



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**Tesistas:**

Bach. Ing. ACUÑA GIRALDO, Carlos Enrique

Bach. Ing. CABALLERO HUAYLLA, Hugo Ramón

**Asesor:**

Ms. López Carranza, Atilio Rubén

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2018**



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**REVISADA Y APROBADA POR:**

---

Ms. López Carranza, Atilio Rubén

ASESOR



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

REVISADA Y APROBADA POR EL JURADO EVALUADOR:

---

Ms. Abner Leon Bobadilla

ASESOR

---

Ms. López Carranza, Atilio Rubén

SECRETARIO

---

Ms. Jenisse Fernández Mantilla

INTEGRANTE



“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”

---

**DEDICATORIA**

A mi madre Marlene, por haberme apoyado incondicionalmente durante mi etapa de estudios y siempre depositar toda su confianza en mí, a ella mi gratitud eterna por ser siempre partícipe en mi vida profesional y con el cual he logrado culminar mis estudios universitarios, siendo para mí, la mejor de las herencias.

A mis hermanos, por ser la motivación para cada día ser mejor persona y ejemplo para ellos.

A toda mi familia y amigos, por depositar toda su confianza en mí y siempre haberme apoyado en cada paso de mi vida profesional.

Acuña Giraldo Carlos Enrique



“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”

---

**DEDICATORIA**

A **DIOS** quien nos permite estar un día  
más con vida, salud y bienestar.

A mis padres y hermanos quienes son importantes  
cada día, y me alientan para afrontar los diferentes retos.

A los docentes de la escuela  
Académica Profesional de Ingeniería  
Civil, por apoyarnos desde el inicio de  
la carrera, y brindando conocimientos,  
valores morales y experiencias.

Caballero Huaylla, Hugo Ramon.



# “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”

---

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, por permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestras vidas, que a pesar de las dificultades que se nos presentaron siempre estuvo a mi lado para apoyarnos y ayudarnos a siempre afrontar con sabiduría cada problema.

A todos los docentes que a lo largo de 5 años, nos brindaron los diferentes conocimientos que nos servirán para afrontar los retos que cada día afronta un ingeniero civil.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor Ms. Rubén Atilio López Carranza, por su ayuda profesional en la elaboración del presente estudio.

A nuestros familiares y amigos quienes depositaron su confianza en nosotros y siempre nos apoyaron en nuestra vida profesional.

Carlos y Hugo



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

**ÍNDICE GENERAL**

Resumen.....	3
Abstrac .....	4
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1. Antecedentes .....	6
1.2. Formulación Del Problema .....	9
1.3. Objetivos:.....	11
1.3.1.    Objetivo General.....	11
1.3.2.    Objetivos Específicos .....	11
1.4. Formulación De Hipótesis .....	12
1.5. Justificación: .....	12
1.6. Variables: .....	12
1.6.1.    Variable Independiente.....	12
1.6.2.    Variable Dependiente .....	12
1.7. Diseño De Investigación .....	13
1.8. Limitaciones De Trabajo.....	13
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1.    Concreto.....	15
2.1.1.    Definición.....	15
2.1.2.    Componentes Del Concreto .....	15
2.1.3.    Elaboración Del Concreto .....	17
2.1.3.1.    Dosificación.....	17
2.1.3.2.    Mezcla .....	17
2.1.3.3.    Vaciado Del Concreto .....	18
2.1.3.4.    Compactación .....	19
2.1.3.5.    Curado .....	20
2.1.4.    Propiedades Del Concreto.....	20
2.1.4.1.    Concreto No Endurecido .....	21
2.1.4.1.1.    Segregación .....	21
2.1.4.1.2.    Exudación .....	22
2.1.4.1.3.    Trabajabilidad .....	22
2.1.4.1.4.    Contracción.....	23
2.1.4.1.5.    Tiempo De Fragua .....	24
2.1.4.1.6.    Contenido De Aire.....	25
2.1.4.1.7.    Temperatura.....	25



# “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

2.1.4.2.	Concreto Endurecido.....	25
2.1.4.2.1.	Elasticidad .....	25
2.1.4.2.2.	Extensibilidad .....	26
2.1.4.2.3.	Resistencia A La Compresión .....	26
2.1.4.2.4.	Resistencia A La Flexión.....	31
2.1.4.3.	La Carbonatación: .....	36
2.1.5.	Diseño De Mezcla .....	38
2.1.5.1.	Pasos Para Elaborar El Diseño De Mezcla.....	38
2.2.	Cemento .....	45
2.2.1.	Definición.....	45
2.2.2.	Antecedentes Históricos .....	46
2.2.3.	Proceso De Fabricación.....	46
2.2.4.	Cemento Natural .....	47
2.2.5.	Cemento Portland.....	47
2.2.5.1.	Clinker Pórtland.....	48
2.2.5.2.	Materia Prima .....	48
2.2.5.3.	Tipos Cemento Pórtland .....	49
2.2.5.4.	Propiedades Químicas .....	50
2.2.5.5.	Propiedades Físicos .....	52
2.3.	Agregados .....	54
2.3.1.	Agregado Fino.....	55
2.3.2.	Agregado Grueso.....	57
2.3.3.	Características .....	60
2.3.3.1.	Peso Específico .....	60
2.3.3.2.	Peso Unitario .....	61
2.3.3.3.	Humedad .....	62
2.3.3.4.	Absorción .....	63
2.3.3.5.	Contenido De Vacíos .....	64
2.3.3.6.	Granulometría.....	65
2.4.	Agua.....	66
2.5.	Puzolana.....	67
2.5.1.	Clasificación De Puzolana .....	68
2.5.1.1.	Puzolana Natural .....	69
2.5.1.2.	Puzolana Artificial.....	70
2.5.1.2.1.	Microsílice .....	70





# “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”

2.5.1.2.2. Ceniza Volante .....	71
2.5.2. Características De La Puzolana .....	72
2.5.2.1. Propiedades Físicas.....	72
2.5.2.1.1. Densidad: .....	74
2.5.2.1.2. Finura, Mediante Tamizado Húmedo Con Tamiz Normalizado De <b>45 <math>\mu</math>m</b> (N° 325).....	74
2.5.2.2. Propiedades Químicas .....	76
2.5.2.2.1. Contenido De Humedad: .....	77
2.6. Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar (Cbca).....	78
2.6.1. La Caña De Azúcar En El Perú.....	79
2.6.2. Producción De La Empresa San Jacinto Saa.....	81
2.6.3. Proceso Industrial De La Obtención De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar (Cbca).....	82
2.6.4. La Ceniza De Caña De Azúcar (Cbca) Como Material Puzolánico .....	85
2.6.5. Composición Química De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar. ....	87
2.7. Concreto Armado.....	88
2.7.1. Comportamiento De Una Viga.....	89
2.7.2. Criterios De Diseño.....	91
2.7.3. Tipos De Refuerzo En Vigas.....	94
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>97</b>
3.1. Materiales.....	98
3.1.1. Materia Prima.....	98
3.1.2. Equipos.....	98
3.1.3. Unidad De Estudio. ....	99
3.1.4. Población Y Muestra. ....	99
3.2. Métodos.....	101
3.2.1. Técnicas De Recolección De Datos Y Análisis De Datos. ....	101
3.2.2. Metodología De Análisis De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar .....	103
3.2.2.1. Ensayos Químicos Y Físicos .....	103
3.2.3. Metodología De Análisis De Los Materiales Para La Elaboración De Probetas Y Vigas De Concreto .....	105
3.2.3.1. Obtención En Laboratorio De Muestras Representativas (Cuarteo) .....	105
3.2.3.2. Determinación De La Granulometría (Análisis Granulométrico) Del Agregado Fino Y Grueso Según La Norma Ntp 400.012/Astm C-136. ....	106
3.2.3.3. Determinación Del Contenido De Humedad Del Agregado Fino Y Grueso Según La Norma Ntp 339.185/Astm C-566. ....	109



# “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”

3.2.3.4. Se Determinó El Peso Unitario Del Agregado Fino Y Grueso Según La Norma Ntp 400.017 /Astm C-29. ....	110
3.2.3.5. Determinación Del Peso Específico Del Agregado Grueso Según La Norma Ntp 400.021/Astm C-127. ....	112
3.2.3.5. Determinación Del Peso Específico Del Agregado Fino Según La Norma Ntp 400.022/ Astm C-128. ....	114
3.2.4. Diseño De Mezcla De Concreto .....	116
3.2.4.1. Selección De La Resistencia Promedio ( $F'_{cr}$ ).....	117
3.2.4.2. Calculo De La Desviación Estándar. ....	119
3.2.4.3. Cálculo De La Resistencia Promedio Requerida.....	121
3.2.4.3. Selección Del Tamaño Máximo Nominal Del Agregado Grueso. ....	122
3.2.4.4. Selección Del Asentamiento (Slump).....	123
3.2.4.5. Selección Del Agua De Mezclado Y Contenido De Aire. ....	124
3.2.4.6. Selección De La Relación Agua/Cemento (A/C).....	124
3.2.4.7. Calculo Del Contenido De Cemento. ....	125
3.2.4.8. Selección Del Agregado. ....	126
3.2.4.9. Ajustes Por Humedad Del Agregado.....	126
3.2.5. Elaboración Y Curado De Especímenes De Concreto En El Laboratorio .....	127
3.2.6. Resistencia A La Compresión Testigos Cilíndricos.....	132
3.2.7. Resistencia A La Flexión Del Concreto Método De La Viga Simple Cargada En El Punto Central.....	133
3.2.8. Proceso De Obtención De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar Para Llegar A La Finura Deseada.....	134
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>136</b>
4.1. Resultados Del Análisis De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar. ....	137
4.1.1. Análisis De Composición Química De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar.....	137
4.1.2. Análisis De Ph.....	138
4.2. Resultado De Los Ensayos Realizados A Los Agregados Utilizados En Laboratorio Para El Cálculo De Diseño De Mezcla. ....	139
4.2.1. Agregado Grueso.....	139
4.2.2. Agregado Fino.....	139
4.2.3. Diseño De Mezcla .....	140
4.3. Ensayo De Resistencia A La Compresión Y Flexión .....	141
4.3.1. Resistencia A La Compresión .....	141
4.3.2. Resistencia A La Flexión .....	152
4.3.3. Análisis De Viabilidad Técnica Y Económica Del Uso De Concreto Con Sustitución Parcial De Cemento Por Bagazo De Caña De Azúcar (Cbca) – San Jacinto.....	160



“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”

---

4.3.3.1. Análisis De Costos Unitarios.....	161
4.3.4. Discusiones: .....	166
4.3.4.1. Sobre La Hipótesis: .....	166
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>179</b>
5.1 Conclusiones .....	180
5.2. Recomendaciones .....	182
<b>CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>183</b>
<b>CAPÍTULO VII: ANEXOS .....</b>	<b>188</b>
Anexo 01 Ensayo de Fluorescencia de Rayos X CBCA	
Anexo 02 Diseño De mezcla.	
Anexo 03. Ensayo Agregados	
Anexo 04. Finura tamiz normalizado 45 um	
Anexo 05. Resultados Resistencia a la compresión	
Anexo 06. Resultados Resistencia a la flexión.	
Anexo 07. Análisis PH	
Anexo 08. Especificaciones Cemento Pacasmayo Tipo I	
Anexo 09. Costo Unitario CBCA	
Anexo 10. NTP 334.104	
Anexo 11. Panel Fotográfico	



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Numero de capas requeridas en la elaboración de mezclas .....	19
Tabla 2: Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto .....	23
Tabla 3: Edad de ensayo .....	28
Tabla 4: días de curado y porcentaje.....	30
Tabla 5: Incremento de valores de desviación standard cuando se tienen menos de 30 ensayos .....	39
Tabla 6: $f'_{cr}$ aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación standard. ....	40
Tabla 7: Consistencia y Asentamiento.....	41
Tabla 8: Contenido de Aire Atrapado .....	41
Tabla 9: Volumen de agua por m <sup>3</sup> .....	42
Tabla 10: Relación Agua/Cemento .....	42
Tabla 11: Incremento de valores de desviación Estándar para menores a 30 ensayos .....	45
Tabla 12: Propiedades químicas del cemento .....	50
Tabla 13: Requisitos químicos.....	51
Tabla 14: Requisitos químicos.....	52
Tabla 15: Requisitos físicos .....	53
Tabla 16: Propiedades mecánicas y físicas del cemento Tipo I.....	54
Tabla 17: Gradación según los límites.....	55
Tabla 18: Requisitos granulométricos del agregado grueso .....	58
Tabla 19: Porcentajes máximos de la muestra .....	59
Tabla 20 Límite permisible .....	67
Tabla 21: Requisitos físicos y químicos establecidos.....	73
Tabla 22: Requisitos químicos NTP .....	77
Tabla 23: Requisitos Químicos ASTM.....	77
Tabla 24: Producción del año Caña de Azucar .....	80
Tabla 25: Producción del año 2016 y 2017 .....	81
A continuación, un resumen de las principales variables en la gestión de las operaciones fabriles: Tabla 26: Principales variables en la gestión de las operaciones fabriles .....	81
Tabla 27: la cantidad de bagazo que se produce diariamente. ....	82
Tabla 28: Características químicas del CBCA y cemento .....	87
Tabla 29: Características químicas del CBCA.....	88
Tabla 30: Diámetro mínimo de Doblado .....	96
Tabla 31: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global. ....	107
Tabla 32: Tamaño de la muestra del agregado .....	109
Tabla 33: Capacidad de la medida. ....	110
Tabla 34: Peso mínimo de la muestra de ensayo. ....	113
Tabla 35 Incremento de valores de desviación standard cuando se tienen menos de 30 ensayos.....	119
Tabla 36 $f'_{cr}$ aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación standard .....	119
Tabla 37: Resistencia a la compresión promedio .....	122
Tabla 38: TMN Comprendidos entre 2” y 3/8 .....	122



## “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”

---

Tabla 39: Consistencia y Asentamiento.....	123
Tabla 40: Contenido de Aire Atrapado .....	124
Tabla 41: Relación Agua/Cemento.....	125
Tabla 42 Análisis de PH .....	138
Tabla 43: PH del cemento y de la ceniza sustituida parcialmente.....	138
Tabla 44: Concreto sin sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).....	162
Tabla 45: Concreto con sustitución de 5% cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).....	163
Tabla 46: Concreto con sustitución de 10% cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).....	164
Tabla 47: Concreto con sustitución de 15% cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).....	165
Tabla 48: Dispersión total y entre testigos.....	173
Tabla 49: Dispersión total y entre testigos.....	176
Tabla 50: % de pruebas y probabilidad de ocurrencia.....	177



## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Materiales puzolánico .....	69
Diagrama 2: Análisis de composición química expresado en Óxidos de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) .....	137
Diagrama 3: Clasificación química de CBCA .....	137
Diagrama 4: PH Cemento – CBCA .....	138
Diagrama 5: PH Sust. Parcial Cemento por CBCA .....	139
Diagrama 6: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP) a los 7 días de curado .....	142
Diagrama 7: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP) a los 14 días de curado .....	142
Diagrama 8: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP) a los 28 días de curado .....	142
Diagrama 9: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 5% (PA-5%) a los 7 días de curado. ....	143
Diagrama 10: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 5% (PA-5%) a los 14 días de curado. ....	143
Diagrama 11: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 5% (PA-5%) a los 28 días de curado. ....	144
Diagrama 12: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 10% (PA-10%) a los 7 días de curado. ....	144
Diagrama 13: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 10% (PA-10%) a los 14 días de curado. ....	144
Diagrama 14: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 10% (PA-10%) a los 28 días de curado. ....	144
Diagrama 15: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 15% (PA-15%) a los 7 días de curado. ....	146
Diagrama 16: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 15% (PA-15%) a los 14 días de curado .....	146
Diagrama 17: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 15% (PA-15%) a los 28 días de curado. ....	146
Diagrama 18: Resumen de resultados de la resistencia a compresión. ....	147
Diagrama 19: Comparación de la resistencia a los 7 días de curado. ....	147
Diagrama 20: Comparación de la resistencia a los 14 días de curado. ....	148
Diagrama 21: Comparación de la resistencia a los 28 días de curado. ....	148
Diagrama 22: Resistencia a la compresión Patrón versus Resistencia a la compresión sustituido parcialmente el cemento en 5% por la ceniza de bagazo de caña. ....	149
Diagrama 23: Resistencia a la compresión Patrón versus Resistencia a la compresión sustituido parcialmente el cemento en 10% por la ceniza de bagazo de caña. ....	150
Diagrama 24: Resistencia a la compresión Patrón versus Resistencia a la compresión sustituido parcialmente el cemento en 15% por la ceniza de bagazo de caña. ....	151
Diagrama 25: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto PATRÓN con y sin acero de refuerzo.....	153
Diagrama 26: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto 5% sustituido con y sin acero de refuerzo.....	154



# “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”

Diagrama 27: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto 10% sustituido con y sin acero de refuerzo .....	155
Diagrama 28: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto 15% sustituido con y sin acero de refuerzo .....	156
Diagrama 29: Carga máxima promedio sin acero de refuerzo (daN) .....	157
Diagrama 30: Carga máxima promedio con acero de refuerzo (daN) .....	158
Diagrama 31: Costo por 1 m <sup>3</sup> de concreto para concreto patrón y concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) .....	166
Diagrama 32: Resistencia A La Compresión 210 Kg/Cm <sup>2</sup> - Patrón .....	171
Diagrama 33: Resistencia A La Compresión promedio de 2 probetas 210 Kg/Cm <sup>2</sup> - Patrón .....	172
Diagrama 34: Resistencia a la Compresión 210 Kg/Cm <sup>2</sup> – Sustitución 10% .....	174
Diagrama 35: Resistencia a la Compresión promedio de 2 probetas 210 Kg/Cm <sup>2</sup> – Sustitución 10% .....	175
Diagrama 36: Distribución Normal (Campana De Gauss) .....	178

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto. ....	16
Figura 2: Tipos de segregación que se pueden producir en el concreto. ....	21
Figura 3: Influencia de las condiciones de curado en la resistencia. ....	29
Figura 4: Desarrollo de la resistencia a compresión de varios concretos, expreso como porcentaje de la resistencia los 28 días .....	30
Figura 5: Esquema de rotura de fallas.....	31
Figura 6: Cargas en los puntos tercios .....	32
Figura 7: Cargas en el punto medio .....	32
Figura 8: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz. ....	34
Figura 9: Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno. (Pasquel, 1998) .....	61
Figura 10: Condiciones de humedad de los agregados.....	63
Figura 11: Proceso Industrial de la Caña de Azúcar.....	84
Figura 12: Falla por flexión en el tramo .....	90
Figura 13: Falla por corte en los apoyos .....	90
Figura 14: Acero de Refuerzo en vigas.....	94
Figura 15: Ganchos de barras longitudinales, estribos y grapas suplementarias. ....	96
Figura 16: Dimensiones de la viga.....	101
Figura 17: Cuarteo De Materiales.....	106
Figura 18: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz, puede variar las características físicas de ésta y afectar los resultados del ensayo.....	134



# “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”

---

## RESUMEN

El siguiente estudio de investigación tiene como finalidad 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) - San Jacinto.

