia plástica, mientras que el concreto con 20% de sustitución tiene una consistencia seca. Por lo tanto, se concluye que la sustitución del 10% y 15% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la consistencia del concreto, mientras que la sustitución del 20% si influye en esta propiedad, esto debido a que la ceniza absorbe mayor cantidad de agua proporcionalmente al porcentaje de sustitución. (Ver pág. 89 y 90)

Recomendaciones

Recomendación de la conclusión general

De los resultados de la resistencia a la compresión y flexotracción alcanzadas por el concreto con porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, se recomienda emplear el concreto con 10% de sustitución en elementos estructurales que soporten mayores cargas como vigas o columnas, del mismo modo, el concreto con 15% de sustitución en estructuras con pocas solicitaciones como losas o pavimentos de bajo tránsito, y finalmente el concreto con 20% de sustitución en elementos de baja resistencia como cimientos corridos, falsas zapatas, concretos ciclópeos u otros similares.

Recomendación de la conclusión específica “a”

Respecto a la resistencia a la compresión, se ha determinado que el concreto con 10% de sustitución posee los mejores resultados, sin embargo, no es el porcentaje más óptimo, por lo tanto, se recomienda realizar estudios para encontrar el porcentaje ideal de sustitución, donde se pueda emplear la mayor cantidad de ceniza de bagazo de caña de azúcar sin que se afecten las propiedades mecánicas del concreto.

Recomendación de la conclusión específica “b”

Respecto a la resistencia a la flexotracción, se recomienda realizar estudios incorporando varillas de acero en vigas de concreto, a fin de determinar si estos refuerzos mejoran la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución parcial del cemento.

Recomendación de la conclusión específica “c”

De los resultados de la consistencia del concreto, se recomienda que el concreto con 20% de sustitución sea elaborado con aditivos plastificantes, para contrarrestar la consistencia seca que posee y así evitar que se agregue agua a la mezcla.

Referencias

- Abanto, F. (1994). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú. San Marcos. Obtenido de:
<http://www.librosperuanos.com/libros/detalle/5021/Tecnologia-del-concreto>
- ACI 211. (2009). *Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y masivo*. Obtenido de:
[https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/211.1-91\(09\)_preview.pdf](https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/211.1-91(09)_preview.pdf)
- Acuña, C. & Caballero, H. (2018). *Resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú. Obtenido de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3179>
- Aceros Arequipa. (2017). *Manual del maestro constructor*. Obtenido de:
<http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/materiales-deconstruccion/concreto.html>
- Anampa, M. y Bernaola, E. (2019). *Influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. Obtenido de:
<https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/212>
- Antolin, G. y Oliva, D. (2015). *Caracterización del Bagazo de Caña de Azúcar Mediante Análisis Térmico*. Obtenido de:
https://www.researchgate.net/publication/273821584_Caracterizacion_del_bagazo_de_cana_de_azucar_mediante_Analisis_Termico
- Apaza, D. (2018). *Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento Portland, ante agentes agresivos* (Tesis de

- pregrado). Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. Obtenido de:
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2157>
- Benites, J., Carrasco, A., Pérez, B., Reinoso, V., Sánchez, O., y Uriarte, L. (2005). *Las puzolanas y su aplicación en la ingeniería civil*. Obtenido de:
<http://www.scribd.com/doc/59565840/PUZOLANAS#scribd>
- Berna, J. (2009). *Concreto*. Obtenido de:
<http://elconcreto.blogspot.pe/search/label/Agragado%20Grueso%20del%20Concreto>
- Bernardo, J. & Calderero, J. (2000). *Aprendo a investigar en educación*. Madrid: Rialp. Obtenido de: <https://crubocas.up.ac.pa/sites/crubocas/files/2020-07/3%20M%C3%B3dulo%2C%20%2C%20EVIN%20300.pdf>
- Blondi, A. (s.f.). *Los cementos adicionados*. Revista Peruana de la Construcción. Lima, Perú. Obtenido de: http://www.asocem.org.pe/archivo/files/CC_ed17%20-%20Asocem.pdf
- Buendía, L., Colás, P., & Hernández, F. (1992). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: Edigrafos, S.A. Obtenido de:
https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/LEONOR-Metodos-de-investigacion-en-psicopedagogia-medilibros.com_.pdf
- Bustos, G. (2010). *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes*. Ediciones Liteam. Obtenido 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>
- Cadena, G. (2014). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de concretos puzolánicos para incrementar su resistencia ante ataques de sulfatos* (Tesis de maestría).

Universidad Autónoma de Querétaro, México. Obtenido de: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/364>

Calderón, L. & Martínez, S. (2017). *Influencia del tamaño de partícula y del porcentaje de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) por cemento Portland tipo I sobre la resistencia a la compresión, actividad puzolánica, y reactividad alcali-silice en morteros modificados* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Obtenido de: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9559>

Cementos Yura (2012). *Especificaciones técnicas de cemento Portland Yura Tipo I*. Lima, Perú. Obtenido de: <http://www.yura.com.pe/wp-content/uploads/2021/02/ficha-tecnica-cemento-portland-tipo-i.pdf>

Chávez, C. (2017). *Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Obtenido de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1048>

Chipana, J. (2014). *Proceso de obtención del yeso, cal, cemento y puzolanas*. Obtenido de: <http://www.slideshare.net/jacsonchipanacastro/procesos-de-obtencion-del-yeso-calcemento-y-puzolanas>

Coyasamin, O. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cascara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Obtenido de: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23482>

Criado, M. (2007). *Nuevos materiales cementantes basados en la activación alcalina de cenizas volantes caracterización de gel N-A-S-H en función del contenido de sílice*

- soluble: efecto del Na₂SO₄*. Universidad Autónoma de Madrid, España. Obtenido de: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/1697>
- Cuéllar, J. & Sequeiros, W. (2017). *Influencia del curado en la resistencia a la compresión del concreto preparado con cemento Portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP en la ciudad de Abancay – Apurímac* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. Obtenido de: <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/106>
- Dirección Regional Agraria. (2018). *Propuesta de cultivos, crianza, plantaciones forestales y producción acuícola a ser promovidos por el programa Aliados*. Obtenido de: <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/aliados/Apurimac.pdf>
- Durán, N., & Velásquez, N. (2016). *Evaluación de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar* (Tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia. Obtenido de: <http://repositorio.ufps.edu.co/xmlui/handle/123456789/963>
- El Periódico de Los Universitarios (2009). *Ceniza de Bagazo de Caña aumenta dureza de concreto*, investigación de catedrático de la Universidad Veracruzana. Obtenido de: https://www.uv.mx/boletines/flash/junio09/010609/bagazo_dureza.htm
- Ecured. (s.f.). *Caña de Azúcar*. Obtenido de: https://www.ecured.cu/Ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar
- Ferrel, H. & Moreano, E. (2019). *Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac, 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. Obtenido de: <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/236>
- Ferrex. (2018). *Agregados*. Obtenido de: <http://www.materialesdeconstruccion.com.mx/productos-agregados.php>