Se realizaron los ensayos respectivos según la Norma Técnica Peruana para los agregados y asimismo para la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Luego se elaborará el diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> para un concreto patrón y también para porcentajes sustituidos de cemento (5%, 10% y 15%) según la metodología de diseño ACI-211 y se hará una comparación de estas. Luego se efectuarán testigos de concreto que serán ensayados en el caso de las probetas, a compresión y en el caso de las vigas tanto sin refuerzo como reforzadas, a flexión; basados en las normas ASTM, MTC, NTP.

En donde se llegó a concluir que la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) que desecha la industria San Jacinto S.A.A, 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.





# “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”

---

## ABSTRAC

The following research study aims to determine resistance to compression and bending of a structural concrete by partial recovery of the cement by sugar cane sugar ash (CBCA) - San Jacinto.

The analyzes were carried out according to the Peruvian Technical Standard for the aggregates and for sugar cane sugar ash (CBCA). Then the design of the mixture for a strength of 210 kg / cm<sup>2</sup> for a concrete and also for cement replaced percentages (5%, 10% and 15%) according to the ACI-211 Design Methodology will be elaborated and a comparison of these will be made. . Then, concrete tests will be carried out that will be tested in the case of the test pieces, a compression and in the case of the beams as well as the reinforced, a bending. based on ASTM, MTC, NTP standards.

Where it was concluded that the partial replacement of the cement by the sugar cane sugar ash (CBCA) that the industry discards, San Jacinto S.A.A, does not improve the resistant properties of the concrete, either bending or compression.



# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN



## I. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la investigación, con el fin de mejorar las propiedades resistentes a compresión y flexión para un concreto estructural, se utilizará cenizas de bagazo de caña de azúcar obtenida en la localidad de San Jacinto de donde se usará este material desechado por la Agroindustria San Jacinto para realizar los trabajos de laboratorio pertinentes. Así mismo, previa coordinación con los encargados de la empresa, quienes nos proporcionarían las cenizas residuales de la quema de bagazo de caña de azúcar proveniente de sus industrias de las localidades San Jacinto.

El desarrollo de la presente tesis se ha dividido en siete capítulos. El primer capítulo se refiere a la Introducción del tema. El segundo capítulo abarca el marco teórico y además se menciona y describe al concreto, agregados, puzolana, ceniza, así como sus ventajas y desventajas a la hora de ponerlo en servicio. El tercer capítulo se refiere al trabajo en laboratorio, a la hora de realizar los ensayos correspondientes. El cuarto capítulo comprende los resultados obtenidos y a las discusiones a las cuales se llega con dichos resultados antes mencionados. El quinto capítulo abarca las conclusiones y recomendaciones que se tomarán al revisar y tomar en cuenta las discusiones mencionadas antes. El sexto capítulo abarca toda la bibliografía utilizada para esta investigación. Y finalmente el séptimo capítulo comprende todos los anexos empleados para esta investigación.

### 1.1. ANTECEDENTES

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



## “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”

---

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

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

Según Jiménez Chávez G. (2016) en la tesis “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” publicado por Universidad Privada del Norte. Cajamarca-Perú, se concluyó que al adicionar ceniza en porcentaje del peso del cemento de 8%, 10% y 12%, se obtuvo un incremento de 17 % en promedio de la resistencia a la compresión.

Según Polo Lopez C. (2016) en la tesis “Resistencia A La Compresión Del Concreto  $F'c=210\text{kg/Cm}^2$  Por Adición De Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar” publicado por la Universidad San Pedro, se concluyó que sustituyendo el cemento por ceniza en 3% y 5% aumenta la resistencia a la compresión en 7% y 15% respectivamente. Se deduce que a medida aumenta el porcentaje de sustitución, la resistencia aumenta.

Para Hernández (2007). Proyecto de investigación “El bagazo de la caña de azúcar” Argumenta que la ceniza de bagazo de azúcar es un recurso que abunda en



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

en las ciudades donde radican Agroindustrias y que cada año tiende a ser desechado. Además, menciona que este recurso se usa como aditivo para el concreto donde aumenta la dureza a largo plazo y reducir el uso del cemento

“Esta ceniza actúa como puzolana, aditivo mineral, que puede ser natural o sintético, generalmente silíceo o aluminoso que presenta en sí mismo poco o nulo valor cementante, pero con humedad ese valor se puede elevar de manera considerable”.

El estado de Veracruz es la industria cañera nacional que más produce al año alrededor de 13 millones 750 mil toneladas de bagazo de caña; de ese total, Veracruz aporta cinco millones 561 mil 242 toneladas. Luego de la quema, se obtienen alrededor de 350 mil toneladas de ceniza (140 mil de ellas en Veracruz)”, sostuvo el investigador para dar una idea de la materia prima con la que se podría contar. El académico afirma que una mezcla que contenga entre cinco y 20 por ciento de ceniza supera las pruebas químicas y físicas que exige la norma NMX-C179-1983 que rige en el país la construcción (Mexico), por lo que esta mezcla es totalmente variable para ser usado.

Véras (2014) en el proyecto de tesis “Utilización de ceniza de bagazo como una sustitución parcial del agregado fino en el concreto”. Señaló que la temperatura y el tamaño de las partículas de la ceniza de bagazo son directamente proporcional, es decir a medida que se aumentó las temperaturas de calcinación del bagazo de caña de azúcar el tamaño de las partículas va aumentando. Además, indica que disminuye la gravedad específica debido a la pérdida de materia orgánica. El CBCA obtenido a partir de temperaturas de calcinación 500 ° C, 600 ° C y 700 ° C presentan alta actividad puzolánicas tal como se determina por la prueba de química.



## “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”

---

De acuerdo con los resultados de XRD, el SCBA calcinado a  $600^{\circ}\text{C}$  muestra un carácter superior amorfo, que es ilustrado por la mayor reactividad de este material; Los morteros preparados con un parcial de 10 % en peso sustitución de cemento Portland por SCBA mostró mejores propiedades mecánicas en comparación con la referencia mortero para todas las temperaturas que examinó, pero en particular a temperaturas de calcinación de  $600^{\circ}\text{C}$  y  $700^{\circ}\text{C}$ .

Ma-Tay Pinel (2014) en el proyecto de tesis “Valorización de Ceniza de Bagazo Procedente de Honduras: Posibilidades de Uso en Matrices de Cemento Portland”. Estudió la caracterización físico-química y el análisis de la reactividad puzolánica de muestras de cenizas de bagazo de caña de azúcar provenientes de Honduras, así como la evolución de las propiedades mecánicas de probetas de mortero con adición de dichas cenizas.

Concluyendo que la influencia de la ceniza de bagazo sobre la resistencia a compresión de morteros fue significativa. Para probetas con un 25% de sustitución de cemento por ceniza curadas a  $40^{\circ}\text{C}$  durante 28 días, las probetas fueron un 15% más resistentes que las probetas control. En el caso de probetas curadas a  $20^{\circ}\text{C}$  durante 90 días, las probetas fueron un 14% más resistente que el control.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La necesidad de encontrar materiales nuevos en la construcción, poco a poco se vuelve tendencia a nivel mundial, más aun usando productos reciclados y evitando una menor contaminación.

Si bien ahora los materiales usando usualmente para la construcción (cemento, agregados, etc), no hay problema de escasez en el mercado y los precios son accesibles al público en general, somos consciente de que las materias primas son totalmente irrecuperables y demandan muchos recursos energéticos para su



## “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”

---

obtención y elaboración, emitiendo un gran impacto en el medio ambiente, produciendo en forma gradual una escasez de la materia prima.

Ante esto observamos un material desechable en la localidad de San Jacinto como la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), siendo éste un sub producto agrícola industrial desechable con grandes propiedades puzolánicas en investigaciones anteriores que se realizaron a nivel nacional e internacional con respecto a la CBCA.

Al encontrar en la ceniza un elemento con propiedades similares a las que presenta el cemento se pretende solucionar un problema en específico que son los altos costos en las autoconstrucciones, también en las propiedades resistentes, debido que a los antecedentes nos indican que las cenizas de bagazo de caña de azúcar tienden a incrementar la resistencia y por ende daría un mayor soporte a las viviendas frente a las sollicitaciones estática y dinámica, especialmente incrementando la resistencia a la compresión y flexión que es nuestro tema a investigar.

Asimismo, usando esta fuente no convencional en sustitución del cemento Portland nos ayuda a reducir parte de la generación de CO<sub>2</sub> y por ende contribuye a disminuir los gases de efectos invernaderos la cual provoca el calentamiento global, también disminuiría la explotación minera necesaria para la producción de cemento Portland evitando la depredación de recursos naturales, y se evitaría la eliminación de las cenizas en botaderos.

Ante esto planteamos una alternativa en la localidad de San Jacinto ya que las fábricas desechan a diario toneladas de cenizas que se podría reutilizar por los propios pobladores en las construcciones.



**¿En qué medida influye en la resistencia a la compresión y flexión en un concreto estructural sustituyendo el cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y que tan viable es su uso tanto técnica como económicamente?**

### **1.3. OBJETIVOS:**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

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) - San Jacinto.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el grado de alcalinidad (Ph) y la composición química de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).
- Realizar un diseño de mezcla óptimo que alcance una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> para una mezcla patrón y una mezcla con sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto de probetas elaboradas a los 7, 14, y 28 días de curado con la sustitución del cemento por la ceniza de bagazo de caña de azúcar en 0%, 5%,10%.y 15%.
- Determinar la resistencia a la Flexión de vigas elaboradas de concreto reforzado a los 28 días de curado con la sustitución del cemento por la ceniza de bagazo de caña de azúcar en 0%, 5%,10%.y 15%.
- Comparar los resultados y determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).





## “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”

---

- Evaluar como alternativa técnica y económica al incorporar la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en reemplazo del cemento en el concreto en las autoconstrucciones de San Jacinto.

### **1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

Si se hace la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto, entonces la resistencia a la compresión y flexión de un concreto mejorará.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN:**

Con este proyecto de investigación se espera dar uso de un material la cual es un subproducto industrial que parte de ella es desechada, siendo utilizado como sustituto parcial del cemento en porcentaje de 0%, 5%, 10% y 15% evaluando la resistencia a la compresión en probetas y el comportamiento estructural a flexión en vigas reforzadas y con esto aminorar el uso del cemento, la cual en su elaboración perjudican al medio ambiente usando grandes recursos energéticos y material no renovable.

Además de mejorar la gestión de los residuos reutilizados, también se puede reducir el costo económico del concreto y utilizar nuevas fuentes no convencionales en lugar del cemento Portland y enfocarlos como una alternativa de uso a los pobladores en las autoconstrucciones de San Jacinto.

### **1.6. VARIABLES:**

#### **1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

#### **1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Resistencia a la Compresión y Flexión de concreto estructural.



### **1.7. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y corresponde a un diseño experimental debido a que en el estudio se manipulan intencionalmente la variable independiente (cenizas de bagazo de caña de azúcar), para analizar las consecuencias sobre la variable dependiente (resistencia a la compresión y flexión).

Los grupos de control están conformados por aquellas muestras a las cuales no se les agrega ceniza alguna. Mientras que los grupos experimentales serán aquellas muestras mezcladas cenizas de acuerdo a las dosificaciones establecidas.

### **1.8. LIMITACIONES DE TRABAJO**

Se recopilará y analizará los agregados y asimismo la ceniza de bagazo de caña de azúcar la cual nos proporcionará la agroindustria San Jacinto S.A.A. y se procederá a realizar el diseño de mezcla para elaborar los especímenes de concreto y evaluar sus resistencias tanto a la compresión como a flexión

Para lo cual se utilizará el programa EXCEL para realizar las hojas de cálculo de diseño, para obtener los diseños y también equipos de laboratorio para realizar los ensayos de roturas de probetas y vigas.



# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO



## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. CONCRETO

#### 2.1.1. Definición

El concreto es un material artificial compuesto, el cual consiste en un medio ligante, denominado pasta, dentro del que se encuentren embebidas partículas de un medio denominado agregado. (Rivva Lopez, 1998-1999, p.3)

El concreto 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. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.10)

El concreto principalmente está compuesto por la combinación de cemento, agua y agregado fino y grueso. También posee un pequeño volumen de aire atrapado, e intencionalmente contiene aire incorporado mediante el empleo de aditivos. Adicionalmente se le puede incorporar aditivos minerales.

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Sin embargo, si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante de un profundo conocimiento del material como de la calidad profesional del ingeniero, el concreto en general es desconocido en mucho de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, procesos de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales. (Rivva López, 1998-1999, p.4).

#### 2.1.2. Componentes del Concreto

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. (Rivva López, 2000, p.16).



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Los aditivos épocas atrás era considerado como algo opcional, 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 y compactación, reducción de cemento, mantenimiento, reparación, entre otros.

Ya hemos establecido conceptualmente la necesidad de conocer a profundidad las propiedades de los componentes del concreto, pero debemos puntualizar que de todos ellos, el que amerita un conocimiento especial es el cemento. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.15)

Analizando la Fig.1, el cemento es el de menor cantidad, pero esencial en el comportamiento del concreto

Aire =	1 % a 3 %
Cemento =	7 % a 15 %
Agua =	15 % a 22 %
Agregados =	60 % a 75 %

**Figura 1:** Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.

**Fuente:** Tópicos de Tecnología de Concreto-Enrique Pasquel



### **2.1.3. Elaboración del concreto**

#### **2.1.3.1. Dosificación**

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, y al endurecer adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias. (Pasquel, 1999 p.18)

#### **2.1.3.2. Mezcla**

Según la (NTP. 339.183, 2016), la mezcla de concreto debe ser tal, que deje un 10% de residuo después de haber moldeado el espécimen de ensayo.

Cuando el mezclado sea con máquina, antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo del agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo, cuando ésta se requiera. Siempre que sea posible, el aditivo se debe dispersar en el agua antes de su adición a la mezcla. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unas cuantas revoluciones se adicionan el agregado fino, el cemento y el agua con la mezcladora en funcionamiento. (MTC, 2016, p. 774)

Si para una mezcla particular o para un determinado ensayo no resulta práctico incorporar al agregado fino, el cemento y el agua con la mezcladora funcionando, ellos se incluirán con la máquina detenida, luego de haberse permitido algunas revoluciones. (MTC, 2016, p. 775)

Seguidamente se debe mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación



final. Se debe cubrir el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación durante el período de reposo. (MTC, 2016, p. 775)

Se debe restituir todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora, para conservar las proporciones. El concreto se debe recibir en el recipiente limpio y seco y se debe remezclar con un palustre o pala, hasta hacerlo uniforme y evitar la segregación. (MTC, 2016, p. 775)

### **2.1.3.3. Vaciado del Concreto**

El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un palustre o utensilio similar. Se debe seleccionar cada palada de concreto de tal manera que sea representativa de la bachada; además, la mezcla de concreto en el recipiente se debe remezclar continuamente durante el moldeo de los especímenes, con el objeto de prevenir la segregación. El palustre se debe mover alrededor del borde superior del molde a medida que se descarga el concreto, con el fin de asegurar una distribución simétrica de éste y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. (MTC, 2016, p. 778)

Posteriormente se distribuye el concreto con la varilla compactadora, antes del inicio de la consolidación. En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde. No se permite la adición de muestras que no sean representativas del concreto dentro de un molde insuficientemente llenado. (MTC, 2016, p. 778)

El número de capas se especifica en la siguiente Tabla N° 01., ya sea en probetas cilíndricas o vigas.



Tabla 1: Numero de capas requeridas en la elaboración de mezclas

Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de compactación	Número de capas	Altura aproximada De la capa en mm (pulgadas)
CILINDROS Hasta 300(12) Mayor que 300(12)	Apisonado(varillado) Apisonado(varillado)	3 iguales Las	100(4)
Hasta 460(18) Mayor que 460(18)	Vibración Vibración	requeridas 2 iguales 3 ó más	200(4)
PRISMAS Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Apisonado(varillado) Apisonado(varillado)	2 iguales 3 o más	100(4)
Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Vibración Vibración	1 2 o más	200(8) C 172

Fuente: (MTC, 2016, p. 778)

#### 2.1.3.4. Compactación

Es el proceso por el cual el aire atrapado es removido de la mezcla. Para lograr ello se han desarrollado diferentes.

Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado. Si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. (MTC, 2016, p. 778)

Después de la compactación, se debe efectuar el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita o con un badilejo o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de refrentado (capping)





#### **2.1.3.5. Curado**

Después del acabado, se debe cubrir para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, preferiblemente cubiertas con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se podrán emplear tiempos diferentes. (Pasquel, 1999, p.25)

#### **2.1.4. Propiedades del Concreto**

Para cada caso particular de empleo se requieren en el concreto determinadas propiedades. Es por ello que el conocimiento de todas y cada una de las propiedades del concreto, si como de la interrelación entre ellas, es de importancia para el ingeniero el cual debe decidir, para cada caso particular de empleo del concreto, la mayor o menor importancia de cada una de ellas. (Rivva López, 1998, p.18).

Al analizar las propiedades del concreto, el ingeniero debe recordar las limitaciones de las mismas en función de las múltiples variables que pueden actuar sobre el concreto modificándolo. En este análisis es importante que el ingeniero recuerde que el concreto, como cualquier otro material, puede sufrir adicionalmente modificaciones en el tiempo y que puede claudicar por fallas atribuibles a problemas de durabilidad, aun cuando su resistencia haya sido la adecuada. (Rivva López, 1998, p.18).

En el análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que ellas están íntimamente asociadas con las características y proporciones relativas de los materiales integrantes; que la calidad, cantidad y densidad de la pasta es



## “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”

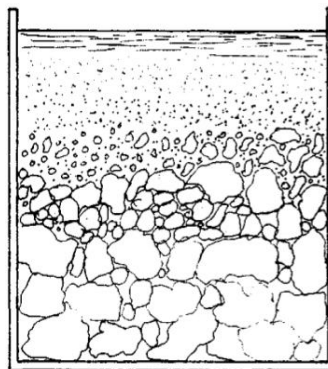
determinante en las propiedades del concreto; y que la relación agua-cemento lo es sobre las características de la pasta. (Rivva López, 1998, p.19).

Las propiedades del concreto es más conveniente separarlo en concreto no endurecido (fresco) y endurecido.

### 2.1.4.1. Concreto no Endurecido

#### 2.1.4.1.1. Segregación

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. (Rivva López, 1998, p.139).



**Segregación Normal.** Los agregados de mayor tamaño o peso específico se separan y se depositan en el fondo.

**Figura 2:** Tipos de segregación que se pueden producir en el concreto.

**Fuente:** Tecnología del concreto/Sánchez Guzmán.



#### **2.1.4.1.2. Exudación**

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y se sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. (Rivva López, 1998, p.141).

Según (Rivva López, 1998) la exudación está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, mientras más grado de finura posee el cemento y mayor es el porcentaje de material que es contenida en mallas menores que la malla N°100, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla.

Pero la exudación es propia del concreto e inevitable que se produzca. Es importante evaluarla y controlarla, sobre todo en los efectos negativos.

#### **2.1.4.1.3. 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  $\frac{1}{4}$ ” sobre el agregado grueso. (Rivva López, 1998, p.131).

El método tradicional de medir la trabajabilidad es el “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, pero es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, ya que hay concretos con igual Slump pero con diferente trabajabilidad con las mismas condiciones de trabajo.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que con los encofrados, cantidad y espaciamiento del refuerzo, procedimiento de colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda completar todos los espacios alrededor del refuerzo y permita que la masa fluya en las esquinas y las superficie de los encofrados a fin de lograr una masa homogénea sin una inconveniente como cangrejas, separación de agregados. (Riva López, 1998, p. 131).

Se presenta algunos factores que define la trabajabilidad del concreto:

**Tabla 2:** Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto

Cemento	Agua	Agregado	Aditivos	Dosificación	Medioambiente
Tipo	Cantidad	Forma	Tipo	Relación agua /cemento	Temperatura
Cantidad		Textura			Velocidad de Viento
Finura		Granulometría			
Composición		Tamaño Máximo	Cantidad	Relación gruesos/finos	Humedad Relativa
Calor de Hidratación					

Fuente (Portugal, 2007, p. 196)

### 2.1.4.1.4. Contracción

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. (Rivva López, 1998, p.142).

Se le llama contracción intrínseca cuando la pasta de cemento se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química la cual es un proceso irreversible. (Rivva López, 1998, p.142).

La contracción inherente o contracción por secado, ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla, y es la responsable de los problemas de figuración. (Rivva López, 1998, p.142).



Aunque se recuperaría gran parte de la contracción si se repone el agua perdida por secado, en muchos casos esta figuración es inevitable por lo que solo resta prevenirla y orientarla. (Rivva López, 1998, p.142).

#### **2.1.4.1.5. Tiempo de Fragua**

Es el periodo que necesita una mezcla para obtener dureza. Es importante, que el fraguado no sea muy rápido ni lento, ya que si fuese muy lento esto originaría retrasos para el uso de la estructura. En cambio si fuese muy rápido, el tiempo sería insuficiente para colocar el concreto antes que obtenga la rigidez necesaria.

Según el método de las agujas de penetración NTP 339.082 (ASTM C403), se distinguen tres etapas principales:

✓ **Tiempo anterior al fraguado**

El concreto se manifiesta como una mezcla relativamente blanda y moldeable.

✓ **Tiempo de fraguado inicial**

Es el tiempo que transcurre a partir del momento del contacto inicial del cemento con el agua, hasta que el mortero presenta una resistencia a la penetración de 500 lb/pulg<sup>2</sup> (35 kg/cm<sup>2</sup>).

✓ **Tiempo de fraguado final**

Es el tiempo que transcurre, a partir del momento que el cemento entra en contacto con el agua, hasta que el mortero presenta una resistencia a la penetración de 4000 lb/pulg<sup>2</sup> (280 kg/cm<sup>2</sup>). Al concreto debe dársele el curado adecuado para que el concreto satisfaga los requisitos de resistencia y durabilidad.



#### **2.1.4.1.6. Contenido de Aire**

Según la NTP 339.083 la burbuja de aire se encuentra específicamente en los poros no saturables de los agregados y entre los componentes del concreto. Es atrapado durante el mezclado y se le conoce como aire atrapado o aire natural o al ser intencionalmente incorporado por el uso de algún tipo de aditivo. Generalmente ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla

#### **2.1.4.1.7. Temperatura**

La temperatura en el concreto es influenciada por la temperatura y calor específico de los componentes, también el calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente.

La temperatura medida representa la temperatura en el momento de la prueba y no puede ser una indicación de la temperatura del concreto posteriormente.

### **2.1.4.2. Concreto endurecido**

#### **2.1.4.2.1. Elasticidad**

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

Es la capacidad que tiene el concreto de deformarse bajo solicitaciones (carga), pero no siendo permanente esta deformación.

El concreto no tiene un comportamiento lineal en la función carga vs deformación a compresión, por eso no es un material elástico por excelencia. Sin embargo, se le define el “Módulo de elasticidad Elástico” del concreto mediante una línea recta tangente en la parte inicial del diagrama carga vs deformación. (Rivva López, 1998, p.144)

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 Kg/cm<sup>2</sup> y están en relación directa con la resistencia en compresión del



concreto y en relación inversa con la relación agua/cemento. (Rivva López, 1998, p.144).

Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de Elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. La norma que establece como determinar el Modulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C469. (Rivva López, 1998, p.144).

#### **2.1.4.2.2. Extensibilidad**

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. (Rivva López, 1998, p.145).

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria. (Rivva López, 1998, p.145).

#### **2.1.4.2.3. Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.

Es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta”.

El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>) o en megapascuales (MPa).

#### **✓ Importancia**



Es importantes realizar las pruebas a la resistencia a la compresión para verificar la mezcla de concreto y posteriormente que cumpla con los requerimientos de resistencia especificadas por el proyecto.

También, utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto, estimar la resistencia en elementos estructurales las cuales permitan definir la programación de los procesos constructivos en la ejecución de una obra (remoción de encofrados, puntales, etc.).

✓ **Equipo**

La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s ( $35 \pm 7$ psi/s). La velocidad escogida se debe mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro. 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. (MTC, 2016, p. 789)

✓ **Número de especímenes**

Normalmente el método de ensayo brinda las pautas para el número de especímenes. Usualmente tres o más especímenes deberán ser moldeados para cada edad y condiciones de prueba. Las edades de





## “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”

ensayo generalmente son 7 días y 28 días para la resistencia a la compresión, (NTP 339.183, 2013, p. 11)

### ✓ Procedimiento

Después de que las probetas de concreto hayan curado, son retiradas y asimismo se deberán ensayar en condición húmeda. Se espera un momento prudencial para que oree.

Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:

Tabla 3: Edad de ensayo

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0,25 o 2,1%
24 horas	± 0,5 horas o 2,1 %
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ó 2,2%

**Fuente:** Manual de ensayo de materiales – MTC, 2016, p. 794

Se colocó el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.

Se limpió con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se colocó el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alineó cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se tuvo que rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida.



Antes de ensayar el espécimen se debió verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero. (Manual de ensayo de materiales – MTC, 2016, p. 795)

✓ **Resistencia esperada**

Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su resistencia en el tiempo dependiendo de las condiciones de intercambio de humedad con el ambiente, por ello las condiciones de humedad durante el curado afectan fuertemente la resistencia.

En esta figura, se muestra la influencia de las condiciones y tiempo de curado en la resistencia del concreto. Las diferencias en la resistencia por el efecto del curado son notables entre los concretos curados al aire (curva inferior) y los curados por vía húmeda.

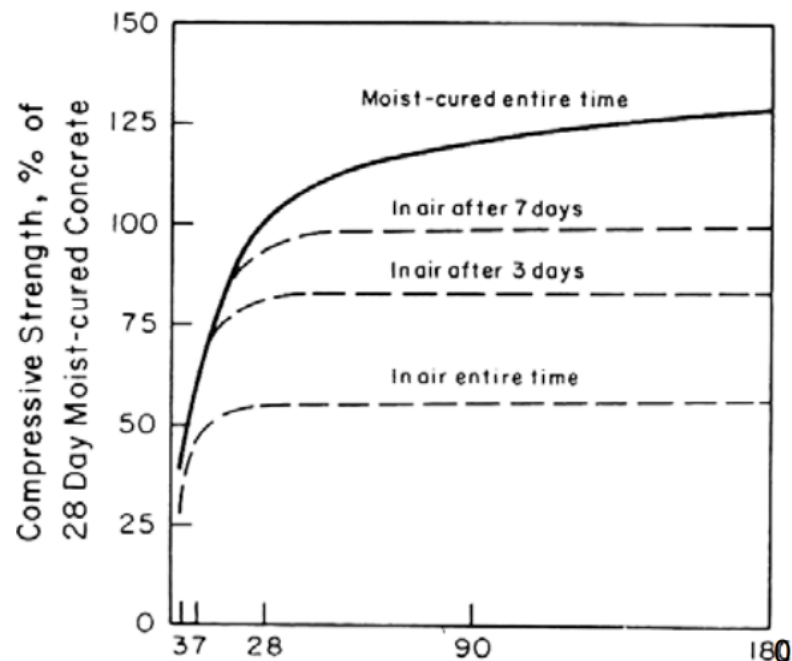


Figura 3: Influencia de las condiciones de curado en la resistencia.

Fuente (Pasquel Carbajal, 1998, p. 71)



# “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

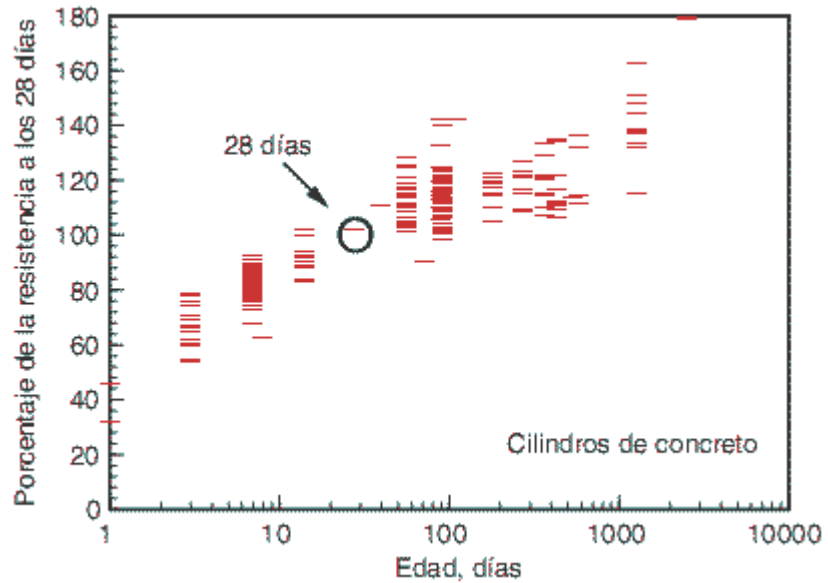


Figura 4: Desarrollo de la resistencia a compresión de varios concretos, expreso como porcentaje de la resistencia los 28 días

**Fuente** (Lange 1994).

La resistencia esperada para los 7, 14, 28 días de acuerdo a los gráficos mostrados serían

Tabla 4: días de curado y porcentaje

1 días	16%
3 días	40%
7 días	65%
14 días	90%
28 días	100%

**Fuente:** (elaboración propia)

Cuando se realizan los ensayos, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última. Se tiene posibles fallas que puede ocurrir durante el ensayo:

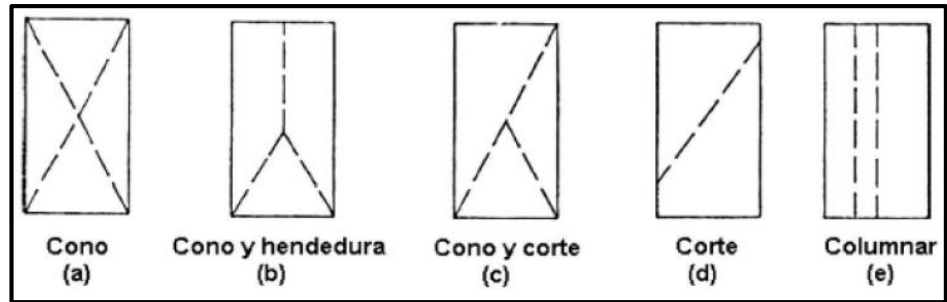


Figura 5: Esquema de rotura de fallas

Fuente (Manual de ensayo de materiales – MTC, 2016, p. 795)

#### 2.1.4.2.4. Resistencia a la Flexión

Según (National Ready Mixed Concrete Association - NRMCA, 2016), la resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla.

El esfuerzo que provoca la flexión denominada momento flector.

En las siguientes figuras, se muestran los diferentes tipos de ensayos a flexión para una viga.



✓ **Cargas en los puntos tercios.**

La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.

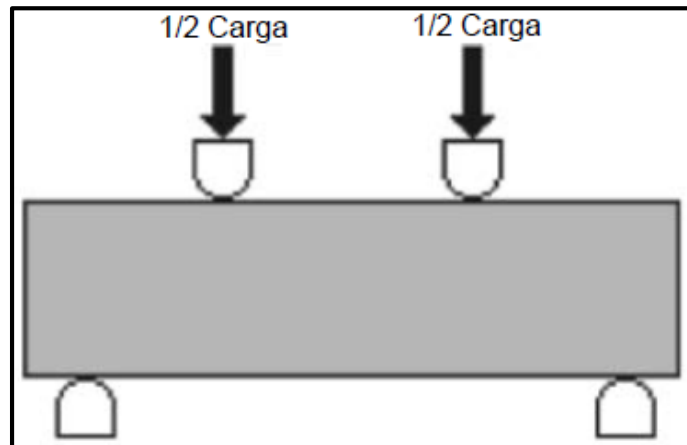


Figura 6: Cargas en los puntos tercios

**Fuente:** (National Ready Mixed Concrete Association - NRMCA, 2016),

✓ **Carga en el punto medio.**

Toda la carga se aplica en el centro de la luz. El módulo de rotura será mayor que en caso de la carga en los puntos tercios. La tensión máxima solo en el centro de la viga.

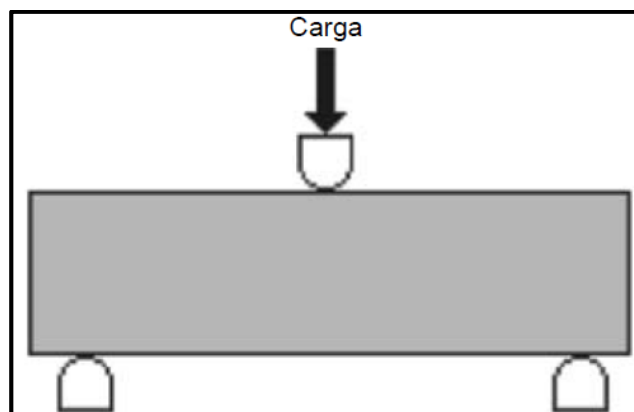


Figura 7: Cargas en el punto medio

**Fuente:** (National Ready Mixed Concrete Association - NRMCA, 2016),



✓ **Equipo de ensayo**

Debe estar acorde con el apéndice "Bases de verificación, correcciones e intervalos de tiempo entre verificaciones" de la norma MTC E 709. Las máquinas de ensayo operadas a mano, que tengan bombas que no suministren una carga continua hasta la falla en un recorrido, no serán permitidas. Las bombas mecánicas u operadas manualmente con desplazamiento positivo que tengan un volumen suficiente en una carrera continua para completar el ensayo sin requerir recarga se permitirán, siempre que sean capaces de aplicar las cargas a una rata uniforme sin choques o interrupciones. ( MTC, 2016, p. 828)

Todos los aparatos para realizar el ensayo de resistencia a la flexión por el método de carga en el punto central, serán similares al de la Figura 08 y deberán mantener la longitud de luz libre y la posición del bloque central de carga con respecto a los bloques de soporte constante, con una tolerancia de  $\pm 1,3$  mm ( $\pm 0,05$  pulg). ( MTC, 2016, p. 828)

Las reacciones deben ser paralelas a la dirección de la carga aplicada en todo momento durante el ensayo, y la relación de la distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y la reacción más cercana a la altura de la viga, deberá ser de  $1,5 \pm 2\%$ . ( MTC, 2016, p. 828)

Los bloques de aplicación de carga y de soporte no deben tener una altura superior a 64 mm (2,5 pulg), medidos desde el centro ó el eje

del pivote, y se deben extender al menos a través del ancho completo del espécimen. (MTC, 2016, p. 828)

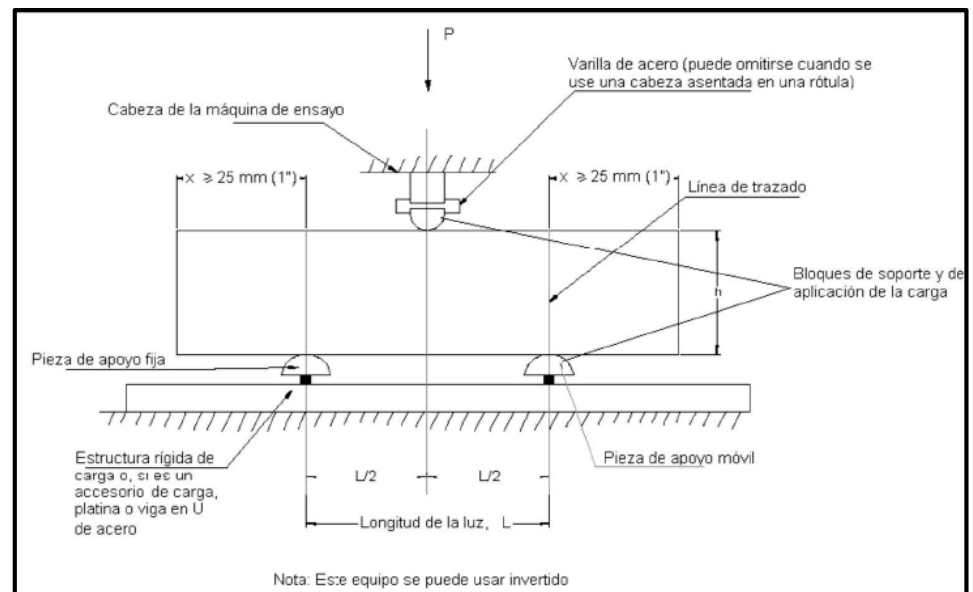


Figura 8: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz.

Fuente: MTC, 2016.

#### ✓ **Especímenes**

Las vigas para ensayos a la flexión y los prismas para ensayos de congelamiento y deshielo, adherencia, cambio de longitud, cambio de volumen, etc., serán moldeados con sus ejes mayores horizontales, a menos que se requiera de otra manera para un determinado método de ensayo en particular, y deberán cumplir con las dimensiones establecidas en dicho método. (NTP. 339.183, 2013, p. 10)

El espécimen debe tener una luz libre de tres veces la altura, con una tolerancia del 2%. Los lados del espécimen deben formar ángulos rectos con la cara superior e inferior. Todas las superficies deben ser suaves y libres de costras, indentaciones, huecos o inscripciones de identificación. (MTC, 2016, p. 831)



Usualmente tres o más especímenes deberán ser moldeados para cada edad y condiciones de prueba a menos que se especifique lo contrario.