- Gastañaduí, F. (s.f.). *Control de Calidad del Concreto*. Perú. Obtenido de:
<https://docplayer.es/23472640-Control-de-calidad-de-concreto.html>
- Giraldo, C., Vidal, D., Martínez, C., y Torres, J. (2012). *Ceniza de bagazo de caña de azúcar como aditivo al cemento Portland para la fabricación de elementos de construcción*. *Acta Agronómica*, 61(5), 77-78. Obtenido de:
https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/41468
- Haro, C. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el hormigón tradicional y el hormigón adicionado con cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)*. (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Obtenido de:
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23636>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México. Editorial Mexicana. Obtenido de: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hernández, H. (2009). *Ceniza de bagazo de caña de azúcar aumenta dureza del concreto*. *Universo*. Obtenido de:
https://www.uv.mx/universo/361/infgral/infgral_23.htm
- Inchuanaco, B. & Lencinas, F. (2017). *Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP en la zona altiplánica*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3973>
- Jara, R. & Palacios, R. (2015). *Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto*

- (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Perú. Obtenido de:
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2715>
- Jiménez, G. (2016). *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* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú. Obtenido de:
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9982?show=full>
- Juárez, B. M. (2012). *La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados*. Obtenido de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3424_C.pdf
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois, USA. Portland Cement Association. Obtenido de:
<https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/7097/7098/7099/7103/82528.pdf>
- Lezama, J. L. (1996). *Tecnología del concreto*. Perú, UNC. Obtenido de:
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/636/T%20666.893%20077%202015.pdf?sequence=1>
- Léxico, A. (s.f.). *Meaning of cemento in Spanish*. Obtenido de:
<https://www.lexico.com/es/definicion/cemento>
- Manzano, A. (s.f.). *Materiales II*. Obtenido de:
<https://faummateriales.files.wordpress.com/2008/09/08-glosario.pdf>
- Martínez, B. C. (2012). *Estadística y muestreo*. ECOE Ediciones Ltda. 13a. ed. Bogotá. Obtenido de:
https://www.academia.edu/39626329/Estad%C3%ADstica_y_muestreo_Ciro_Mart%C3%ADnez_Bencardino_13ED
- Maya, P. (2015). *El agua*. Obtenido de: <https://prezi.com/8gmred27gzqv/sustancia-liquida-sin-olor-color-ni-sabor-que-se-encuentra/>

MIDAGRI. (2013). *Caña de Azúcar en el Perú*. Obtenido de:

<https://www.midagri.gob.pe/portal/29-sector-agrario/azucar/242-generalidades-del-producto>

Minitab 18. (s.f.). *Qué es una prueba de hipótesis*. Obtenido de:

<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-hypothesis-test/>

MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Obtenido de:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Narváez, J. (2017). *Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana* (Tesis doctoral). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Obtenido de:

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25746>

Neville, A.M. y Brooks, J.J. (1999). *Tecnología del Concreto*. México D.F. Editorial Trillas. Obtenido de: <https://www.udocz.com/apuntes/66641/tecnologia-del-concreto-neville>

NTP 334.045. (2010). *CEMENTOS: Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 μ m*. Lima, Perú. INACAL. Obtenido de: <https://1library.co/document/q0x778xq-ntp-334-045-finura-del-cemento-pdf.html>

NTP 334.104. (2011) *CEMENTOS: Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto*. Lima, Perú. INACAL. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/426839597/334-104-2011>

NTP 339.083. (2003). *HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de hormigón*. Lima, Perú. INACAL. Obtenido de:

<https://es.scribd.com/document/454311029/339-083-2003-CONTENIDO-DE-AIRE>

NTP 339.103 (2013). *Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: <https://www.yumpu.com/es/document/view/58231644/ntp-339033>

NTP 339.035 (1999). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams*. INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: <https://1library.co/document/q59kx47z-ntp-pdf.html>

NTP 339.034 (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. INDECOPI, Perú. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>

NTP 339.078 (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: <https://1library.co/document/ydmk911y-ntp-339-078-ensayo-de-flexion-pdf.html>

NTP 339.185 (2013). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: https://kupdf.net/download/ntp-3391852013-agregados-metodo-contenido-de-humedad-total-evaporable-de-agregados-por-secado_59c03b5808bbc55813686f84_pdf

NTP 400.037 (2014). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: https://kupdf.net/download/ntp-4000372014-agregados-especificaciones-para-agregados-en-concretopdf_5a4233e7e2b6f52b4b9a7232_pdf

NTP 400.012 (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*

INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de:

<https://es.scribd.com/document/353681666/NTP-400-012-2001-Agregados-Analisis-Granulometrico-Del-Agregado-Fino-Grueso-y-Global>

NTP 400.019 (2002). *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.* INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/BryanBacilioTorres/ntp-400019-2002>

NTP 400.022 (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf

NTP 400.017 (1999). *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.* INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/369740310/NTP-400-017-1999-Agregados-Metodo-de-ensayo-para-determinar-el-peso-unitario-del-agregado-pdf>

NTP 400.021 (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.* INDECOPI. Lima, Perú. Obtenido de: <https://pdfcoffee.com/ntp-400021-densidad-y-absorcion-agregado-grueso-convertido-pdf-free.html>

Osorio, J. (2013). *Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión.* Obtenido de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>

Osorio, J. (2013). *Pavimentos de concreto: ensayo de compresión vs. ensayo de flexión*.

Obtenido de:

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/buenas-practicas/pavimentos-de-concreto-ensayo-de-compresion-vs-ensayo-de-flexion>

Paricaguán, B. (2015). *Contribución al estudio del comportamiento mecánico y fisicoquímico del concreto reforzado con fibras naturales de coco y bagazo de caña de azúcar para su uso en construcción* (Tesis de pregrado). Universidad de

Carabobo, Venezuela. Obtenido de:

<http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/2416/bparicaguan.pdf?sequence=1>

Pasquel, E. (1993). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú. Obtenido de: <https://issuu.com/jj1989/docs/145311372-topicos-de-tecnologia-de->

Quispe, Y. & Mayhuire, H. (2019). *Incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influyen en el comportamiento del concreto estructural en la ciudad de Abancay, 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. Obtenido de: <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/225>

Ramírez, M. A. (2008). *Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos*. Tegucigalpa, Honduras. Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV. Obtenido de: <https://bibalex.org/baifa/en/resources/document/289330>

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima, Perú. ACI Capítulo Peruano. Obtenido de: <https://dokumen.tips/documents/1-naturaleza-y-materiales-del-concreto-rivva-lopezpdf.html?page=1>

- Rivva, E. (2007). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú. Instituto de la Construcción y Gerencia.
Obtenido de: <https://www.udocz.com/apuntes/958/dise-o-de-mezclas-enrique-rivva-lopez>
- Rivva, E. (2010). *Materiales para el Concreto*. Lima, Perú. Instituto de la Construcción y Gerencia. Obtenido de:
<https://www.yumpu.com/es/document/view/63290940/rivva-e-naturaleza-y-materiales-del-concreto-1ra-ed-2000>
- Rivva, E. (1992). *Tecnología del Concreto*. Lima, Perú. Hozlo S.C.R.L. Obtenido de:
<https://docplayer.es/210861867-Tecnologia-del-concreto-diseno-de-mezclas-enrique-rivva-lopez.html>
- Rodgers, L. (2018). *La enorme Fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías*. BBC News. Obtenido de:
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Ruiz, A. (2015). *Resistencia a compresión del mortero cemento-arena incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú. Obtenido de:
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7330>
- Saavedra, V. (2013). *Suelos mejorados con aglomerantes y aglomerados como pisos en asentamientos humanos*. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.
Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/362314593/Suelos-mejorados>
- Salazar, A. (s.f.). *¿Qué es una puzolana?*. Obtenido de:
<http://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>
- Sanjuan, M. A., & Chinchon, S. (2005). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Alicante, España. Publicaciones de la Universidad de Alicante.
Obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>