Las edades de ensayo generalmente son 14 y 28 días para la resistencia a la flexión. (NTP. 339.183, 2013, p. 11)

✓ **Procedimiento**

Se gira la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y se centra sobre los bloques de carga. Se centra el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Se ponen los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios, entre los soportes y se aplica una carga entre el 3% y el 6% de la carga última estimada. Utilizando calibradores de lámina normalizados de 0,1 mm (0,004 pulg) y de 0,38mm (0,015 pulg), se determina si en una longitud de 25 mm (1 pulg) o más larga, se presenta un vacío entre la muestra y la superficie del bloque, mayor o menor al espesor de los calibradores. Se pulen o refrentan las superficies de contacto de la muestra, o se rellenan con láminas de cuero para eliminar cualquier vacío o separación mayor a 0,1 mm (0,004 pulg). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6,4 mm (0,25 pulg) y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2 pulg), y se deben extender al ancho total de la muestra. Las separaciones mayores de 0,38 mm (0,015 pulg) deberán ser eliminadas solo por refrentado o limado de la superficie. (MTC, 2016, p. 831)

La carga se debe aplicar de manera continua sin sobresaltos, a una tasa que incremente constantemente el esfuerzo de la fibra extrema





entre (0.9 Mpa/min y 1.2 Mpa/min), hasta que ocurra la rotura. (MTC, 2016, p. 832)

Se tiene a continuación la siguiente fórmula, para calcular el módulo de rotura.

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Donde:

R = módulo de rotura, MPa (psi),

P = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, (lbf),

l = longitud de la luz, mm (pulg),

b = ancho promedio del espécimen en el punto de fractura, mm  
(pulg)

d = altura promedio del espécimen, en el punto de fractura mm  
(pulg).

#### **2.1.4.3. La Carbonatación:**

Según el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto(2016), la carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral (figura 1).

¿Por qué es un problema la pérdida de pH?

Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. Esta es la misma



## “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”

---

capa pasivadora que atacan los cloruros cuando alcanzan el acero de refuerzo expuesto a sales descongelantes y ambientes marinos. (Rodríguez, 2015, p.45)

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto (figura 2). Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar. (Revista Construcción y Tecnología, 2016, pag. 9)

Es muy importante identificar la presencia de la carbonatación cuando también hay cloruros en el concreto. En el concreto nuevo que tiene un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero ahogado. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es significativamente menor -100 ppm o menos-. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación. Afortunadamente para los propietarios, especificadores y contratistas, la carbonatación es una condición relativamente sencilla de identificar y diagnosticar. La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación. Después de soplar todo el polvo residual del espécimen o del substrato, se pulveriza una solución de 1 o 2 por ciento de fenolftaleína en alcohol sobre el concreto (figura 3). Las áreas carbonatadas del



concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor de 9 a 9.5 adquirirán un color rosado brillante.<sup>3</sup> Este cambio muy apreciable de color muestra cuán profundamente ha progresado el "frente" de carbonatación dentro del concreto. Existen otros métodos y otros indicadores para detectar la carbonatación, pero éste es, con mucho, el método más fácil y común de detección. (Revista Construcción y Tecnología, 2016, pag. 10)

Las agencias de prueba calificadas realizan estas pruebas rutinariamente como parte de una investigación de la condición en edificios y estructuras de concreto. Además de las pruebas de carbonatación, estas investigaciones de la condición incluyen con frecuencia pruebas de resistencia del concreto, valoraciones de la profundidad del recubrimiento, contenido de cloruro y permeabilidad del concreto. (Revista Construcción y Tecnología, 2016, pag. 10)

#### **2.1.5. DISEÑO DE MEZCLA**

Es un proceso que consiste en la selección de cemento, agregados, agua y aditivos para determinar las cantidades ideales. Esto con el fin de elaborar un concreto con el grado requerido de trabajabilidad, adquiera la resistencia esperada, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia. (Pasquel, 1999, pag. 25)

Se tiene los siguientes pasos para elaborar el diseño de mezcla

##### **2.1.5.1. Pasos para Elaborar el Diseño de Mezcla**

###### **a. Recaudación de información**

- Los materiales.
- Del elemento a vaciar; tamaño y forma de las estructuras.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.



**b. Determinar la resistencia requerido**

Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo.

El comité ACI 318 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia requerida  $f'_{cr}$ .

- **Caso 1**

Si se contarán con datos estadísticos de producción en obra, así como resultados de la rotura de probetas. En este caso, se utilizarán las siguientes fórmulas para calcular el  $f'_{cr}$ .

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34D_s \dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33D_s - 35 \dots (2)$$

Donde:

$f'_{c}$  : Resistencia a la compresión especificada (Kg/cm<sup>2</sup>)

$f'_{cr}$  : Resistencia a la compresión requerida (Kg/cm<sup>2</sup>)

$D_s$  : Desviación estándar en obra (Kg/cm<sup>2</sup>)

De ambos resultados se escogerá el mayor valor, siendo este el  $f'_{cr}$  requerido con el cual vamos a diseñar.

- **Caso 2**

Cuando no contamos con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados).

En este caso se utilizarán las fórmulas anteriores, donde al valor de  $D_s$  se amplificará por un factor de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5: Incremento de valores de desviación standard cuando se tienen menos de 30 ensayos



# “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

No DE ENSAYOS	FACTOR DE INCREMENTO
Menos de 15	Usar Tabla 8.6
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.00

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto, Pasquel. E, p. 164.

Entonces para calcular el  $f'_{cr}$  tendremos:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34(\alpha D_s)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33(\alpha D_s) - 35$$

Donde:  $\alpha$  = factor de amplificación

- **Caso 3**

Contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico. Para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar el  $f'_{cr}$ .

Tabla 6:  $f'_{cr}$  aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación standard.

$f'_{cr}$ ESPECIFICADO	$f'_{cr}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Mayor de 350	$f'_c + 98$

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto, Pasquel. E, p. 164.

c. Selección del Tamaño Máximo Nominal

El TNM del agregado grueso no deberá ser mayor de uno de estos puntos:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.
- 1/3 del peralte de las losas.

### d. Selección de asentamiento.

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla N° 07.

Tabla 7: Consistencia y Asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" - 2"
Plástica	3" - 4"
Fluída	≥ 5"

*Fuente: ACI-211*

### e. Determinación del contenido de Aire

El porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 8: Contenido de Aire Atrapado

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

*Fuente: ACI-211*

### f. Determinación del volumen de agua

La cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se requiere para producir un asentamiento dado, depende del tamaño máximo de agregado, de la forma de las partículas y gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido.



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

La tabla 09 proporciona estimaciones de la cantidad de agua requerida en la mezcla de concreto en función del tamaño máximo de agregado y del asentamiento con aire incluido y sin él.

Tabla 9: Volumen de agua por m<sup>3</sup>

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

Fuente: ACI-211

g. Selección de relación agua-cemento (a/c)

La relación a/c requerida se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación a/c, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaran realmente. La tabla 10 muestran los valores límites para cemento tipo I o cementos comunes.

Tabla 10: Relación Agua/Cemento

f <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: ACI-211

h. Cálculo del cemento.

Se obtiene dividiendo los valores hallados en los pasos f y g.



## “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”

---

i. Cálculo del peso de agregados.

Está en función del método de diseño específico a emplear o basado puntualmente en alguna teoría de combinación de agregados.

j. Presentar el diseño de mezcla en condiciones secas.

k. Corrección por humedad del diseño de mezcla en estado seco

Se debe tener en cuenta la humedad de los agregados para pesarlos correctamente.

Por lo general, los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, tanto absorbida como superficial.

l. Cálculo del agua efectiva.

El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción.

m. Presentar el diseño de mezcla en condiciones húmedas.

n. Realizar los ajustes a las mezclas de pruebas

### **2.1.6. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO.**

La resistencia del concreto ( $f^c$ ) obtenidas, representa la resistencia en compresión potencial probabilística del concreto en una estructura antes que la resistencia in-situ, siempre que la obtención, curado y ensayo de los testigos se realice bajo las condiciones estandarizadas. (Pasquel Carbajal, 1998, p.146).

Ensayo de resistencia en compresión = Promedio de ensayo de 2 Probetas obtenidas de una misma muestra de concreto y que han sido curadas bajo condiciones controladas a 28 días

#### **A. Distribución Normal.**





## “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”

El comportamiento de la resistencia del concreto a compresión se ajusta a la Distribución Normal (Campana de Gauss), cuya expresión matemática es:

$$Y = \frac{1}{D_s \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{X - X_{PROM}}{D_s} \right)^2}$$

Donde:

DS = Desviación Estándar

X<sub>PROM</sub> = Resistencia Promedio

X = Resistencia de ensayo

e = 2.71828

π = 3.14159

### B. Desviación Estándar.

Este parámetro nos indica el grado de dispersión existente entre la resistencia a compresión para un determinado f'c

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum (X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Ds = Desviación Estándar

X<sub>prom</sub> = Resistencia Promedio

X = Resistencia individual

n = Número de ensayos

Este parámetro nos indica el grado de dispersión existente entre la resistencia a compresión para un determinado f'c

### C. Coeficiente de Variación

Este parámetro no permite predecir la variabilidad existente entre los ensayos de resistencia.

$$V = \frac{D_s}{X_{PROM}} \times 100$$

DS = Desviación Estándar

X<sub>PROM</sub> = Resistencia Promedio



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

El nivel de resistencia de una determinada clase de concreto se considerará satisfactoria si se cumplen los siguientes requisitos:

1. El promedio de todos los grupos de 3 ensayos de resistencia en compresión consecutivos sea  $\geq f'c$ .

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

2. Ningún ensayo de resistencia debe ser menor que  $f'c$  en más de 35 Kg/cm<sup>2</sup>

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

Las fórmulas anteriores sólo son válidas si:

- a. Se disponen de resultados de al menos 30 ensayos consecutivos de un tipo de concreto.
- b. Las resistencias obtenidas al ensayar los cilindros no varíen en más de 70 Kg/cm<sup>2</sup> con el  $f'c$  especificado.

Cuando no se disponga de al menos 30 ensayos el ACI recomienda que al valor  $D_s$  que se calcule deberá incrementarse de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 11: Incremento de valores de desviación Estándar para menores a 30 ensayos

Nº Ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Ver Tabla cuando no se conoce el $D_s$
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 ó más	1.00

Fuente: Topico de tecnología del Concreto – Pasquel Carbajal

## 2.2. CEMENTO

### 2.2.1. Definición

Se define al cemento como materiales pulverizados que, convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones



de hidrólisis e hidratación de sus componentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables tanto al aire como bajo agua.

### **2.2.2. Antecedentes Históricos**

Desde la antigüedad, los romanos utilizaron los ladrillos quebrados como agregados, los cuales eran embutidos en una mezcla de cal con polvo del ladrillo o ceniza volcánica, de esta forma se construyeron un sin fin de estructuras como caminos, acueductos, palacios, etc.

Se sabe también que se utilizaron losas de concreto en muchas de sus estructuras públicas grandes como el Coliseo y el Partenón. Para lograr concretos de peso ligero, los romanos utilizaron recipientes de barro que eran embebidos en la estructura generando vacíos en las paredes. Y logrando así su propósito.

En 1824, el inglés J. Aspin, elaboró y patentó un producto similar al cemento, obtenido mediante la cocción de una mezcla de calcáreos y arcilla finamente molida. Este ligante permitió confeccionar un hormigón similar al obtenido con la piedra Pórtland (calcáreo muy resistente de la isla de Pórtland) comúnmente utilizado en Inglaterra para la construcción. De aquí la denominación “Cemento Pórtland”.

### **2.2.3. Proceso de Fabricación**

La fabricación del cemento es una actividad industrial del procesado de minerales que se divide en 3 etapas básicas:

- ✓ Obtención de las materias primas (materiales calcáreos y arcillas principalmente), para conseguir la composición deseada de óxidos reactivos al agua en la producción del clinker.
- ✓ Molienda y cocción de las materias primas, se realiza con equipos mecánicos rotatorios que reducen el tamaño de las partículas de materias para que las



reacciones químicas de cocción en el horno, puedan realizarse de forma adecuada.

El material obtenido debe ser homogeneizado para garantizar la calidad del producto final de la cocción o clinker y la correcta operación del horno.

- ✓ Molienda del cemento, con equipos mecánicos, sometiendo la mezcla de materiales a impactos de cuerpos metálicos o fuerzas de compresión elevadas, junto con la molienda conjunta del clinker, yeso (en proporciones bajas, su función es de retardador de fraguado) y otros materiales denominados “adiciones” (que son los que dan características especiales a los cementos) termina la fabricación del cemento. El grado de finura de molido da las características resistentes, así, a mayor finura de molido aumenta la clase resistente.
- ✓ Almacenamiento, en silos para servir ensacado o a granel.

#### **2.2.4. Cemento natural**

El cemento natural es definido en la NORMA ASTM C 219 como “un cemento hidráulico que se produce calcinando piedra caliza arcillosa de origen natural a una temperatura inferior a la de sinterización y molienda posterior hasta convertirla en un polvo fino”

#### **2.2.5. Cemento Portland**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$



## “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”

---

El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

### 2.2.5.1. Clinker Pórtland

Son productos semiacabados de forma de piedras negruzcas con tamaños de  $\frac{3}{4}$ ” aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a 1450 °C. (Rodríguez, 2015, P.55)

Está compuesto químicamente por Silicatos de calcio, aluminatos de calcio, ferro aluminatos de calcio y otros en pequeñas cantidades, los cuales se forman por la combinación del Óxido de Calcio (CaO) con los otros óxidos: dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

El Clinker Pórtland se enfría rápidamente y se almacena en canchas al aire libre.

### 2.2.5.2. Materia Prima

Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Pórtland son:

- ✓ Materiales calcáreos: Deben contener carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) con un rango de 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesia. Las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.
- ✓ Materiales arcillosos: Deben contener sílice en cantidad entre 20% y 35%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas en general.



- ✓ Minerales de fierro: Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
- ✓ Yeso: Aporta el sulfato de calcio.

### 2.2.5.3. Tipos Cemento Pórtland

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los seis tipos de cementos Portland que se indican a continuación:

- ✓ Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo. Se emplea en todas aquellas obras para las cuales no se desea una protección especial, o las condiciones de trabajo de la obra no involucran condiciones climáticas severas ni el contacto con sustancias perjudiciales como los sulfatos.
- ✓ Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- ✓ Tipo II (MH): Para uso general, y específicamente cuando se desea un moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos. Se emplea en estructuras moderadamente masivas como grandes columnas o muros de concreto muy anchos, con el fin de evitar que el concreto se agriete debido a los cambios térmicos que sufre durante la hidratación.
- ✓ Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- ✓ Tipo IV: Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación. Se emplea en la construcción de estructuras masivas como las presas de concreto, donde se requiere controlar el calor de hidratación a un mínimo con el objeto de evitar el agrietamiento.
- ✓ Tipo V: Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.



La NTP. 334.082 y la ASTM C 1157, especifica acerca del cemento tipo MS.

- ✓ TIPO MS: Es un cemento portland con adiciones de escoria de altos hornos, el cual brinda al concreto un moderado calor de hidratación, moderada resistencia a los sulfatos y otras características.

También es más resistente a la agresión química, Está compuesto por 30% de escoria, 5% yeso y 65% clinker.

Debido a sus propiedades, se compara con el cemento tradicional Tipo III que tiene requisitos físicos similares, excepto el tiempo de fraguado. El Cemento tipo MS es de 420 minutos y para el Cemento Tipo II de 375 minutos.

Es adecuado para estructuras, cimentaciones y pisos.

#### **2.2.5.4. Propiedades químicas**

Se expresan mediante contenido de óxidos y en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. Asimismo se presentan en menos cantidades otros oxidados como la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos propiedades químicas de los tipos de cemento más comerciales I, y IP.

Tabla 12: Propiedades químicas del cemento



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Descripción	Tipo I	Tipo IP
Dióxido de silicio + RL(SiO <sub>2</sub> +Ri)	21,72	36,64
Oxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,97	7,14
Oxido férrico, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	3,41	3,00
Oxido de calcio, CaO%	64,90	44,75
Oxido de Magnesio, MgO%	2,21	1,75
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub> ,%	2,04	1,75
Perdida de calcinación, PF.%	0,59	1,41
Residuo insoluble, R.I.,%	0,70	-
Cal Libre	0,90	-

Fuente: Cementos Yura S.A

Según la NTP 339.009, indica que cada uno de los tipos de cemento Portland mencionados anteriormente debe cumplir los respectivos requisitos químicos prescritos en la Tabla 12. Los requisitos químicos opcionales se indican en la Tabla 13.

Tabla 13: Requisitos químicos

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPO DE CEMENTO <sup>A</sup>					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Oxido de aluminio, (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), máx. %	NTP 334.086	-	6,0	6,0	-	-	-
Oxido férrico, (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), máx. %		-	6,0 <sup>B</sup>	6,0 <sup>B,C</sup>	-	6,5	-
Oxido de magnesio, (MgO), máx. %		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de azufre, (SO <sub>3</sub> ), <sup>D</sup> máx. %							
Cuando (C <sub>3</sub> A) <sup>E</sup> es 8% o menos Cuando (C <sub>3</sub> A) <sup>E</sup> es más del 8%		3,0 3,5	3,0 <sup>F</sup>	3,0 <sup>F</sup>	3,5 4,5	2,3 <sup>F</sup>	2,3 <sup>F</sup>
Pérdida por ignición, máx. %	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0	
Residuo insoluble, máx. %	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
Silicato tricálcico, (C <sub>3</sub> S) <sup>E</sup> , máx. %	Véase Anexo A1	-	-	-	-	35 <sup>C</sup>	-
Silicato dicálcico, (C <sub>2</sub> S) <sup>E</sup> , mín.%		-	-	-	-	40 <sup>C</sup>	-
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A) <sup>E</sup> , máx. %		-	8	8	15	7 <sup>C</sup>	5 <sup>B</sup>
Suma de C <sub>3</sub> S + 4,75C <sub>3</sub> A <sup>G</sup> , max. %		-	-	100 <sup>C,H</sup>	-	-	-
Alumino-ferrito tetracálcico, más dos veces el aluminato tricálcico (C <sub>4</sub> AF+2(C <sub>3</sub> A)), ó solución sólida, (C <sub>4</sub> AF + C <sub>2</sub> F), como sea aplicable, máx. %		-	-	-	-	-	25 <sup>B</sup>

Fuente: NTP 339.004-2016





**“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”**

Tabla 14: Requisitos químicos

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPOS DE CEMENTO						OBSERVACIONES
		I	II	II(MH)	III	IV	V	
Aluminato tricálcico, $(C_3A)^B$ , máx. %	Véase Anexo A1	-	-	-	8	-	-	Para moderada resistencia a los sulfatos Para alta resistencia a los sulfatos
Aluminato tricálcico, $(C_3A)^B$ , máx. %	Véase Anexo A1	-	-	-	5	-	-	
Álcalis equivalentes, $(Na_2O + 0,658K_2O)$ , máx. %	NTP 334.086	0,60 <sup>C</sup>	0,60 <sup>C</sup>	0,60 <sup>C</sup>	0,60 <sup>C</sup>	0,60 <sup>C</sup>	0,60 <sup>C</sup>	Cemento de bajo contenido de álcali

**Fuente:** NTP 339.004-2016

**2.2.5.5. Propiedades Físicas**

Según la NTP 339.009, indica que cada uno de los tipos de cemento Portland mencionados anteriormente debe cumplir los respectivos requisitos físicos prescritos en la Tabla 14.