SmartGreen. (2019). *El bagazo de caña, su lado ecológico*. Obtenido de:

<https://smartgreen.com.mx/bagazo-de-cana-de-azucar/>

Taylor, H. (1997). *Cement Chemistry*. Thomas Telford. Obtenido de:

https://books.google.com.pe/books?id=1BOETtwi7mMC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Vargas, V. (2018). *Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25746>

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Validación de instrumentos de investigación

Anexo 3: Instrumentos de recolección de datos

Anexo 4: Resultados de los ensayos de laboratorio

Anexo 5: Certificado de uso de laboratorio

Anexo 6: Certificado de calibración de equipos

ANEXO 1

Matriz de Consistencia

Título: “Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, 2019.”

PLANTEAMIENTO	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto en Abancay, 2019?	Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto en Abancay, 2019.	La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto en Abancay, 2019.	Ceniza de bagazo de caña de azúcar empleado como sustituto parcial del cemento	Cantidad de ceniza de bagazo de caña de azúcar a sustituir por cemento	Sustitucion del 10% Sustitucion del 15% Sustitucion del 20%	Método: Deductivo Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo Diseño: Experimental Enfoque: Cuantitativo Población: Conjunto de muestras cilindricas y prismaticas de concreto Muestra: 48 testigos para la resistencia a la compresión y 48 testigos para la resistencia a la flexotracción Tecnica: Observación Instrumentos: - Ficha de recoleccion de datos para los ensayos de resistencia a la compresión segun NTP 339.034 - Ficha de recoleccion de datos para los ensayos de resistencia a la flexotracción segun NTP 339.078
¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión del concreto?	Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la compresión del concreto.	La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión del concreto.	Resistencia a la compresión y flexotracción del concreto	Resistencia a la compresión	Resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días	
¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la flexotracción del concreto?	Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la resistencia a la flexotracción del concreto.	La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la flexotracción del concreto.		Resistencia a la flexotracción	Resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días	
¿Cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la consistencia del concreto?	Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en la consistencia del concreto.	La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la consistencia del concreto.				

ANEXO 2

Validación de instrumentos de investigación



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN


NOMBRE DEL EXPERTO	MARCO ANTONIO GALVEZ QUINTANA
PROFESIÓN DEL EXPERTO	INGENIERO CIVIL
D.N.I. DEL EXPERTO	44923575
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	Ficha de control para el ensayo de resistencia a la compresión y flexotracción del concreto
AUTOR DEL INSTRUMENTO	Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman

Nº	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el problema de investigación			X	
2	El instrumento guarda relación con los objetivos de la investigación				X
3	El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis de la investigación				X
4	El instrumento se relaciona con las variables de la investigación				X
5	En general, el instrumento permite un manejo útil de la información				X

1 = Deficiente 2 = Regular 3 = Bueno 4 = Excelente

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** **No Aplicable** **Corregir**

Abancay, 14 de ENERO del 2020


MARCO ANTONIO
GALVEZ QUINTANA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 182975

Firma del Experto

ANEXO 3

Instrumentos de recolección de datos

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
---	--	---

**FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

NOMBRE DEL PROYECTO :	
UBICACIÓN :	
DISTRITO :	
PROVINCIA :	
DEPARTAMENTO :	
REALIZADO POR :	
FECHA :	

Nº	Descripción del Elemento	MEDIDAS DEL DIAMETRO (cm)				ALTURA (cm)		CARGA DEL DIAL	ESFUERZO ALCANZADO	TIPO DE FALLA
		Ø Sup 1	Ø Sup 2	Ø Inf 2	Ø Inf 2	h1	h2	(kg-f)	(kg/cm²)	


 MARCO ANTONIO GALVEZ QUINTANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 182975

ANEXO 4

Resultados de los ensayos de laboratorio

CONCHIPA E.I.R.L.
RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY

CONCHIPA
Ingenieros

**RESULTADOS DE LOS
ENSAYOS DE LABORATORIO**

PROYECTO:
"EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL
CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR
COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019"

**LABORATORIO DE SUELOS
CONCHIPA
Ingenieros
AGREGADOS Y CONCRETO**

REALIZADO POR : Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman

REVISADO POR : SAUL J. CHIPA CAHUANA
INGENIERO CIVIL
CIP 193001

UBICACIÓN : Lugar : ABANCAY
Distrito : ABANCAY
Provincia : ABANCAY
Departamento : APURIMAC

ABRIL DEL 2020

1 Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina – Jr. Arica N°720 – Abancay – Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO
CONCHIPA
Ingenieros E.I.R.L.
REVISADO Y APROBADO
CONCHIPA E.I.R.L.

Saul José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

REALIZADO POR : Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR : Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN : Abancay

DISTRITO : Abancay

PROVINCIA : Abancay

DEPARTAMENTO : Apurímac

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

MTC E 215 - 2016

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01
Peso de Capsula (gr)	102.8
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	728.7
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	712.3
Peso del Agua (gr)	16.4
Peso de la Muestra Seca (gr)	609.5
Contenido de Humedad	2.69%

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO

MTC E 202 - 2016

DATOS DEL LAVADO DEL MATERIAL	
ANTES DE LEVADO	
Peso de la muestra seca (gr)	881.3
DESPUES DEL LAVADO	
Peso de la muestra seca (gr)	809.4
MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200	
Material que pasa el tamiz N° 200	71.9
% de material fino que pasa el tamiz N° 200	8.16%



Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

REALIZADO POR: Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

DEPARTAMENTO: Apurímac

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 215 - 2016

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01
Peso de Capsula (gr)	101.8
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	2432.9
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	2406.8
Peso del Agua (gr)	26.1
Peso de la Muestra Seca (gr)	2305
Contenido de Humedad	1.13%

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 202 - 2016

DATOS DEL LAVADO DEL MATERIAL	
ANTES DE LEVADO	
Peso de la muestra seca (gr)	2258.1
DESPUES DEL LAVADO	
Peso de la muestra seca (gr)	2249.7

MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200	
Material que pasa el tamiz N° 200	8.4
% de material fino que pasa el tamiz N° 200	0.37%



Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

3

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

REALIZADO POR: Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

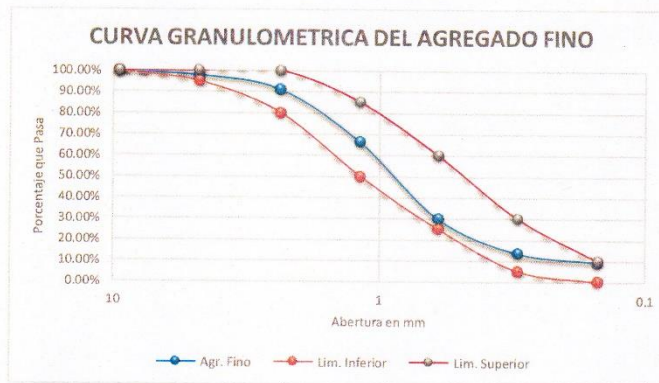
DEPARTAMENTO: Apurímac

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

MTC E 204 - 2016

TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
						3/8"	9.5	1.1	0.12%	0.12%	99.88%	100%	100%
Nº 4	4.75	17	1.93%	2.05%	97.95%	95%	100%
Nº 8	2.36	60.1	6.82%	8.87%	91.13%	80%	100%
Nº 16	1.18	219.4	24.90%	33.77%	66.23%	50%	85%
Nº 30	0.6	319.6	36.26%	70.03%	29.97%	25%	60%
Nº 50	0.3	143.7	16.31%	86.34%	13.66%	5%	30%
Nº 100	0.15	34.8	3.95%	90.29%	9.71%	0%	10%
Nº 200	0.075	13.7	1.55%	91.84%			
Bandeja		71.9	8.16%	100.00%			
Total		881.3	100.00%				

Módulo de Fineza = 2.91



Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

REALIZADO POR: Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

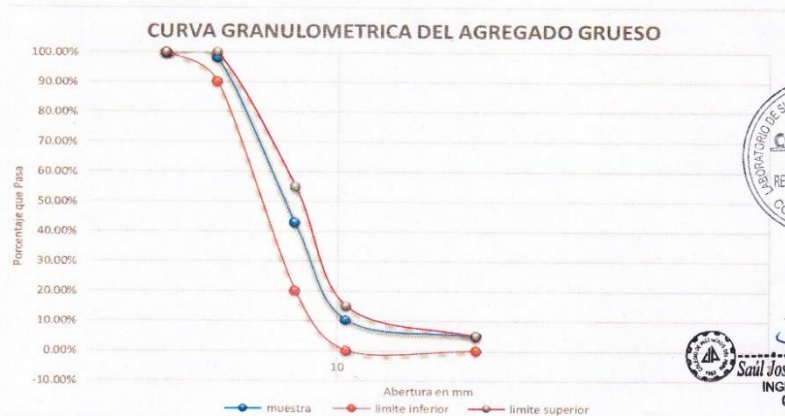
DEPARTAMENTO: Apurímac

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 204 - 2016

TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 6	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1 1/2"	37.5	0.0	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3/4"	19	40.6	1.80%	1.80%	98.20%	90%	100%
1/2"	12.5	1245.3	55.15%	56.95%	43.05%	20%	55%
3/8"	9.5	737.5	32.66%	89.61%	10.39%	0%	15%
Nº 4	4.75	124.5	5.51%	95.12%	4.88%	0%	5%
Nº 8	2.36	53.6	2.37%	97.49%	2.51%		
Nº 16	1.18	33.5	1.48%	98.98%	1.02%		
Nº 50	0.3	11.2	0.50%	99.47%	0.53%		
Nº 200	0.075	3.5	0.15%	99.63%			
Bandeja		8.4	0.37%	100.00%			
Total		2258.1	100.00%				

Módulo de Fineza = 6.81



Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

REALIZADO POR : Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR : Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN : Abancay

DISTRITO : Abancay

PROVINCIA : Abancay

DEPARTAMENTO : Apurímac

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

MTC E 203 - 2016

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso del Molde (gr)	2003	2003
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	6368	6375
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4365	4372
Volumen del Molde (cm ³)	2831.70	2831.70
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.541	1.544
Peso Especifico (kg/m ³)	2707.521	2707.521
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1541.477	1543.949
Porcentaje de Vacíos	43.07%	42.98%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1542.71	
Porcentaje de Vacíos	43.02%	

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

MTC E 203 - 2016

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	2003	2003
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	6760	6837
Peso de la Muestra Varillada (gr)	4757	4834
Volumen del Molde (cm ³)	2831.70	2831.70
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.680	1.707
Peso Especifico (kg/m ³)	2707.521	2707.521
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1679.910	1707.102
Porcentaje de Vacíos	37.95%	36.95%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1693.51	
Porcentaje de Vacíos	37.45%	



Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

REALIZADO POR: Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

DEPARTAMENTO: Apurímac

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 203 - 2016

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso del Molde (gr)	4813	4813
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	19051	19102
Peso de la Muestra Suelta (gr)	14238	14289
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.508	1.514
Peso Especifico (kg/m ³)	2629.248	2629.248
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1508.431	1513.834
Porcentaje de Vacíos	42.63%	42.42%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1511.132	
Porcentaje de Vacíos	42.53%	

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 203 - 2016

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	4813	4813
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	20783	20685
Peso de la Muestra Varillada (gr)	15970	15872
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.692	1.682
Peso Especifico (kg/m ³)	2629.248	2629.248
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1691.93	1681.54
Porcentaje de Vacíos	35.65%	36.04%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1686.73	
Porcentaje de Vacíos	35.85%	




Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAV



ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAV 2019

REALIZADO POR : Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR : Ing. Saúl J. Chipa Cahua

UBICACIÓN : Abancay

DISTRITO : Abancay

PROVINCIA : Abancay

DEPARTAMENTO : Apurímac

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

MTC E 205 - 2016

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Volumen del Picnómetro (ml)	500
Peso del Picnómetro (gr)	169.7
Peso de la Muestra Seca (gr)	486.0
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	973.4
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	500.2
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	666.9
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	306.5
Peso del Agua Desplazada (gr)	179.5
Peso del Agua Absorbida (gr)	14.2
Peso Específico (gr/cm ³)	2.708
Capacidad de Absorción	2.922%

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 206 - 2016

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la canastilla (gr)	826.2
Peso de la Muestra Seca (gr)	2435.1
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	2345.8
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	2452.3
Peso del Agua Absorbida (gr)	17.2
Peso Específico (gr/cm ³)	2.629
Capacidad de Absorción	0.706%




Saúl José Chipa Cahua
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAV



ENSAYO DE AGREGADOS

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAV 2019

REALIZADO POR : Bach. Carlos Huaraca Huaman

REVISADO POR : Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN : Abancay

DISTRITO : Abancay

PROVINCIA : Abancay

DEPARTAMENTO : Apurímac

ABRASION LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS

MTC E 207 -2016

Datos del ensayo	Muestra 01
Gradacion	B
Número de esferas	11
Peso que pasa tamiz 1 1/2" y retenido en 1" (gr)	0.00
Peso que pasa tamiz 1" y retenido en 3/4" (gr)	0.00
Peso que pasa tamiz 3/4" y retenido en 1/2" (gr)	2500.50
Peso que pasa tamiz 1/2" y retenido en 3/8" (gr)	2501.20
Peso que pasa tamiz 3/8" y retenido en 1/4" (gr)	0.00
Peso que pasa tamiz 1/4" y retenido en N° 4" (gr)	0.00
Peso total inicial (gr)	5001.7
Peso despues del ensayo tamizado por la malla N° 12 (gr)	4018.6
Peso total de desgaste (gr)	983.1
Desgaste (%)	19.66%



Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

ENSAYOS DEL CONCRETOPROYECTO: **EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019**

REALIZADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman

REVISADO POR: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

DEPARTAMENTO: Apurímac

**ASENTAMIENTO DEL CONCRETO PATRON f'c= 210 kg/cm²
CON EL CONO DE ABRAMS**

MTC E 705

Nº de Ensayo	DESCRIPCION	LECTURA	UND
1	Primera tanda del concreto patron	4	pulgadas
2	Segunda tanda del concreto patron	4.25	pulgadas

**ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON 10% CBCA
CON EL CONO DE ABRAMS**

MTC E 705

Nº de Ensayo	DESCRIPCION	LECTURA	UND
1	Primera tanda del concreto con CBCA	3.75	pulgadas
2	Segunda tanda del concreto con CBCA	4.25	pulgadas

**ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON 15% CBCA
CON EL CONO DE ABRAMS**

MTC E 705

Nº de Ensayo	DESCRIPCION	LECTURA	UND
1	Primera tanda del concreto con CBCA	3.15	pulgadas
2	Segunda tanda del concreto con CBCA	3.75	pulgadas



Saúl J. Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

**ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON 20% CBCA
CON EL CONO DE ABRAMS**

MTC E 705

Nº de Ensayo	DESCRIPCION	LECTURA	UND
1	Primera tanda del concreto con CBCA	1.95	pulgadas
2	Segunda tanda del concreto con CBCA	2.35	pulgadas

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



ENSAYOS DEL CONCRETO

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

REALIZADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman
REVISADO POR: Ing. Saul J. Chipa Cahuana
UBICACIÓN: Abancay
DISTRITO: Abancay
PROVINCIA: Abancay
DEPARTAMENTO: Apurimac

ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO PATRON FRESCO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MTC E 714

Ensayo de temperatura		
Descripcion	Lectura	Unidad
Toma N° 01	23.9	°C

ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO	
Datos del ensayo	
Numero de capas	M-01 3
Numero de golpes de varilla	25
Numero de golpe de comba	15
Peso del molde	4826
Peso del Molde + Muestra de Concreto (gr)	27687
Peso de la Muestra de Concreto (gr)	22861
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95
Peso Unitario Compacto del Concreto (kg/m ³)	2421.99

ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO PATRON FRESCO CON 10% DE CBCA

MTC E 714

Ensayo de temperatura		
Descripcion	Lectura	Unidad
Toma N° 01	21.6	°C

ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO	
Datos del ensayo	
Numero de capas	M-01 3
Numero de golpes de varilla	25
Numero de golpe de comba	15
Peso del molde	4826
Peso del Molde + Muestra de Concreto (gr)	27466
Peso de la Muestra de Concreto (gr)	22640
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95
Peso Unitario Compacto del Concreto (kg/m ³)	2398.57




Saul José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

ENSAYOS DEL CONCRETOPROYECTO: **EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019**

REALIZADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman

REVISADO POR: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

DEPARTAMENTO: Apurimac

ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO FRESCO CON 15% DE CBCA

MTC E 714

Ensayo de temperatura		
Descripción	Lectura	Unidad
Toma N° 01	21,9	°C

ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO	
Datos del ensayo	
Numero de capas	M-01 3
Numero de golpes de varilla	25
Numero de golpe de comba	15
Peso del molde	4826
Peso del Molde + Muestra de Concreto (gr)	26673
Peso de la Muestra de Concreto (gr)	21847
Volumen del Molde (cm3)	9438.95
Peso Unitario Compacto del Concreto (kg/m3)	2314.56

**ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO FRESCO CON 20% DE CBCA**

MTC E 714

Ensayo de temperatura		
Descripción	Lectura	Unidad
Toma N° 01	22.5	°C

ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO	
Datos del ensayo	
Numero de capas	M-01 3
Numero de golpes de varilla	25
Numero de golpe de comba	15
Peso del molde	4826
Peso del Molde + Muestra de Concreto (gr)	26498
Peso de la Muestra de Concreto (gr)	21672
Volumen del Molde (cm3)	9438.95
Peso Unitario Compacto del Concreto (kg/m3)	2296.02



CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



RESULTADO DE ROTURA DE TESTIGOS

INFORME TECNICO N°56 – 2020 – CCA

PROYECTO:

"EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019"



SOLICITANTE : Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huamán

RESPONSABLE : SAUL J. CHIPA CAHUANA
INGENIERO CIVIL
CIP 193001

UBICACIÓN : Lugar : ABANCAY
Distrito : ABANCAY
Provincia : ABANCAY
Departamento : APURIMAC



ABRIL DEL 2020

1

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina – Jr. Arica N°720 – Abancay – Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

UBICACIÓN : Abancay
DISTRITO : Abancay
PROVINCIA : Abancay
DEPARTAMENTO : Apurímac
SOLICITADO POR : Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huamán
PROFESIONAL RESP : Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

ENSAYO : Rotura de Briqueta de Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARGA (kg-f)	AREA cm2	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	PROBETA M-1 Concreto Patrón	30	15.19	13/03/2020	20/03/2020	7	36348	181.19	200.61	210	95.5	CORTE
2	PROBETA M-2 Concreto Patrón	30	15.20	13/03/2020	20/03/2020	7	35450	181.38	195.44	210	93.1	CONO
3	PROBETA M-3 Concreto Patrón	30	15.16	13/03/2020	20/03/2020	7	35856	180.50	198.65	210	94.6	CORTE
4	PROBETA M-4 Concreto Patrón	30	15.18	13/03/2020	27/03/2020	14	43148	180.93	238.48	210	113.6	CONO
5	PROBETA M-5 Concreto Patrón	30	15.19	13/03/2020	27/03/2020	14	43702	181.26	241.10	210	114.8	CONO
6	PROBETA M-6 Concreto Patrón	30	15.20	13/03/2020	27/03/2020	14	43956	181.45	242.24	210	115.4	CORTE
7	PROBETA M-7 Concreto Patrón	30	15.13	13/03/2020	03/04/2020	21	49626	179.86	275.92	210	131.4	CONO
8	PROBETA M-8 Concreto Patrón	30	15.18	13/03/2020	03/04/2020	21	49454	180.93	273.34	210	130.2	CONO
9	PROBETA M-9 Concreto Patrón	30	15.19	13/03/2020	03/04/2020	21	50013	181.17	276.06	210	131.5	CONO
10	PROBETA M-10 Concreto Patrón	30	15.19	13/03/2020	10/04/2020	28	53660	181.17	296.19	210	141.0	CONO
11	PROBETA M-11 Concreto Patrón	30	15.15	13/03/2020	10/04/2020	28	52910	180.33	293.40	210	139.7	CONO
12	PROBETA M-12 Concreto Patrón	30	15.22	13/03/2020	10/04/2020	28	53820	181.88	295.90	210	140.9	CONO

OBSERVACIONES:

* Los testigos fueron elaborados por el interesado.
* El procedimiento para el ensayo de rotura de probetas de concreto fue realizado según lo estipulado en el Manual de Ensayo de materiales del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, en su SECCIÓN N° 7 CONCRETO - MTC E 704.
* Para el refrentado de la probeta se usaron almohadillas de Neopreno, y según la MTC E 704 (pag. 799) indica: "La variación en el ensayo asociado al refrentado con neopreno no es más alta y posiblemente sea más baja que la asociada al refrentado con azúfre. Los resultados de un estudio indican que los coeficientes de variación asociados al refrentado con neopreno estuvieron dentro del rango 0.0 a 4.0 %, considerando para representar un excelente control."


Saúl J. Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001



Abancay, 29 de abril de 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

DEPARTAMENTO: Apurímac

SOLICITADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman

PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

ENSAYO: Rotura de Biqueta de Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	AREA cm2	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	PROBETA M-1 Concreto 10% de CBCA	30	15.17	27/03/2020	03/04/2020	7	32195	180.69	178.18	210	84.8	CORTE
2	PROBETA M-2 Concreto 10% de CBCA	30	15.14	27/03/2020	03/04/2020	7	32705	180.05	181.65	210	86.5	COLUMNAR
3	PROBETA M-3 Concreto 10% de CBCA	30	15.17	27/03/2020	03/04/2020	7	33087	180.74	183.07	210	87.2	CONO
4	PROBETA M-4 Concreto 10% de CBCA	30	15.20	27/03/2020	10/04/2020	14	41316	181.45	227.70	210	108.4	CORTE
5	PROBETA M-5 Concreto 10% de CBCA	30	15.18	27/03/2020	10/04/2020	14	40908	180.93	226.10	210	107.7	CONO
6	PROBETA M-6 Concreto 10% de CBCA	30	15.19	27/03/2020	10/04/2020	14	40552	181.19	223.81	210	106.6	COLUMNAR
7	PROBETA M-7 Concreto 10% de CBCA	30	15.20	27/03/2020	17/04/2020	21	48622	181.33	268.14	210	127.7	CONO
8	PROBETA M-8 Concreto 10% de CBCA	30	15.25	27/03/2020	17/04/2020	21	49217	182.55	269.60	210	128.4	CORTE
9	PROBETA M-9 Concreto 10% de CBCA	30	15.19	27/03/2020	17/04/2020	21	48143	181.29	265.56	210	126.5	CONO
10	PROBETA M-10 Concreto 10% de CBCA	30	15.20	27/03/2020	24/04/2020	28	51898	181.43	286.05	210	136.2	CORTE
11	PROBETA M-11 Concreto 10% de CBCA	30	15.19	27/03/2020	24/04/2020	28	52425	181.12	289.45	210	137.8	CORTE
12	PROBETA M-12 Concreto 10% de CBCA	30	15.19	27/03/2020	24/04/2020	28	53155	181.26	293.25	210	139.6	CONO

OBSERVACIONES:

* Los testigos fueron elaborados por el interesado.
* El procedimiento para el ensayo de rotura de probetas de concreto fue realizado según lo estipulado en el Manual de Ensayo de materiales del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, en su **SECCIÓN N° 7 CONCRETO - MTC E 704**.
* Para el refrentado de la probeta se usaron almohadillas de Neopreno, y según la **MTC E 704 (pag. 799)** indica: "La variación en el ensayo asociado al refrentado con neopreno no es más alta y posiblemente sea más baja que la asociada al refrentado con azúfre. Los resultados de un estudio indican que los coeficientes de variación asociados al refrentado con neopreno estuvieron dentro del rango 0.0 a 4.0 %, considerando para representar un excelente control."

Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001



Abancay, 29 de abril de 2020

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

DEPARTAMENTO: Apurímac

SOLICITADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman


PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

ENSAYO: Rotura de Biqueta de Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	AREA cm2	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	PROBETA M-1 Concreto 15% de CBCA	30	15.20	29/03/2020	05/04/2020	7	33495	181.43	184.62	210	87.9	CORTE
2	PROBETA M-2 Concreto 15% de CBCA	30	15.19	29/03/2020	05/04/2020	7	33605	181.12	185.54	210	88.4	CONO
3	PROBETA M-3 Concreto 15% de CBCA	30	15.19	29/03/2020	05/04/2020	7	33987	181.26	187.50	210	89.3	COLUMNAR
4	PROBETA M-4 Concreto 15% de CBCA	30	15.20	29/03/2020	12/04/2020	14	41416	181.33	228.40	210	108.8	CORTE
5	PROBETA M-5 Concreto 15% de CBCA	30	15.25	29/03/2020	12/04/2020	14	41205	182.55	225.72	210	107.5	COLUMNAR
6	PROBETA M-6 Concreto 15% de CBCA	30	15.19	29/03/2020	12/04/2020	14	41090	181.29	226.66	210	107.9	CONO
7	PROBETA M-7 Concreto 15% de CBCA	30	15.20	29/03/2020	19/04/2020	21	47622	181.45	262.45	210	125.0	CORTE
8	PROBETA M-8 Concreto 15% de CBCA	30	15.18	29/03/2020	19/04/2020	21	47414	180.93	262.06	210	124.8	CORTE
9	PROBETA M-9 Concreto 15% de CBCA	30	15.19	29/03/2020	19/04/2020	21	47343	181.19	261.29	210	124.4	CONO
10	PROBETA M-10 Concreto 15% de CBCA	30	15.17	29/03/2020	26/04/2020	28	50398	180.69	278.92	210	132.8	CONO
11	PROBETA M-11 Concreto 15% de CBCA	30	15.14	29/03/2020	26/04/2020	28	48525	180.05	269.51	210	128.3	CORTE
12	PROBETA M-12 Concreto 15% de CBCA	30	15.17	29/03/2020	26/04/2020	28	51092	180.74	282.69	210	134.6	CONO

OBSERVACIONES:

- * Los testigos fueron elaborados por el interesado.
- * El procedimiento para el ensayo de rotura de probetas de concreto fue realizado según lo estipulado en el Manual de Ensayo de materiales del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, en su SECCIÓN N° 7 CONCRETO - MIT E 704.
- * Para el refrentado de la probeta se usaron almohadillas de Neopreno, y según la MIT E 704 (pag. 799) indica: "La variación en el ensayo asociado al refrentado con neopreno no es más alta y posiblemente sea más baja que la asociada al refrentado con azufre. Los resultados de un estudio indican que los coeficientes de variación asociados al refrentado con neopreno estuvieron dentro del 10%, considerando para representar un excelente control."


Saúl Jose Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001



Abancay, 29 de abril de 2020

4

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CBCA CON SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO-2019