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Tabla 15: Requisitos físicos

REQUISITOS	Método de ensayo NTP	TIPO DE CEMENTO <sup>A</sup>					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Contenido de aire del mortero <sup>B</sup> volumen %: Máx. Mín.	334.048	12 -	12 -	12 -	12 -	12 -	12 -
Finura, <sup>C</sup> Superficie Especifica, (m <sup>2</sup> /kg) (Métodos alternativos): Ensayo de Turbidímetro Mín. Máx.	334.072	150 -	150 -	150 245 <sup>D</sup>	- -	150 245	150 -
Ensayo de Permeabilidad al aire Mín. Máx.	334.002	260 -	260 -	260 430 <sup>D</sup>	- -	260 430	260 -
Expansión en autoclave, Máx., %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación: Resistencia a la compresión, MPa	334.051						
1 día		-	-	-	12,0	-	-
3 días		12,0	10,0	10,0 7,0 <sup>F</sup>	24,0	-	8,0
7 días		19,0	17,0	17,0 12,0 <sup>F</sup>	-	7,0	15,0
28 días		-	-	-	-	17,0	21,0
Tiempo de fraguado Ensayo de Vicat <sup>G</sup> , minutos Tiempo de fraguado: no menor que: Tiempo de fraguado: no mayor que:	334.006	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375

Fuente: NTP 339.004-2016



Tabla 16: Propiedades mecánicas y físicas del cemento Tipo I

Descripción	ASTM C-150	Yura I	Unidad
Peso específico	No específica	3,11	gr/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión			
A 1 día	No específica	155,20	kg/m <sup>2</sup>
A 3 días	127 mínimo	248,16	kg/m <sup>2</sup>
A 7 días	197 mínimo	316,74	kg/m <sup>2</sup>
A 28 días	246 mínimo	391,96	kg/m <sup>2</sup>
Superficie específica	No específica	3260,00	m <sup>2</sup> /kg
Fraguado Vicat Inicial	45 mínimo	120,00	Minutos
Fraguado Vicat Final	7 máximo	4,00	Horas
Finura Malla #325	No específica	16,10	%
Finura Malla #200	No específica	0,50	%
Contenido de aire el mortero	12 máximo	4,46	%

Fuente: Cementos Yura S.A

### 2.3. AGREGADOS

Según la NTP 400.037, son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas en límites que da la norma. Se les llama también áridos

Otro autor, lo define como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos. Ocupan alrededor de las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total y tienen una importancia primordial en el producto final. (Pasquel Carbajal, 1998, p.69)

Llamarlo inerte al agregado es relativo, ya que afecta con gran notoriedad al producto resultante, a pesar de que no interviene directamente en las reacciones químicas entre el agua y el cemento para producir la pasta. Siendo tan fundamental para el logro de ciertas propiedades resistentes, durabilidad, etc.



### 2.3.1. Agregado Fino

Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 74  $\mu\text{m}$  (N° 200); deberá cumplir con los límites establecidos en la presente norma NTP 400.037

#### Requisito

- ✓ El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras compactas y resistentes. El agregado fino debe ser libre de cantidades perjudiciales del polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. NTP 400.037
- ✓ La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
- ✓ El agregado fino deberá tener la gradación según los límites de la Tabla 16:

Tabla 17: Gradación según los límites

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 $\mu\text{m}$ (No. 30)	25 a 60
300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	05 a 30
150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	0 a 10

FUENTE: NTP 400.037



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- ✓ El agregado fino no tendrá más de 45 % entre dos mallas consecutivas de las que se muestra en el apartado 5.1 y su módulo de fineza no será menor de 2,3 ni mayor de 3,1. (NTP 400.037, 2018, P.8)
- ✓ Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes. (NTP 400.037, 2018, P.8)
- ✓ En una cantera determinada el módulo de fineza base no debe variar en más de 0,20, siendo éste el valor típico de la cantera. La aprobación de un cambio en el módulo de fineza deberá ser a satisfacción de las partes. (NTP 400.037, 2018, P.8)
- ✓ El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los agregados sujetos a la prueba de impurezas orgánicas que produzcan un color más oscuro que el estándar deberán ser desechados. (NTP 400.037, 2018, P.8)
- ✓ El uso de un agregado fino que no cumpla con esta prueba será permitido, si se comprueba que la coloración es debida principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares. (NTP 400.037, 2018, P.8)

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

- Lentes de arcilla y partículas desmenuzables.....3%
- Material más fino que la malla N°200
- Concreto sujetos a abrasión.....3%
- Otros concretos.....5%



Carbón:

- Cuando la apariencia superficial del concreto es impórtate....0,5%
- Otros concretos.....1%

(Pasquel Carbajal, 1998, p.76) NTP. 400.037

### 2.3.2. Agregado Grueso

Según NTP 400.037, el agregado grueso consistirá en grava, piedra chancada, concreto reciclado, o la combinación de ellos, conforme a los requisitos de esta norma.

El agregado grueso debe ser limpio, angulosas, compactas, duras, textura rugosa, resistentes; además debe ser estables químicamente y estar libres de sustancias dañinas como tierra, polvo, limo, humus, etc.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la Norma ITINTEC 400.037 o en la Norma ASTM C 33, los cuales está en la tabla 17.

Requisitos granulométricos según NTP. 400.037



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Tabla 18: Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	
9 <sup>A</sup>	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

Fuente: NTP. 400.037



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Es recomendable tener en consideración lo siguiente:

- ✓ La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- ✓ La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4”.
- ✓ El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:
  - Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
  - Un tercio del peralte de las losas.
  - Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo; paquetes de barras; torones; o ductos de preesfuerzo.
- ✓ El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

Tabla 19: Porcentajes máximos de la muestra

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (máx.)
Terrones de arcilla y partículas friables	5,0
Material más fino que la malla normalizada 75 $\mu\text{m}$ (No. 200):	1,0 <sup>A</sup>
Horsteno (menos de 2,40 de densidad)	5,0 <sup>B</sup>
Carbón y lignito:  Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante.	0,5
Otros concretos	1,0

<sup>A</sup> Este porcentaje podrá ser aumentado a 1,5 % si el material está esencialmente libre de limos y arcillas.

<sup>B</sup> Sólo en casos de intemperización moderada (concreto en servicio a la intemperie continuamente expuesto a congelación y deshielo en presencia de humedad)

Fuente: NTP. 400.037





## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Se permitirá el uso de agregado grueso que no cumpla con los límites establecidos en la Tabla 18, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

### 2.3.3. Características

#### 2.3.3.1. Peso Específico

Se expresa también como densidad, y es importante cuando se requiere que tenga un peso límite el concreto. De un agregado con un peso específico alto, se espera un buen comportamiento y ocurre lo opuesto cuando se tiene valores bajos. De ser el caso se requiere ensayos adicionales

Expresándolo matemáticamente, es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Según (Rivva Lopez, 2000), el valor de peso específico para agregados normales oscila entre 2.6 y 3 kg/m<sup>3</sup>.

La norma ASTM C 128 considera tres formas de expresión del peso específico.

- ✓ Peso específico de masa seca; el cual es definido por la Norma ASTM E 12 como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas. (ICG, 2013, P. 45)

$$P. \text{ Esp.} = \frac{W_1}{W_2 - W_3} = \frac{W_1}{V_{\text{ag}} * D_a}$$



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

- ✓ Peso específico de masa saturado superficialmente seco: el cual es definido como el mismo peso específico de masa, excepto que esta incluye el agua en los poros permeables. (ICG, 2013, P. 45)

$$P. \text{ Esp. s.s.s} = \frac{W_2}{W_2 - W_3} = \frac{W_2}{V_{ag} * D_a}$$

- ✓ Peso específico aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable. (ICG, 2013, P. 45).

$$P. \text{ Esp. A.} = \frac{W_1}{W_1 - W_3} = \frac{W_1}{V_s * D_a}$$

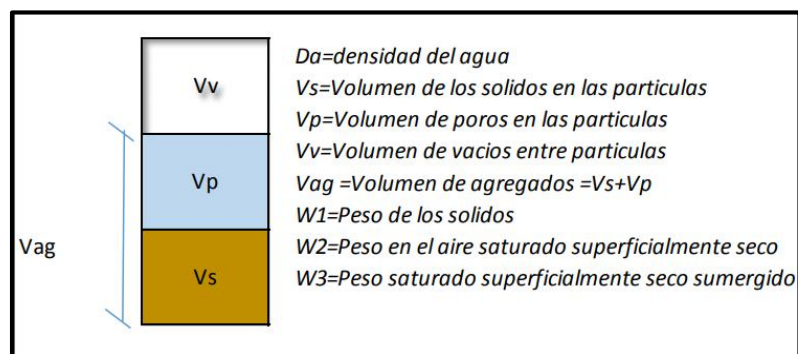


Figura 9: Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado seco al horno. (Pasquel, 1998)

### 2.3.3.2. Peso Unitario

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, o que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. (ICG, 2013, P. 75)

El peso unitario está influenciado por:



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- Su gravedad específica.
- Su granulometría
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad
- Su grado de compactación de masa.

El procedimiento para la determinación del peso unitario suelto y compactado se encuentra en la norma NTP 400.017. El peso unitario suelto se emplea para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen; por otro lado, el valor obtenido para el peso unitario compactado, es el que se emplea en algunos métodos de diseños de mezclas para estimar las proporciones. La expresión matemática es la siguiente:

$$\text{Peso Unitario} = \text{Peso Seco} / \text{Volumen Total}$$

### 2.3.3.3. Humedad

Es la cantidad de agua que poseen los agregados y es importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, y por tal razón se debe tomar en cuenta en paralelo la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el diseño de mezcla.

La norma NTP 339.185, establece la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad.} = \frac{\text{Peso orig.muestra} - \text{Pseco}}{\text{Pseco}} * 100 \%$$

El estado de humedad de un agregado puede estar comprendido dentro de las cuatro condiciones siguientes:



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

- Seco, que es aquella donde toda la humedad, ha desaparecido, generalmente por calentamiento a 100C.
- Semi seco, o secado al ambiente, es aquel que tiene una humedad interna en los agregados
- Saturado superficialmente seco,(sss) que es aquella condición en la que no hay humedad libre o superficial sobre las partículas, pero todos los poros dentro de ellas están llenos de agua.
- Saturado o húmedo (agua libre), es aquel donde el agregado se encuentra saturado y con agua libre o superficial sobre las partículas.



Figura 10: Condiciones de humedad de los agregados.

Fuente: (Kosmatka, 2004.)

### 2.3.3.4. Absorción

Es una propiedad de los agregados de copar los vacíos internamente con agua, y es denominada este fenómeno como capilaridad. Aunque no todos los poros están llenos de agua, ya que siempre queda aire atrapado

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla afectando la relación agua/cemento que es el factor determinante en la resistencia y trabajabilidad del concreto.



## “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”

---

Las normas NTP 400.021 y NTP 400.022 establecen la siguiente fórmula para su determinación:

$$\% \text{ Absorción.} = \frac{\text{Peso S.S.S} - \text{Pseco}}{\text{Pseco}}$$

### 2.3.3.5. Contenido de Vacíos

Con respecto a la masa de agregado, el término «vacíos» se refiere a los espacios no ocupados entre las partículas de agregado. Puede decirse que este valor es la diferencia entre el volumen bruto o volumen total de la masa de agregado y el espacio realmente ocupado por las partículas. El criterio empleado para obtener la mejor combinación de agregados fino y grueso es que el porcentaje de sólidos sea tan grande como fuere posible. Desde que éste es controlado por la granulometría, perfil y textura superficial de las partículas, tanto el peso unitario como el porcentaje de vacíos del agregado sirven como índices aproximados de la adecuada selección de la granulometría. (Riva López, 2004, P.75).

La norma NTP 400.017 establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso específico masa y peso unitario:

$$\% \text{ Vacíos.} = \frac{P_{em} * D_a - P.U.}{P_{em} * D_a} * 100 \%$$

Donde:

P<sub>em</sub>: peso específico de la masa

D<sub>a</sub>: Densidad del agua

P.U: peso unitario seco



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### 2.3.3.6. Granulometría

Es la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Se obtiene separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas.

El agregado comprende del 65% al 80% del volumen unitario del concreto.

En razón de su importancia en el volumen de la mezcla la granulometría seleccionada para los agregados fino y grueso deberá permitir obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido. (Riva López, 2004, P. 76).

Es importante conocer los siguientes parámetros:

- **Módulo de finura**

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3”; 1 1/2”; 3/4”; 3/8”; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; y N° 100, divididas entre 100.

El módulo de fineza usualmente se determina para el agregado fino, pero el conocimiento del módulo de fineza del agregado grueso es necesario para la aplicación de algunos métodos de proporcionamiento de mezclas.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- **Tamaño máximo**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado.

- **Tamaño máximo nominal**

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado

### 2.4. AGUA

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. Del agua que usa para elaborar el concreto, parte de ellas sirve para el proceso de hidratación del cemento y el resto con el tiempo se evapora; la cual hace que cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del concreto.

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma ITINTEC 334.088 y ser, de preferencia, potable (Rivva López, 2012).



## “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”

Tabla 20 Límite permisible

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ion SO <sub>4</sub> )	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Fuente: NTP.339.088

Está prohibido el empleo de aguas ácidas; calcáreas minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados. (ICG, 2013, P. 57)

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible. Podrá utilizarse aguas naturales no potables, (ICG, 2013, P. 57)

### 2.5. PUZOLANA

Las puzolanas son materiales silíceos o silíceos-aluminosos que poseen poco o ningún valor aglomerante por sí mismos, pero que finamente divididos y en presencia de humedad, reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.



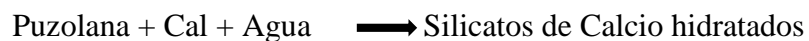


## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Las puzolanas, como material cementante suplementario aportan factores técnicos, económicos y ambientales en la producción del concreto, algunos de los más empleados en la actualidad son las puzolanas artificiales (subproductos contaminantes provenientes de procesos industriales). (Rodríguez, 2015, pag. 73)

Una de las aplicaciones más importantes de las puzolanas es utilizarlas en sustitución parcial en mezclas de concreto, debido a que, en conjunto con el cemento Pórtland contribuyen a mejorar las propiedades del concreto en estado fresco, y endurecido principalmente, debido a sus reacciones puzolánicas. La mayoría de las puzolanas tienen un rasgo en común: contienen sílice reactiva, la cual al combinarse con hidróxido de calcio en presencia de humedad y a temperatura ambiente, forma silicatos de calcio hidratados (S-C-H) similares a los que se forman durante la hidratación del cemento Portland. Básicamente, una reacción puzolánica puede escribirse de la siguiente manera: (Rodríguez, 2015, pag. 74)



### 2.5.1. Clasificación de Puzolana

Los materiales Puzolánicos o adiciones activas de mayor interés en la industria del cemento pueden dividirse en dos grandes grupos: naturales y artificiales (subproductos industriales).

Al primer grupo pertenecen las verdaderas puzolanas y las tobas volcánicas, así como una serie de otros productos naturales, que tienen en común un comportamiento similar frente a la cal.

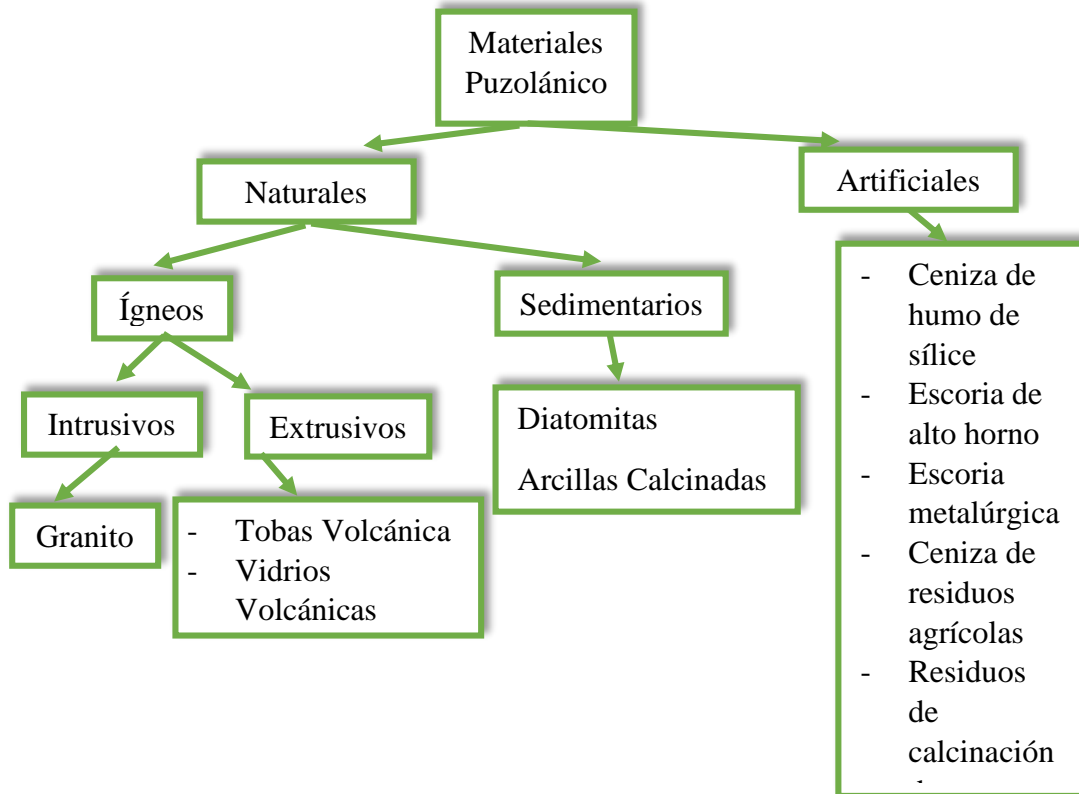
En el segundo grupo, están, principalmente, las escorias de altos hornos, las cenizas volantes y las arcillas calcinadas.



# “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

En el diagrama 1, puede verse una clasificación de dichos materiales.

Diagrama 1: Materiales puzolánico



Fuente: Alvaro Blanco, 2005

## 2.5.1.1. Puzolana Natural

Las puzolanas naturales son productos silíceos, este nombre se debe al alto contenido en silicio y aluminio. Son esencialmente las cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes. El proceso de los materiales puzolánicos naturales incluye usualmente trituración, molienda y clasificación por tamaños, en algunos casos también se realiza una activación térmica, exceptuando las diatomitas todas las puzolanas naturales se derivan de rocas y minerales volcánicos. (Rodríguez, 2015, pag. 79)



## “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”

---

### **2.5.1.2. Puzolana Artificial**

Las puzolanas artificiales son el producto de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como subproductos y materiales tratados térmicamente

Por otra parte, se tienen también las cenizas de la combustión de carbón, la sílice volatilizada (humo de sílice) durante ciertas operaciones metalúrgicas y escorias de alto horno, las cenizas volantes, los residuos de la calcinación de los esquistos y pizarras (arcillas calcinadas), ceniza de bagazo de caña de azúcar entre otros.

. Es por eso que se presenta problemas al momento de almacenarlo, causando problema medioambiental de aquí nace el interés de estudiar su uso en el concreto debido a sus propiedades. (Rodríguez, 2015, pag. 80)

A continuación, se definen algunas puzolanas artificiales

#### **2.5.1.2.1. Microsílice**

Es un subproducto de la reducción del cuarzo de alta pureza con carbón en hornos de arco eléctrico para la producción de silicio o aleaciones de ferrosilicio. El material que es extremadamente fino es colectado por filtración de los gases de escape del horno, en filtros de mangas. El humo de sílice puede ser mezclado con el Clinker de cemento Portland en la cementera, o puede añadirse al concreto. (Rodríguez, 2015, pag. 86)



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### 2.5.1.2.2. Ceniza Volante

Las cenizas volantes o fly ash se definen, como “un polvo fino con partículas principalmente esféricas, cristalinas, originadas por la combustión del carbón pulverizado, la cual tiene propiedades puzolánicas y que está compuesto fundamentalmente de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .”

El contenido de  $\text{SiO}_2$  reactivo, debe ser al menos, 25% en masa. Previamente a su combustión, el carbón se pulveriza mediante molinos. Posteriormente, con o sin combustibles secundarios, se inyecta dentro del horno mediante una corriente de aire caliente a alta velocidad, y estando en suspensión, se quema por encima del punto de fusión de varios minerales, a una temperatura de  $1500 \pm 200^\circ\text{C}$ . (Rodríguez, 2015, pag. 84)

Las reacciones que se originan dependen no solamente de la temperatura, sino también del tipo de carbón, de la finura de molido y de la permanencia en la zona caliente del hogar. La producción de energía eléctrica a partir de centrales termoeléctricas que emplean carbón (antracita pulverizada u otros carbones bituminosos) como combustible origina fundamentalmente dos tipos de residuos: las cenizas volantes y las cenizas de hogar o escorias, cuya principal diferencia es el tamaño de las partículas. Las cenizas volantes constituyen típicamente el 80% del total de ceniza, correspondiendo el 20% restante a cenizas de hogar o de fondo. El total en peso de



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

las cenizas volantes, producidas en centrales térmicas es aproximadamente del 30% de la masa de carbón consumida. Los distintos tipos de carbón y quemadores que se emplean en estos procesos dan lugar a diferentes calidades de ceniza volante, algunas de las cuales, debido especialmente a sus propiedades puzolánicas, han demostrado ser útiles en la fabricación de concreto. (Rodríguez, 2015, pag. 85)

### **2.5.2. Características de la Puzolana**

#### **2.5.2.1. Propiedades Físicas**

Las características de las puzolanas vienen de su granulometría, pero habitualmente son materiales muy finos y de menor densidad que el Clinker Portland.

Las puzolanas son generalmente molidas muy finas y son tanto más eficaces cuanto más rápidamente pueden fijar una fuerte proporción de cal.

La humedad de la puzolana puede variar desde un 3% hasta un 15% en términos promedio dependiendo del lugar, profundidad y de las condiciones climáticas en el momento de ser extraída.

La densidad aparente está comprendida entre 0.8 a 1.4 g/cm<sup>3</sup> y su densidad real puede variar entre 2.30 a 2.80 g/cm<sup>3</sup> lo que significa que tiene una densidad menor que la del cemento Portland.



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Requisitos físicos según Las puzolanas tienen que cumplir con los siguientes requisitos físicos y químicos establecidos por las Normas NTP 334.127 y NTP 334.104.

Tabla 21: Requisitos físicos y químicos establecidos

Requisitos	Clase		
	N	F	C
<b>Fineza:</b> Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 $\mu\text{m}$ (N°325), %máx.	34	34	34
<b>Índice de actividad resistente<sup>A</sup></b>			
Con cemento Portland, a 7 días, %mín. del control	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>
Con cemento Portland, a 28 días, %mín. del control	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>
Demanda de agua, máx., porcentaje del control	115	105	105
<b>Estabilidad: <sup>C</sup></b>			
Expansión o contracción en autoclave, % máx.	0.8	0.8	0.8
<b>Requisitos de uniformidad:</b>			
La densidad y la fineza de muestras individuales no deben variar del promedio establecido por diez ensayos, o por todos los ensayos precedentes, si el número es menor que diez, por más de:			
Densidad, máxima variación del promedio, %	5	5	5
Porcentaje retenido en 45 $\mu\text{m}$ (N°325), variación máx., puntos de porcentaje del promedio	5	5	5

Fuente: NTP 334.104

- ✓ El índice de actividad resistente con cemento Portland no debe ser considerado una medida de la resistencia a la compresión del concreto que contiene la puzolana natural o ceniza volante. La masa de puzolana natural o ceniza volante especificada para el ensayo para determinar el índice de actividad resistente con cemento Portland no debe ser considerada como la proporción recomendada para el concreto a ser empleado en obra, la cantidad óptima de la puzolana natural o ceniza volante para un proyecto específico se determina dependiendo de las propiedades solicitadas del concreto y otros



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

constituyentes del concreto y debe ser establecida mediante ensayo.

El índice de actividad resistente con cemento Portland es una medida de la reactividad con un cemento dado y puede variar dependiendo del origen de la puzolana natural o ceniza volante y del cemento.

Se describe a continuación los procedimientos de los ensayos físicos:

### **2.5.2.1.1. Densidad:**

Esta propiedad será determinada de acuerdo con el procedimiento descrito en la NTP 334.005 o método del ensayo ASTM C 604.

La muestra no requiere preparación, se procesará tal como se recibe a menos que se especifique otra cosa.

Se usará el frasco patrón de Le Chatelier, llenándola de agua, e insertando la muestra de ceniza. La norma acepta hacer este ensayo, tal como se hace con el cemento.

La densidad debe calcularse como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa de Cemento (g)}}{\text{Volumen desplazado (ml)}}$$

### **2.5.2.1.2. Finura, Mediante Tamizado Húmedo con Tamiz**

#### **Normalizado de 45 $\mu\text{m}$ (N° 325)**

De acuerdo con la NTP. 334.045, se determinará la cantidad de muestra retenida en el tamiz normalizado de 45  $\mu\text{m}$  (N° 325), mediante el tamizado húmedo.

Pero antes de eso, de acuerdo a la norma es necesario calibrar el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (N° 325) usando un cemento patrón, preferentemente él se usará para la investigación. Asimismo se



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

hallará el factor de corrección para el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (N° 325) a emplear en la investigación

Hacer el tamiz lavado con 1 000 g sobre el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (N° 325). El factor de corrección del tamiz es la diferencia entre el residuo del ensayo obtenido y el valor del residuo asignado, indicado por la finura de malla del tamiz de lámina electroformada, especificado por la muestra estándar, expresado como un porcentaje del residuo de ensayo.

NOTA 1: Debe observarse que la corrección, según está especificada, es un factor que deberá ser multiplicado por el residuo obtenido y que la cantidad a sumarse o restarse del residuo en cualquier ensayo dado, es, por lo tanto, proporcional a la cantidad del residuo.

$$FC = R_{obs} - R_{cer} \dots (1)$$

Donde:

FC = corrección del tamiz, %.

Std = El valor del residuo certificado para el cemento patrón, %.

Obs = El valor del residuo observado para el cemento patrón, %.

$$C = \frac{FC}{R_{obs}} \dots \dots (2)$$

Donde:

C = Factor de corrección del tamiz, %





## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Calcular la finura del cemento con aproximación al 0,1 %, como sigue:

$$R_c = R_s \times (100 + C) \dots\dots (3)$$

$$F = 100 - R_c \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

F= Finura del cemento expresado como el porcentaje corregido que pasa por el tamiz de 45  $\mu$ m (No. 325).

R<sub>c</sub> = Residuo corregido, en porcentaje (%),

R<sub>s</sub> = Residuo de la muestra retenida sobre el tamiz de 45  $\mu$ m (No. 325), en gramos (g).

C = Factor de corrección del tamiz el cual puede ser positivo o negativo.

### 2.5.2.2. Propiedades Químicas

Cuando a las puzolanas se las muele finamente, son más eficaces ya que más rápidamente pueden fijar la cal del cemento Portland por la sílice y alúmina que contienen (efecto puzolánicos). Esto puede ser acelerado por incremento de la temperatura.

Las puzolanas permiten reducir la expansión de los morteros y concretos, como también las resistencias con un tratamiento térmico a base de vapor saturado.

Requisitos químicos:



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Tabla 22: Requisitos químicos NTP

Composición Química	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ) + Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + Óxido de fierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), % mín.	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), % máx.	4,0	5,0	5,0
Contenido de Humedad, máx.	3,0	3,0	3,0
Pérdida por calcinación, % máx.	10,0	6,0 <sup>A</sup>	6,0

Fuente: NTP 334.104

Tabla 23: Requisitos Químicos ASTM

	BSI <sup>12</sup>	ASTM <sup>7</sup> Class F	ASTM <sup>7</sup> Class C	EN <sup>14</sup>	TSI <sup>13</sup>
Humedad (máx) ( <i>Max. Moisture</i> )	0.5	3	3	-	-
Pérdida por calcinación (máx.) ( <i>Max. LOI</i> )	7.0	12	6	5.0	5.0
Contenido de SO <sub>3</sub> (máx) ( <i>Max SO<sub>3</sub></i> )	2.5	5	5	3.0	3.0
Contenido de MgO (máx) ( <i>Max MgO</i> )	4.0	5	5	-	-
Contenido de álcalis (máx) ( <i>Max álcali</i> )	-	1.5	1.5	-	-
Contenido de SiO <sub>2</sub> (mín) ( <i>Min SiO<sub>2</sub></i> )	-	-	40	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mín)	-	70	50	-	-
Cal libre (máx) ( <i>Max free lime</i> )	-	-	-	1.0-2.5	1.0-2.5
Cl % (máx)	-	-	-	0.1	0.1
Índice actividad Puzolánica % (mínimo) ( <i>PAI min</i> )	-	75	75	75% en 28 días (75% at 28 days) 85% en 90 días (85% at 90 days)	75% en 28 días (75% at 28 days) 85% en 90 días (85% at 90 days)
Finura (%) (retenido máximo en tamiz de 45µm) ( <i>Max fineness (%)</i> ) ( <i>remaining on 45 µm size sieve</i> )	12.5	34	34	40	40
Expansión (máx) ( <i>Max expansion</i> )	-	-	-	10 mm	10 mm

Fuente: ASTM - 7

**2.5.2.2.1. Contenido de Humedad:**

Este ensayo se debe realizar según se especifica en la NTP 334.127. Procedimiento: Se pesa la muestra, y se procede a secarla a una temperatura entre 105 °C a 110°C. Luego se calcula el porcentaje de humedad a una aproximación de 0.1% tal cual se especifica:

$$\text{Contenido de humedad, \%} = (A/B) \times 100 \dots (5)$$

Donde:



## “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”

---

A= Pérdida de masa durante el secado.

B= Masa seca.

### 2.6. CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto industrial, generado del proceso de la elaboración de azúcar y derivados, 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 °C – 800 °C. Las cenizas que se producen bajo estas condiciones son consideradas de buena calidad. (Rodriguez, 2015, pag. 98)

Investigaciones recientes a nivel mundial, demostraron la posibilidad de utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar como un compuesto que se le adiciona al cemento Portland, con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas y químicas del concreto, sustituyendo en un determinado porcentaje el contenido de cemento con ceniza de bagazo de caña de azúcar en morteros y en concretos sin afectar su resistencia (Cadena, 2014, p. 19).

La industria azucarera genera anualmente enormes cantidades de residuos. Entre estos se encuentra la denominada ceniza de bagazo de caña (CBC) que resulta de la combustión de este subproducto y cuya dispersión en el ambiente contamina el aire y afecta la salud humana. En varios estudios se ha demostrado que la CBC presenta un elevado contenido de sílice (SiO<sub>2</sub>) y alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que le dan una buena actividad puzolánica como sustituto parcial del cemento portland y constituye una valiosa alternativa que representa un doble beneficio, por un lado, valoriza un desecho y por otro, contribuye a la reducción de gases



## “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”

---

de efecto invernadero liberados durante la manufactura de cemento (0.85-1 kg CO<sub>2</sub>/kg cemento). (Giraldo, 2012, p.1)

### **2.6.1. LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERÚ**

La caña de azúcar es originaria de la India y fue introducido al Perú por los españoles. Representa el 3.6 % de VBP, el 2.4% del empleo y las exportaciones. Es en la costa donde se localiza gran parte de los sembríos, ya que estas zonas presentan excelentes condiciones climáticas y asimismo permite sembrar y cosechar durante todo el año. La caña se procesa principalmente para la fabricación de alcohol y de azúcar, presenta un contenido de sacarosa que oscila entre 11% y 16%. Durante el procesamiento de la caña se pueden obtener múltiples productos, como bebidas refrescantes de consumo local, materia prima, energía alternativa, abonos orgánicos, alimento para ganado, alcohol, productos alimenticios y biocombustibles. (Beltran, 2017, pag. 85)

A nivel internacional el país que más produce y exporta azúcar es Brasil (primer productor mundial) con un 20%, seguido por India (segundo productor mundial), Tailandia y China, que con otros países asiáticos conforman el 40% de la producción mundial. (Beltran, 2017, pag. 86)

El Perú en el 2017 produjo 9 406 300 (INEI, 2017) toneladas de caña de azúcar, aproximadamente 25% es bagazo; en la actualidad la ceniza de este residuo es considerado un desperdicio y solamente es aprovechado como fertilizante.



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Tabla 24: Producción del año Caña de Azucar

<b><u>2017</u></b>	<b><u>Cantidad</u></b>	<b><u>Und.</u></b>
Enero	862.8	Miles de TM
Febrero	647.9	Miles de TM
Marzo	268.1	Miles de TM
Abril	423.5	Miles de TM
Mayo	678.0	Miles de TM
Junio	789.3	Miles de TM
Julio	863.9	Miles de TM
Agosto	976.8	Miles de TM
Septiembre	1005.0	Miles de TM
Octubre	1011.6	Miles de TM
Noviembre	1017.2	Miles de TM
Diciembre	862.2	Miles de TM
<b>Total</b>	<b>9406.3</b>	<b>Miles de TM</b>

Fuente: INEI 2017

Algunos de los ingenios azucareros son: Agroindustrias San Jacinto S.A.A., Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A., Complejo Agroindustrial Cartavio S.A.A., Empresa Agroindustrial Laredo S.A.A., Agro Pucala S.A.A., Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., Empresa Agroindustrial Tuman S.A.A., Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A., Agro Industrial Paramonga S.A.A. y Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca. (Rodriguez, 2015, p. 32)



## “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”

### 2.6.2. PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SAN JACINTO SAA.

San Jacinto S.A.A., al cierre del año 2017, cuenta con 12,209 hectáreas brutas, de las cuales 6,496 hectáreas se encuentran bajo cultivo de caña de azúcar. En el año 2017, la producción de caña propia fue de 699,751 toneladas siendo la superficie cosechada fue de 5,159 ha.

Se tiene en la siguiente tabla la producción del año 2016 y 2017 de la industria San Jacinto.

Tabla 25: Producción del año 2016 y 2017

INDICADOR	2017	2016	VARIACIÓN %
TCH	135.63	153.21	-11.48%
TCHM	8.60	8.42	2.06%
EDAD	15.78	18.19	-13.26%
%Sacarosa	12.26	12.97	-5.46%

Fuente: Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

TCHM: Toneladas de caña por hectárea mes

TCH: Toneladas de caña por hectárea

A continuación, un resumen de las principales variables en la gestión de las operaciones fabriles:

Tabla 26: Principales variables en la gestión de las operaciones fabriles

INDICADORES	UM	2016	2017	VARIACIÓN
CAÑA TOTAL	TM	1,051,273	960,055	-8.68%
TOTAL AZÚCAR	TM	112,848	96,880	-14.15%
Rdto. COMERCIAL	%	10.73	10.09	-5.99%
MELAZA%CAÑA	%	4.06	3.78	-6.89%
RECOBRADO	%	82.47	82.12	-0.43%
SAC%CAÑA	%	12.91	12.14	-5.91%
EXTRACCIÓN	%	94.63	96.65	2.13%
ALCOHOL	Lts.	5,024,706	5,347,421	6.42%

Fuente: Agroindustrias San Jacinto S.A.A.



## “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”

---

El bagazo conseguido de la molienda es suficiente para la demanda de energía térmica de toda la planta, el bagazo excedente es vendido durante todo el año. En la siguiente tabla, se tiene como referencia la cantidad de bagazo que se produce diariamente.

Tabla 27: la cantidad de bagazo que se produce diariamente.

PRODUCCIÓN	
CAÑA	3000.00 ton/día
HUMEDAD	48%
BAGAZO	30%= 900 ton/día

Fuente: Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

Este bagazo es usado como combustible en las calderas para la obtención de diversos productos, la información que brinda la empresa es que, de los 900 ton diarias de bagazo, se obtiene de ceniza alrededor de 2- 4%. Esta ceniza es llevada en volquetes y posteriormente utilizadas una parte en los campos y otra parte es llevado a los distintos botaderos dentro de la localidad de San Jacinto. Entonces se observa que, de 18 a 36 ton diarias de ceniza es producido por la combustión de bagazo. (Rodriguez, 2015, p.98)

### **2.6.3. PROCESO INDUSTRIAL DE LA OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)**

El proceso de obtención de la CBCA empieza con el ingreso de la caña de azúcar al ingenio azucarero donde se extrae el jugo, éste se clarifica y luego se cristaliza para separar el azúcar.