UBICACIÓN: Abancay

DISTRITO: Abancay

PROVINCIA: Abancay

DEPARTAMENTO: Apurímac

SOLICITADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman

PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana

ENSAYO: Rotura de Biqueta de Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	AREA cm2	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	PROBETA M-1 Concreto 20% de CBCA	30	15.2	30/03/2020	06/04/2020	7	33905	181.45	186.85	210	89.0	CORTE
2	PROBETA M-2 Concreto 20% de CBCA	30	15.178	30/03/2020	06/04/2020	7	36028	180.93	199.13	210	94.8	CORTE
3	PROBETA M-3 Concreto 20% de CBCA	30	15.189	30/03/2020	06/04/2020	7	33459	181.19	184.66	210	87.9	CONO
4	PROBETA M-4 Concreto 20% de CBCA	30	15.17	30/03/2020	13/04/2020	14	39616	180.69	219.25	210	104.4	CONO
5	PROBETA M-5 Concreto 20% de CBCA	30	15.141	30/03/2020	13/04/2020	14	37196	180.05	206.59	210	98.4	CORTE
6	PROBETA M-6 Concreto 20% de CBCA	30	15.17	30/03/2020	13/04/2020	14	41152	180.74	227.69	210	108.4	CONO
7	PROBETA M-7 Concreto 20% de CBCA	30	15.211	30/03/2020	20/04/2020	21	45392	181.72	249.80	210	119.0	CORTE
8	PROBETA M-8 Concreto 20% de CBCA	30	15.186	30/03/2020	20/04/2020	21	45717	181.12	252.41	210	120.2	CONO
9	PROBETA M-9 Concreto 20% de CBCA	30	15.192	30/03/2020	20/04/2020	21	42956	181.26	236.98	210	112.8	COLUMNAR
10	PROBETA M-10 Concreto 20% de CBCA	30	15.195	30/03/2020	27/04/2020	28	46155	181.33	254.53	210	121.2	CORTE
11	PROBETA M-11 Concreto 20% de CBCA	30	15.246	30/03/2020	27/04/2020	28	44100	182.55	241.57	210	115.0	COLUMNAR
12	PROBETA M-12 Concreto 20% de CBCA	30	15.193	30/03/2020	27/04/2020	28	48355	181.29	266.73	210	127.0	CONO

OBSERVACIONES:

* Los testigos fueron elaborados por el interesado.
* El procedimiento para el ensayo de rotura de probetas de concreto fue realizado según lo estipulado en el Manual de Ensayo de materiales del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, en su SECCIÓN N° 7 CONCRETO - MTC E 704.
* Para el refrentado de la probeta se usaron almohadillas de Neopreno, y según la MTC E 704 (pag. 799) indica: "La variación en el ensayo asociado al refrentado con neopreno no es más alta y posiblemente sea más baja que la asociada al refrentado con azufre. Los resultados de un estudio indican que los coeficientes de variación asociados al refrentado con neopreno estuvieron dentro del rango 0.0 a 4.0 %, considerando para representar un excelente control."


 Saúl J. Chipa Cahuana
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 193001



Abancay, 29 de abril de 2020

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAV



RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97

INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: "EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAV 2019"

UBICACIÓN : Abancay
DISTRITO : Abancay
PROVINCIA : Abancay
DEPARTAMENTO : Apurímac
SOLICITADO POR : Bach. Carlos Huaraca Huaman
PROFESIONAL RESP : Ing. Saúl J. Chipa Cahuana
ENSAYO : Rotura de Viga del Concreto Patron $f'c=210$ kg/cm²

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)			D.A.*	FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L		MOLDEO	ROTURA						
1	VIGA N° 01 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	19/03/2020	7	2581	34.41	210	16.4	TERCIO CENTRAL
2	VIGA N° 02 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	19/03/2020	7	2698	35.97	210	17.1	TERCIO CENTRAL
3	VIGA N° 03 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	19/03/2020	7	2409	32.12	210	15.3	TERCIO CENTRAL
4	VIGA N° 04 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	26/03/2020	14	3054	40.72	210	19.4	TERCIO CENTRAL
5	VIGA N° 05 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	26/03/2020	14	3104	41.39	210	19.7	TERCIO CENTRAL
6	VIGA N° 06 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	26/03/2020	14	3282	43.76	210	20.8	TERCIO CENTRAL
7	VIGA N° 07 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	02/04/2020	21	3397	45.29	210	21.6	TERCIO CENTRAL
8	VIGA N° 08 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	02/04/2020	21	3351	44.68	210	21.3	TERCIO CENTRAL
9	VIGA N° 09 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	02/04/2020	21	3467	46.23	210	22.0	TERCIO CENTRAL
10	VIGA N° 10 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	09/04/2020	28	3608	48.11	210	22.9	TERCIO CENTRAL
11	VIGA N° 11 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	09/04/2020	28	3725	49.67	210	23.7	TERCIO CENTRAL
12	VIGA N° 12 Concreto Patrón	15	15	54.2	4.6	12/03/2020	09/04/2020	28	3827	51.03	210	24.3	TERCIO CENTRAL

Area de base del espécimen= 176.71 cm²

OBSERVACIONES:

Los testigos fueron elaborados por el interesado.
D.A.* : Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

Abancay, 29 de Abril del 2020


Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001



6

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97

INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: "EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019"

UBICACIÓN: Abancay
DISTRITO: Abancay
PROVINCIA: Abancay
DEPARTAMENTO: Apurimac
SOLICITADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman
PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana
ENSAYO: Rotura de Viga de Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)			D.A.*	FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L		MOLDEO	ROTURA						
1	VIGA N° 01 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	03/04/2020	7	2315	30.87	210	14.7	TERCIO CENTRAL
2	VIGA N° 02 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	03/04/2020	7	2502	33.36	210	15.9	TERCIO CENTRAL
3	VIGA N° 03 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	03/04/2020	7	2414	32.19	210	15.3	TERCIO CENTRAL
4	VIGA N° 04 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	10/04/2020	14	2815	37.53	210	17.9	TERCIO CENTRAL
5	VIGA N° 05 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	10/04/2020	14	2995	39.93	210	19.0	TERCIO CENTRAL
6	VIGA N° 06 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	10/04/2020	14	2891	38.55	210	18.4	TERCIO CENTRAL
7	VIGA N° 07 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	17/04/2020	21	3240	43.20	210	20.6	TERCIO CENTRAL
8	VIGA N° 08 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	17/04/2020	21	3342	44.56	210	21.2	TERCIO CENTRAL
9	VIGA N° 09 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	17/04/2020	21	3158	42.11	210	20.1	TERCIO CENTRAL
10	VIGA N° 10 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	24/04/2020	28	3498	46.64	210	22.2	TERCIO CENTRAL
11	VIGA N° 11 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	24/04/2020	28	3552	47.36	210	22.6	TERCIO CENTRAL
12	VIGA N° 12 Concreto 10% de CBCA	15	15	54.2	4.6	27/03/2020	24/04/2020	28	3614	48.19	210	22.9	TERCIO CENTRAL

Area de base del espécimen= 176.71 cm²

OBSERVACIONES:

Los 12 especímenes fueron elaborados por el interesado.
D.A.*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

Abancay, 29 de Abril del 2020

Saúl José Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001



7

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97 INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: "EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019"

UBICACIÓN: Abancay
DISTRITO: Abancay
PROVINCIA: Abancay
DEPARTAMENTO: Apurímac
SOLICITADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman
PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana
ENSAYO: Rotura de Viga de Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	VIGA N° 01 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	05/04/2020	7	2415	32.20	210	15.3	TERCIO CENTRAL
2	VIGA N° 02 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	05/04/2020	7	2362	31.49	210	15.0	TERCIO CENTRAL
3	VIGA N° 03 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	05/04/2020	7	2485	33.13	210	15.8	TERCIO CENTRAL
4	VIGA N° 04 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	12/04/2020	14	2675	35.67	210	17.0	TERCIO CENTRAL
5	VIGA N° 05 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	12/04/2020	14	2778	37.04	210	17.6	TERCIO CENTRAL
6	VIGA N° 06 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	12/04/2020	14	2747	36.63	210	17.4	TERCIO CENTRAL
7	VIGA N° 07 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	19/04/2020	21	2940	39.20	210	18.7	TERCIO CENTRAL
8	VIGA N° 08 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	19/04/2020	21	3042	40.56	210	19.3	TERCIO CENTRAL
9	VIGA N° 09 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	19/04/2020	21	2918	38.91	210	18.5	TERCIO CENTRAL
10	VIGA N° 10 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	26/04/2020	28	3246	43.28	210	20.6	TERCIO CENTRAL
11	VIGA N° 11 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	26/04/2020	28	3378	45.04	210	21.4	TERCIO CENTRAL
12	VIGA N° 12 Concreto 15% de CBCA	15	15	54.2	4.6	29/03/2020	26/04/2020	28	3178	42.37	210	20.2	TERCIO CENTRAL