La caña de azúcar tarda de 12 a 14 meses, desde su siembra hasta su cosecha. El medio utilizado para el corte de la caña es a través de maquinaria o manual. Luego la extracción se hace generalmente en un molino que pasa la caña entre



## “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”

---

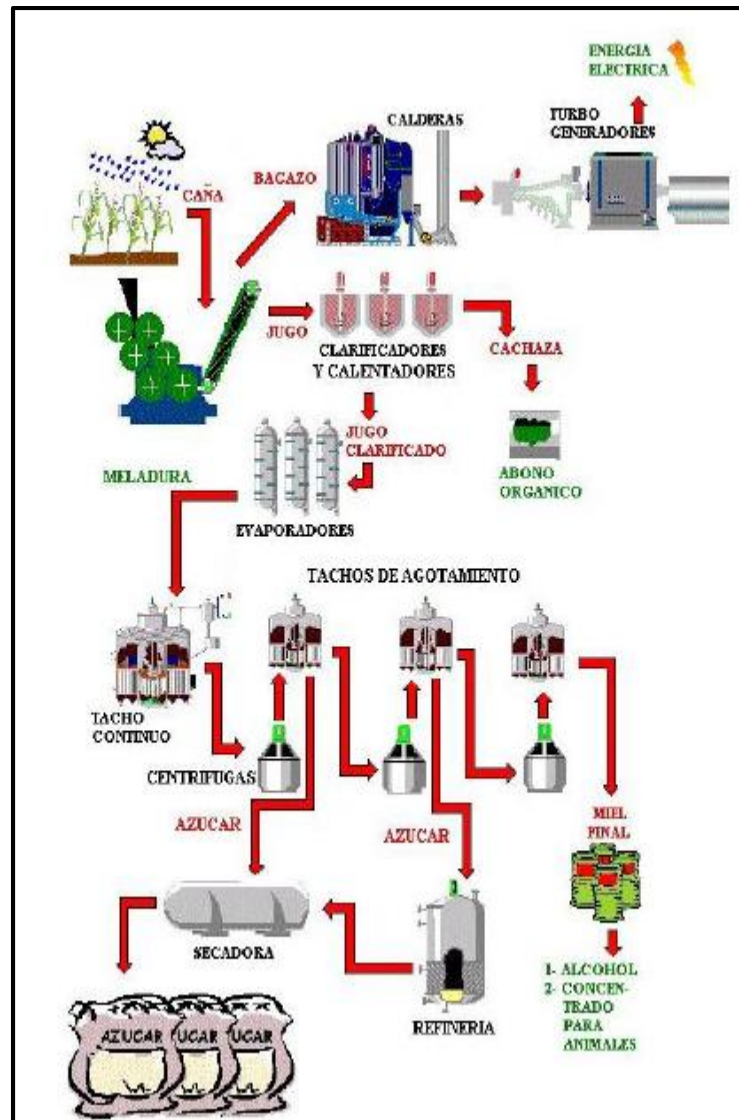
tres o cuatro masas de acero, que exprimen los tallos y sacan todo el jugo. El residuo sólido fibroso se llama bagazo, la cual es el material fibroso de la caña que es almacenado generalmente bajo techo. A continuación, el bagazo con la ayuda de cintas transportadoras se lleva hasta un horno para quemarlos como combustible, para la generación de energía. Estas calderas alcanzan temperaturas de 800°C a 1000°C y de las calderas se obtiene la ceniza de bagazo de caña de azúcar, como un residuo que es almacenado en pozas, para luego ser transportado en volquetes a los campos de sembrío para ser usado como fertilizante. Otra parte del bagazo pasa por hornos a vapor, donde el bagazo pasa por temperaturas a 300 °C producto de los vapores. Esto hace queden parte de bagazo sin sufrir alguna combustión. Esto significa que, lo que desecha diariamente la Industria San Jacinto S.A. es una mezcla de los desechos de las calderas y restos de las máquinas vapor, conteniendo en parte, material de bagazo sin sufrir combustión alguna. (Rodriguez, 2015, pag. 99)





“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”

Figura 11: Proceso Industrial de la Caña de Azúcar



Fuente: TESIS “Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a base de CBCA como árido en Aplanados en Muros”, Hernández, 2011.



## “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”

---

### 2.6.4. La Ceniza De Caña De Azúcar (CBCA) como Material Puzolánico

La actividad puzolánica de las cenizas depende de algunos parámetros como: el tamaño de las partículas, la temperatura de calcinación, naturaleza cristalina y la composición química.

Estudios recientes han demostrado que los desechos de la industria azucarera, principalmente ceniza de bagazo de caña de azúcar, tienen actividad puzolánica derivado de su alto contenido de sílice amorfa en este material.

El bagazo es un material fibroso considerado como residuo sólido, suele contener del 40 - 50 % de humedad. El bagazo generalmente puede satisfacer todos los requerimientos de combustible de un ingenio azucarero.

Un análisis representativo del bagazo seco es de 44.47 % de carbono (C), 6.35 % de hidrógeno (H), 49.7 % de oxígeno (O) y 1.4 % de ceniza. (Rodríguez, 2015, p. 36).

Su aplicación como puzolana obedece a su composición química, ya que los óxidos fundamentales  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  representan aproximadamente el 50 – 70% por ciento de su composición, los que producen la actividad puzolánica.

También se ha demostrado que la CBCA aumenta la resistencia a la compresión y a la penetración de iones de cloruro en el concreto en estado endurecido.

Las condiciones de quema del bagazo son importantes en la obtención de las propiedades de la ceniza, a través de este proceso el bagazo atraviesa por varias modificaciones en su estructura.



## “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”

---

Según Fuente: TESIS “Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a base de CBCA como árido en Aplanados en Muros”, Hernández, 2011.

- A 100°C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.
- A 350°C inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema del bagazo.
- Entre 400°C a 500°C el carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa. Después de esta etapa la ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice.
- El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuarzos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas.
- Encima de los 800°C, es sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

La cantidad y la forma de sílice en la ceniza dependen no solamente de la temperatura, sino también del periodo de quema. Un trabajo realizado en Londres en 1986, muestra que; mantener la ceniza a periodos más largos de quema a temperaturas de 500°C a 680°C por menos de un minuto, dan como resultado una sílice totalmente amorfa. En el mismo trabajo, se menciona que las condiciones de quema además de influir en el grado de cristalinidad de la ceniza, también afecta el área de superficie específica de las partículas, propiedad estrechamente relacionada con la reactividad de la ceniza. (Rodriguez, 2015, p. 38)



## “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”

### 2.6.5. Composición química de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

Investigaciones con respecto a la ceniza de bagazo de caña de azúcar, evaluaron la composición mineralógica de las cenizas mediante la técnica de Difracción de Rayos X (DRX). El Grupo de Investigación Materiales y Medio Ambiente GIMMA de la Universidad Nacional de Colombia estudiaron distintos lotes de ceniza y presentan la siguiente tabla:

Tabla 28: Características químicas del CBCA y cemento

Características (%)	CBC1	CBC2	CBC3	Cemento
SiO <sub>2</sub>	58,6	76,4	63,2	24,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,8	5,8	8,5	4,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O	2,0	4,2	7,3	0,7
Na <sub>2</sub> O	1,3	1,2	1,1	0,8
Pérdidas 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

De acuerdo a la tabla, los compuestos con mayor presencia en las CBC son SiO<sub>2</sub>,

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y también Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Según la norma ASTM C618 en las puzolanas clase N, la suma de éstos debe ser igual o superior al 70%.

La Tabla 27 muestra las composiciones químicas en estudios elaborados por Martirena, Ganesan y Oliveira de Paula donde se aprecia que los óxidos fundamentales SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> son los que predominan en las cenizas de bagazo de caña de azúcar.



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Tabla 29: Características químicas del CBCA

Compuesto	Investigadores		
	Martirena	Ganesan	Oliveira
$SiO_2$	72.74	64.15	83.77
$Al_2O_3$	5.26	9.05	-
$Fe_2O_3$	3.92	5.52	6.53
$TiO_2$	0.32	-	1.16
$CaO$	7.99	8.14	1.18
$MgO$	2.78	2.28	-
$SO_3$	0.13		0.68
$K_2O$	3.47	1.35	6.146
$Na_2O$	0.84	0.92	
$P_2O_5$	1.59		
Perdida por ignición	0.77	4.90	

Fuente: Tesis elaborada por Eduardo Ríos González en la Universidad Veracruzana de Xalapa.

## 2.7. Concreto Armado

Según RNE E-060, es un concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, preesforzado o no

Se tiene las siguientes hipótesis fundamentales en la teoría del concreto armado:

- Las fuerzas exteriores están en equilibrio en cualquier sección con la fuerza cortante, fuerzas normales, momentos flexionantes, momento torsionantes.
- La hipótesis de “Secciones Planas” es aceptada. Antes de la deformación continúa antes, durante y después del proceso de obra.
- El concreto una vez agrietado, no resiste esfuerzos a tracción.
- Hay perfecta adherencia entre el concreto y el acero.
- La relación de esfuerzo y deformación en un elemento de concreto armado, es la misma que la relación de esfuerzos y deformación de acero y concreto.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### 2.7.1. Comportamiento de una viga.

Los elementos sujetos a flexión, trae como consecuencia, secciones a tracción y compresión. El concreto tiene una resistencia a tracción muy inferior a la de su resistencia a la compresión, y es por esto que se emplea en los diseños aceros en tracción únicamente.

A medida que se incrementa la carga en el elemento estructural se observan 3 etapas claramente definidas de su comportamiento.

#### a) Estado elástico no Agrietado.

Significa que el acero trabaja a tracción y no se presentan grietas en el concreto. Esto quiere decir que la tracción en el concreto es mínima a la resistencia del concreto (módulo de rotura).

#### b) Estado Elástico Agrietado.

El acero no alcanza el punto de fluencia y se presentan grietas en el concreto. Esto quiere decir que la tracción en el concreto supera la resistencia del concreto (módulo de rotura).

#### c) Estado de Rotura.

Se produce la falla del elemento, ya que la relación de esfuerzos no es lineal.

- **Falla por fluencia del acero:** Viga con poca cantidad de acero, donde se alcanza primero la fluencia del acero antes que se haya agotado los esfuerzos de compresión del concreto. Esta falla es de tipo Dúctil.

Debido a la flexión, la cara inferior de la viga tiende a alargarse por estar sometida a tracción. Como el concreto solo no resiste tracciones, estas fuerzas de tracción son absorbidas por el acero de refuerzo colocado en esa cara. El concreto tiende a fisurarse.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

La cantidad y abertura de las fisuras es un aviso de que algo está pasando y se pueden tomar previsiones, de lo contrario en la medida que las fisuras se conviertan en grietas, la seguridad de la estructura puede verse comprometida.

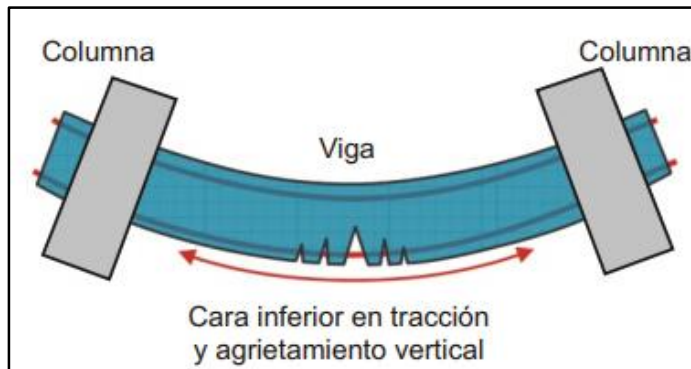


Figura 12: Falla por flexión en el tramo

Fuente: Acero- SIDETUR

- **Falla por Aplastamiento del concreto:** Vigas sobrerreforzadas. Se alcanza primero la capacidad de compresión del concreto antes que la fluencia del acero. Esta Falla es de tipo Frágil.

Cuando la viga se flexiona por el incremento de las cargas, la cara superior se acorta debido a la compresión, y dependiendo de la cantidad de acero presente en esa cara, el concreto podría triturarse y fallar sin previo aviso, generándose una falla frágil indeseable. Este fenómeno está acompañado de fuerzas de corte, que se manifiestan por fisuras y grietas a  $45^\circ$  cuando no se disponen de suficientes estribos.

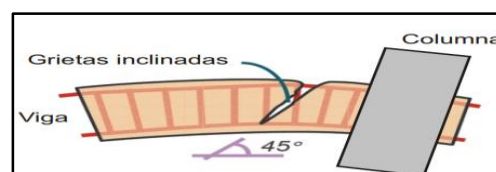


Figura 13: Falla por corte en los apoyos

Fuente: Acero- SIDETUR



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- **Falla Balanceada:** Estado idealizado en el que la falla se produce simultáneamente con el aplastamiento del concreto y el acero está iniciando su estado de fluencia. Esto significa que la viga falla en simultáneo por fluencia y aplastamiento.

Se tiene la fórmula para hallar la cuantía balanceada:

$$\rho_b = \frac{0.85 * \beta_1 * f'c * 6000}{f'y * (6000 + fy)}$$

**$\beta_1$ :** Para  $f'c$  entre 170 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, el factor  $\beta_1$  se debe tomar como 0,85. Para  $f'c$  mayor o igual a 560 kg/cm<sup>2</sup>,  $\beta_1$  se debe tomar como 0,65. Para  $f'c$  entre 280 y 560 kg/cm<sup>2</sup> se debe interpolar linealmente entre 0,85 y 0,65.

**$f'c$ :** Resistencia del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

**$f'y$ :** Resistencia a la fluencia del acero. (kg/cm<sup>2</sup>).

### 2.7.2. Criterios de Diseño

Los tipos de fallas depende de la cantidad de acero, o mejor dicho de su cuantía.

$\rho < \rho_b$  ..... Falla por fluencia del acero.

$\rho > \rho_b$  ..... Falla por aplastamiento del concreto.

$\rho = \rho_b$  ..... Falla es balanceada.

Donde:  $\rho = \frac{As}{b*d}$

Si la falla es por aplastamiento, entonces esta se produce repentinamente y de forma explosiva, en cambio si la falla es por fluencia, esta se produce de forma gradual y presenta en los elementos averías visibles, ensachamiento y alargamiento de grietas, el marcado aumento de la flecha. (UNI, 2010, p. 20).

Según el código ACI 318-14 indica:





## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- Cuantía máxima

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b \quad \longrightarrow \quad A_{s_{max}} = 0.75 * \rho_b * b * d$$

- Cuantía mínima (Se toma el mayor valor)

$$\rho_{min} = \frac{14}{f'y} \quad \longrightarrow \quad A_{s_{min}} = \frac{14*b*d}{f'y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8*\sqrt{f'c}}{f'y} \quad \longrightarrow \quad A_{s_{min}} = \frac{0.8*\sqrt{f'c} * b * d}{f'y}$$

Se diseña con el momento último ( $M_u$ ), pero verdadero ( $M_u$ ) es algo menor y es debido a las variaciones en la calidad de los materiales, ubicación de armadura, calidad de mano de obra, etc. Es por eso que se usa el factor de reducción de resistencia por flexión ( $\phi$ ), donde  $\phi=0.9$ .

Prosiguiendo según código ACI 318-14, se determina la cantidad de acero a flexión:

$$\left( \frac{f'y}{1.7f'c * d} \right) * A_s^2 - d * A_s + \frac{M_u}{\phi * f'y} = 0$$

Despejando

$$M_u = \phi * w * f'c * b * d^2 * (1 - 0.59w)$$

$$\frac{M_u}{f'c * b * d^2} = \phi w (1 - 0.59w) \quad \text{dónde: } w = \frac{\rho * f'y}{f'c}$$

$A_s$ : área requerido por el momento actuante.

$f'y$ : Esfuerzo de fluencia del acero

$f'c$ : Esfuerzo a compresión del acero.

$d$ : peralte efectivo de viga.

$M_u$ : Momento último actuante en la viga.

Si el acero en tracción es tal que su cuantía ( $\rho$ ) es igual o menor a la  $\rho_{max}=0.75\rho_b$ , puede dimensionarse la influencia del refuerzo en compresión y se analizará como viga simplemente reforzada a tracción.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Para el diseño por corte, la fuerza cortante que resista una viga será que las proporcionen el concreto y el acero transversal, es decir:  $V_n = V_c + V_s$ .

Para el cálculo de la Fuerza cortante Nominal ( $V_c$ ) =  $0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$ , para un factor de reducción de resistencia por corte de  $\phi = 0.75$ . El corte que no es soportado por el concreto será absorbido por el acero transversal colocado y la separación de estribos se determinará en función del corte final actuante y el diámetro del estribo.

El corte soportado por el acero  $V_s$  está establecido como:

$$V_s = \frac{\phi A_v f_y d}{s}$$

Donde:

$A_v$  = Área efectiva de acero por corte

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero

$d$  = Peralte efectivo de la viga

$s$  = Separación del refuerzo por corte

La separación de estribos se calculará;  $s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$

De igual manera como vimos en la determinación del acero longitudinal, el acero transversal colocado deberá cumplir con los requisitos de refuerzo para vigas especiales resistentes a momento, según lo establecido en ACI 318-14 tenemos que:

- Deben colocarse estribos cerrados de confinamiento una longitud no menor a dos veces la altura de la viga medida desde la cara de miembros de apoyo hacia el centro de la luz en ambos extremos de la viga.
- El primer estribo cerrado de confinamiento debe colocarse a no más de 5 cm de la cara de la columna de apoyo.
- El espaciamiento de estribos cerrados de confinamiento no debe exceder del menor de:



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAJO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

$d/4$ , Seis veces el diámetro de las barras principales a flexión más pequeñas. 15 cm

- En zonas donde no se requiera estribos cerrados de confinamiento se colocarán estribos separados a no más de  $d=2$  en toda la longitud de la viga.

### 2.7.3. Tipos de Refuerzo en Vigas

En todas las vigas de concreto armado estructural deben disponerse como acero de refuerzo dos conjuntos de aceros: las longitudinales y las transversales.