Area de base del especimen= 176.71 cm²

OBSERVACIONES:

Los testigos fueron elaborados por el interesado.
D.A.*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

Abancay, 29 de Abril del 2020


Saúl Jose Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001



8

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAY



RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97

INFORME TECNICO N° 56 - 2020 - CCA

PROYECTO: "EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019"

UBICACIÓN: Abancay
DISTRITO: Abancay
PROVINCIA: Abancay
DEPARTAMENTO: Apurímac
SOLICITADO POR: Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman
PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chipa Cahuana
ENSAYO: Rotura de Viga de Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	VIGA N° 01 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	06/04/2020	7	2181	29.08	210	13.8	TERCIO CENTRAL
2	VIGA N° 02 Concreto 120% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	06/04/2020	7	2098	27.97	210	13.3	TERCIO CENTRAL
3	VIGA N° 03 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	06/04/2020	7	2209	29.45	210	14.0	TERCIO CENTRAL
4	VIGA N° 04 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	13/04/2020	14	2877	38.36	210	18.3	TERCIO CENTRAL
5	VIGA N° 05 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	13/04/2020	14	2399	31.99	210	15.2	TERCIO CENTRAL
6	VIGA N° 06 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	13/04/2020	14	2567	34.23	210	16.3	TERCIO CENTRAL
7	VIGA N° 07 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	20/04/2020	21	2877	38.36	210	18.3	TERCIO CENTRAL
8	VIGA N° 08 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	20/04/2020	21	2699	35.99	210	17.1	TERCIO CENTRAL
9	VIGA N° 09 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	20/04/2020	21	2967	39.56	210	18.8	TERCIO CENTRAL
10	VIGA N° 10 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	27/04/2020	28	3008	40.11	210	19.1	TERCIO CENTRAL
11	VIGA N° 11 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	27/04/2020	28	3259	43.45	210	20.7	TERCIO CENTRAL
12	VIGA N° 12 Concreto 20% de CBCA	15	15	54.2	4.6	30/03/2020	27/04/2020	28	3127	41.69	210	19.9	TERCIO CENTRAL

Area de base del espécimen= 176.71 cm²

OBSERVACIONES:

Los testigos fueron elaborados por el interesado.
D.A.*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga


Saúl J. Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
CIP. 193001

Abancay 29 de Abril del 2020

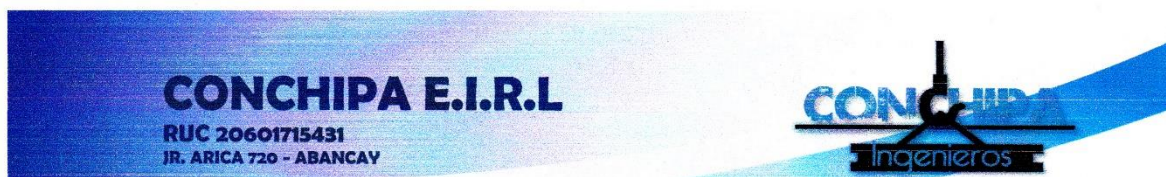


9

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."
Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay
conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

ANEXO 5

Certificado de uso de laboratorio



CERTIFICADO DE USO DEL LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

El que suscribe, **Ing. Saúl José Chipa Cahuana**, gerente general de la empresa **CONCHIPA E.I.R.L.**, con R.U.C. 20601715431, con domicilio legal Prolongación Arica S/N del distrito de Abancay, Provincia de Abancay, y Región de Apurímac.

Certifica:

Que, el **Bach. Carlos Yasmany Huaraca Huaman**, identificado con **DNI 72772323**, ha hecho uso de los equipos y materiales de nuestro Laboratorio de Agregados y Concreto, los meses de febrero, marzo y abril del 2020, para la tesis denominada **“EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y FLEXOTRACCION DEL CONCRETO ELABORADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO - ABANCAY 2019”**.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime por conveniente.

Abancay, 15 de Mayo del 2020

CONCHIPA
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO

Ing. Saúl José Chipa Cahuana
GERENTE GENERAL

Laboratorio/Oficina – Jr. Arica N° 720 - Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Claro: 986829921/ Cel. Bitel: 927415828

ANEXO 6

Certificado de calibración de equipos

		<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; color: red; text-align: center;">ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL</div>
CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 127-2020 PLF		
Página: 1 de 3		
FECHA DE EMISIÓN	: 2020-07-29	
1. SOLICITANTE	: CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.</p> <p>PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERÚ no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
DIRECCIÓN	: PRO. ARICA NRO. SN APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY	
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: MAQUINA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETO A COMPRESIÓN	
FABRICANTE	: PINZUAR LTDA	
MODELO	: PC - 42	
NÚMERO DE SERIE	: 449	
IDENTIFICACIÓN	: NO INDICA	
CARGA MÁXIMA (F_N)	: 1000 KN	
UBICACIÓN	: NO INDICA	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2020-07-29	
3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN		
La calibración de la carga aplicada se realiza mediante comparación directa entre una celda de carga patrón y la celda de carga del instrumento.		
 Harold Jackson Orihuela Chirpa Responsable del Laboratorio de Metrología	 Aaron Soriano Huerta Técnico del Laboratorio de Metrología	
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO		
Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 / 4641606 / 6830382 / 6830383 | Lima, Perú peru.laboratorio@pinzuar.com.co | peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 127-2020 PLF

Página 2 de 3

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ
Calle Ricardo palma 998 Urb. San Joaquin Bellavista - Callao

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final	
Temperatura	20,2	20,1	°C
H. R.	71,4	71,5	%

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de PINZUAR LTDA.	Celda de Carga	No. 6569

7. OBSERVACIONES

En el presente Certificado de calibración se le adjunta una etiqueta que indica CALIBRADO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquin / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 / 4641606 / 6830382 / 6830383 | Lima, Perú
peru.laboratorio@pinzuar.com.co | peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 127-2020 PLF

Página 3 de 3

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

CALIBRACIÓN DE LA CARGA APLICADA

Indicación Máquina (kN)	Promedio Mediciones (kN)	Error (kN)	Incertidumbre (kN)
100,0	99,93	-0,07	0,10
200,0	200,07	0,07	0,04
300,0	299,90	-0,10	0,07
400,0	399,83	-0,17	0,04
500,0	500,13	0,13	0,04
600,0	600,03	0,03	0,08
700,0	700,07	0,07	0,04
800,0	799,97	-0,03	0,04
900,0	900,07	0,07	0,04
1000,0	1000,10	0,10	0,07

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 / 4641606 / 6830382 / 6830383 | Lima, Perú
peru.laboratorio@pinzuar.com.co | peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co