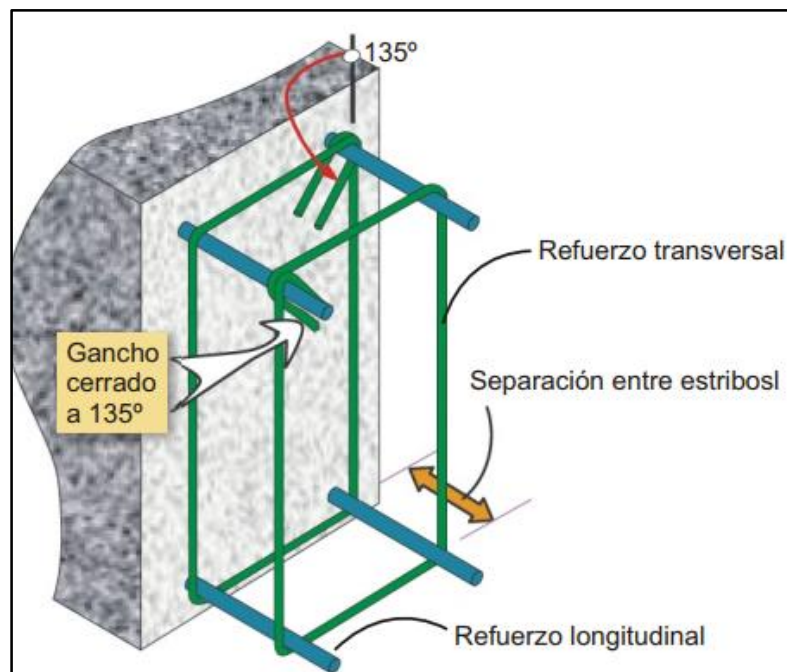


Figura 14: Acero de Refuerzo en vigas

**Fuente:** Acero- SIDETUR

El refuerzo longitudinal, está conformado por varillas grandes, colocadas en toda su longitud. Tiene como función principal tomar las compresiones y tracciones que el concreto no puede resistir; y adicionalmente permitir a la viga flexionarse sin que se triture el concreto y además pueda disipar, de manera controlada, la energía que el terremoto introduce en la estructura.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Por su parte, el refuerzo transversal o estribos, como también se le conoce, está conformado por un conjunto de barras de diámetro pequeño, (1/4”, 3/8” y 1/2”) dispuestas verticalmente a intervalos regulares y que se amarran a las cabillas longitudinales con un gancho doblado a 135°. El principal objetivo del acero de refuerzo transversal es mantener en su posición al acero longitudinal; y adicionalmente, evitar el pandeo de las barras longitudinales cuando actúan las grandes fuerzas de compresión inducidas por las excesivas y repentinas fuerzas, como las del sismo; al intersectar las fuerzas cortantes inherentes a la flexión de la viga, minimizan el tamaño de las potenciales fisuras y grietas.

Según RNE E-060 – Capítulo 7, dice que para ganchos de estribos y ganchos de grapas suplementarias:

- Para barras de 5/8” y menores, un doblado de 90° más una extensión de 6 db al extremo libre de la barra.
- Para barras desde 3/4” hasta 1” inclusive, un doblado de 90° más una extensión de 12 db al extremo libre de la barra.
- Para barras de 1” y menores, un doblado de 135° más una extensión de 6 db al extremo libre de la barra.



**“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”**

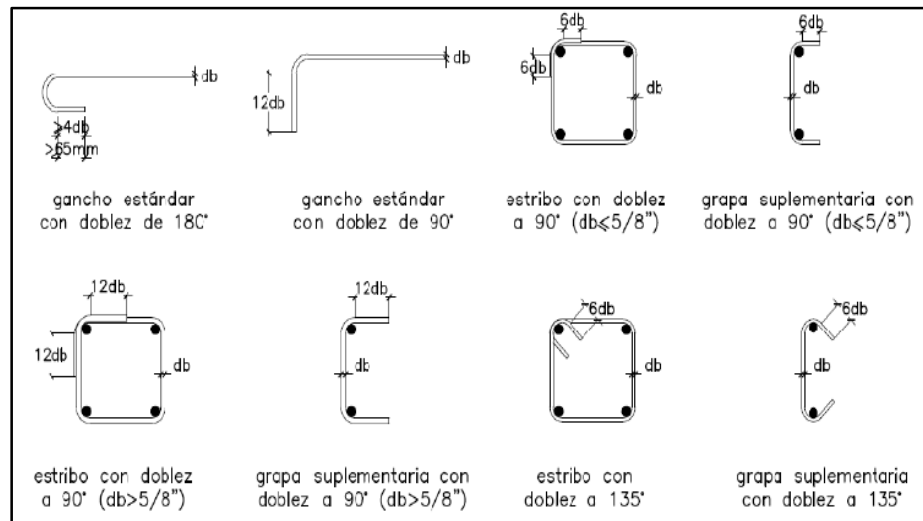


Figura 15: Ganchos de barras longitudinales, estribos y grapas suplementarias.

Fuente: RNE E-060

También el RNE E-060, especifica diámetros mínimos de doblado:

Tabla 30: Diámetro mínimo de Doblado

Diámetro de las barras	Diámetro mínimo de doblado
1/4" a 1"	6 db
1 1/8" a 1 3/8"	8 db
1 11/16" a 2 1/4"	10 db

Fuente: RNE E-060



# **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**



# “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”

---

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. MATERIALES

#### 3.1.1. Materia prima

- Cemento Pacasmayo Tipo I.
- Ceniza de bagazo de caña de azúcar.
- Agua.
- Agua destilada.
- Arena gruesa.
- Arena fina.
- Cal.
- Acero de 3/8” para para la parte longitudinal de la viga
- Acero de 1/4” para los estribos de la viga

#### 3.1.2. Equipos

- Tamiz Normalizado De 45  $\mu\text{m}$  (N° 325).
- Juego de tamices.
- Balanza GP – 20K.
- Meza de flujo.
- Horno eléctrico.
- Máquina de ensayos de compresión.
- Máquina para pruebas de Flexión de Vigas de Concreto
- Tamizadora Eléctrica.
- Vernier.
- Regla metálica de 1m.
- Fiolas.



## “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”

---

- Probeta graduada.
- Moldes rectangulares de madera para vigas 30x15x15 cm.
- Comba de 6 lb aprox.
- Badilejos.
- Varilla metálica.
- Eclímetro o nivel de mano.
- Palas.
- Carretilla buggy.
- Bandejas metálicas.

### 3.1.3. Unidad de estudio.

Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

### 3.1.4. Población y muestra.

#### **Población**

Se tendrá presente dos poblaciones:

- Conjunto de probetas con un diseño de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Conjunta de vigas (sin refuerzo y con refuerzo) con un diseño de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **Muestra**

Para Resistencia A La Compresión:

Los especímenes de concreto elaborados los cuales son descritos a continuación:

- 36 Probetas Patrón (Diseño P0). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 30 a los 28 días.





## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- 9 Probetas con sustitución del 5% en peso del cemento (Diseño P5-5%). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días.
- 36 Probetas con sustitución del 10% en peso del cemento (Diseño P10-10%). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 30 a los 28 días. (Mejor Comportamiento con 10% de sustitución)
- 9 Probetas con sustitución del 15% en peso del cemento (Diseño P15-15%). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días.

Para Resistencia A La Flexión:

Las muestras son veinte y cuatro (24) especímenes de concreto elaborados los cuales son descritos a continuación:

- 3 vigas Patrón sin acero (Diseño V0). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.
- 3 vigas Patrón con acero (Diseño VPA). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.
- 3 vigas sin acero con sustitución del 5% en peso del cemento (Diseño V-V5%). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.
- 3 vigas con acero con sustitución del 5% en peso del cemento (Diseño VA-V5%). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.
- 3 vigas sin acero con sustitución del 10% en peso del cemento (Diseño V-V10%). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.
- 3 vigas con acero con sustitución del 10% en peso del cemento (Diseño VA-V10%). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.

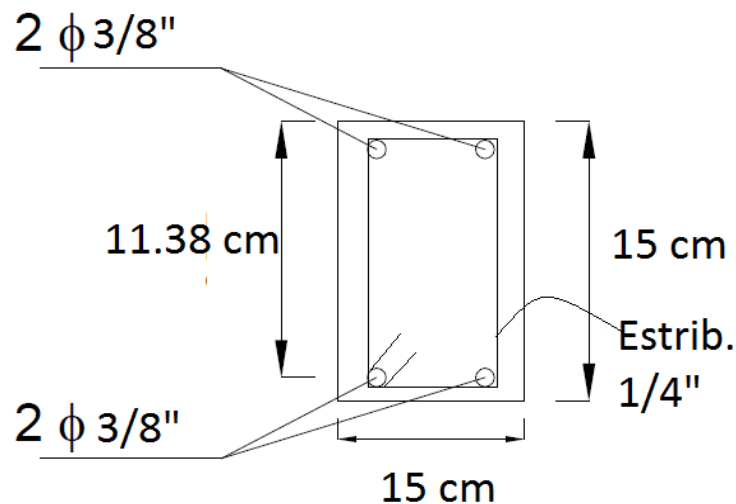


## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

- 3 vigas sin acero con sustitución del 15% en peso del cemento (Diseño V-V15%). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.
- 3 vigas con acero con sustitución del 15% en peso del cemento (Diseño VA-V15%). De las cuales los 3 se ensayaron a los 28 días.

Las 24 vigas (12 con acero reforzado y 12 sin acero reforzado) tienen las siguientes dimensiones:

*Figura 16: Dimensiones de la viga*



Las dimensiones de la viga son: 0.50m\*0.15m\*0.15m

Se realizó el cálculo para la carga máxima que debe soportar esta viga reforzada 9.14 ton (Ver Anexo)

### 3.2. MÉTODOS

#### 3.2.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.

La recolección de datos para comparar la resistencia de concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  patrón y concreto con sustitución de ceniza de bagazo de caña en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se determinaron las características físico-mecánicas de los agregados (fino y grueso) para con



## “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”

---

los datos obtenidos para poder realizar el diseño de mezcla patrón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  usando el método ACI 211.

Luego de definir del diseño de mezcla por el método ACI 211 se procedió a la elaboración de los testigos de concreto, para luego ser ensayos a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días según lo establece la norma, para verificar si la sustitución de cemento por de ceniza de bagazo de caña en porcentajes de 5%, 10% y 15% influye en la resistencia de este concreto. Asimismo, se procedió a realizar las vigas de concreto con y sin refuerzo, para luego ser ensayos a la flexión a los 28 días según lo establece la norma.

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

### **Procedimientos.**

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

#### **A. Procedimiento de la recolección de datos:**

##### **a. Recolección de muestras:**

Se recolectaron muestras de la cantera Chema ubicada en Huambacho – Samanco, para determinar sus propiedades físico – mecánicas de los agregados en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Nacional del Santa.

##### **b. Recolección de la ceniza de bagazo de caña de azúcar:**



## “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”

---

Se recolectaron las cenizas de bagazo de caña de la huerta de Agroindustrias San Jacinto S.A.A. en el centro poblado de San Jacinto, distrito de Nepeña, provincia de Santa.

### 3.2.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

#### 3.2.2.1. Ensayos Químicos y Físicos

##### A. Análisis Químico.

✚ **Contenido de Humedad:** Este ensayo se realizó según se especifica en la NTP 334.127.

Se pesó la muestra, y se procedió a ser secada a una temperatura entre 105 °C a 110°C.

Luego se calculó el porcentaje de humedad a una aproximación de 0.1% tal cual se especifica:

$$\text{Contenido de humedad, \%} = (A/B) \times 100 \dots (20)$$

Donde:

A= Pérdida de masa durante el secado

B= Masa seca

##### B. Análisis Físico.

✚ **Finura, Mediante Tamizado Húmedo Con Tamiz Normalizado**

**De 45  $\mu\text{m}$  (N° 325):** Se determinó la cantidad de muestra retenida mediante tamizado húmedo con tamiz normalizado de 45  $\mu\text{m}$  (N° 325) de acuerdo con la NTP 334.045, con las siguientes excepciones:



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Se calibró el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (N° 325) utilizando un cemento patrón, luego se procedió a calcular los factores de corrección del tamiz tal como se especifica en la siguiente fórmula:

$$FC = R_{obs} - R_{cer} \dots (1)$$

Donde:

FC = corrección del tamiz, %.

Std = El valor del residuo certificado para el cemento patrón, %.

Obs = El valor del residuo observado para el cemento patrón, %.

$$C = \frac{FC}{R_{obs}} \dots \dots (2)$$

Donde:

C = Factor de corrección del tamiz, %

Calcular la finura del cemento con aproximación al 0,1 %, como sigue:

$$R_c = R_s \times (100 + C) \dots \dots (3)$$

$$F = 100 - R_c \dots \dots (4)$$

Donde:

F = Finura del cemento expresado como el porcentaje corregido que pasa por el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (No. 325).

Rc = Residuo corregido, en porcentaje (%),

Rs = Residuo de la muestra retenida sobre el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (No. 325), en gramos (g).

C = Factor de corrección del tamiz el cual puede ser positivo o negativo.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- Si el residuo para la muestra de ensayo es igual a cero ( $R_s = 0$ ), luego el factor de corrección del tamiz no debe ser adicionado al resultado del ensayo para calcular el residuo del tamiz corregido, en tales casos el residuo debe ser reportada como cero.

### **3.2.3. Metodología de análisis de los materiales para la elaboración de probetas y vigas de concreto**

#### **3.2.3.1. Obtención en Laboratorio de Muestras Representativas (Cuarteo)**

##### Procedimiento

Se colocó la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas.

Se mezcló bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación cuatro veces.

Cada parte tomada de la base se deposita en el lado superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.

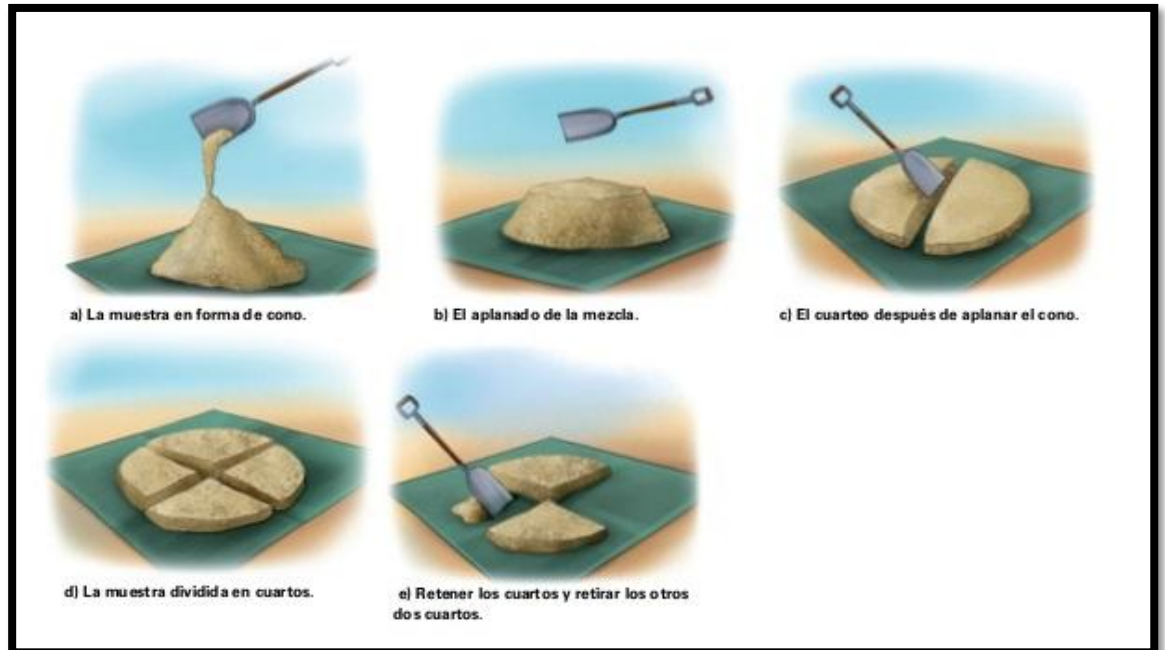
Cuidadosamente se aplana y extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de la pala, de tal manera que cada cuarteo del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.

Se procede luego a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino limpiando luego con cepillo o escoba los espacios libres. Los dos cuartos restantes se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta obtener la cantidad de muestra requerida



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Figura 17: CUARTEO DE MATERIALES



Fuente: <https://es.slideshare.net/Yeltsinhuatangarialarcon/Problemas357>

### 3.2.3.2. Determinación de la granulometría (análisis granulométrico) del agregado fino y grueso según la norma NTP 400.012/ASTM C-136.

#### Procedimiento.

- Se seleccionó la por el método B. Cuarteo descrita en la norma ASTM C702.
- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Luego se pesó una muestra de 2000 gr para agregado fino y para agregado grueso una muestra de 15000 gr.
- Se seleccionó los tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.



## “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”

- Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra el tamiz superior.
  - Se Agitó los tamices manualmente por un periodo aproximadamente de 10 min.
  - Se verificó la eficiencia del tamizado de acuerdo a la NTP 400.012 Ítem 8.4.
  - Se pesó el material retenido en cada tamiz.
  - La diferencia entre el peso inicial y la suma de los pesos individuales no será mayor a 0.3%
  - Se anotó los datos obtenidos, calculándose el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa y así determinar el módulo de finura del agregado fino.
- La cantidad de material usado fue:
- **Agregado fino:** La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, fue de 2000 gr.
  - **Agregado grueso:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la tabla N° 29.

Tabla 31: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo Kg (Lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)





“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”

50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012, 2001

### Cálculo

- Se calculó el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos sobre cada tamiz, aproximación al 0.1%

- Se calculó el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 µm (N° 100); 300 µm (N° 50); 600 µm (N° 30); 1.18 mm (N° 16); 2.36 mm (N° 8); 4.75 mm (N° 4); 9.5 mm (3/8"); 19.0 mm (3/4"); 37.5 mm (1 ½ ") y mayores; incremento en la relación 2 a 1.

Este ensayo se realizó para el agregado fino y grueso que posteriormente se usarían para producir el concreto para las probetas y vigas según la norma NTP 400.012/ASTM C-136.

De este ensayo el dato que se obtuvo del agregado fino fue el módulo de fineza para posteriormente usarlo en el diseño de mezcla

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



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

### 3.2.3.3. Determinación del contenido de humedad del agregado fino y

grueso según la norma NTP 339.185/ASTM C-566.

#### Procedimiento

Se pesaron y codificaron cada recipiente.

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

Se dispuso de una muestra representativa del contenido de humedad de la fuente de abastecimiento que se está evaluándose con una masa no menor de la cantidad indicada en la Tabla N° 30. La muestra deberá protegerse contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

Tabla 32: Tamaño de la muestra del agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4.75 (0.187) (N° 04)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1 ½)	6.0
50.0 (2)	8.0

Fuente: NTP 339.185, 2002



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

### Cálculo

Se realizó el contenido de humedad con 2 muestras, tanto para el agregado fino y agregado grueso, posteriormente para poder sacar un promedio y así poder usarlo en el diseño de mezcla.

Se calculó el contenido de humedad de la muestra con las siguientes fórmulas:

$$H = (W \times 100 (\%))/D; W = A - C; D = B - C$$

W = Contenido de humedad, (%)

W = Peso del agua, en gramos.

D = Peso de las partículas sólidas, en gramos.

B = Peso de la tara más muestra húmeda, en gramos.

A = Peso de la tara más muestra seca, en gramos.

C = Peso de la tara, en gramos.

**3.2.3.4. Se determinó el peso unitario del agregado fino y grueso según la norma NTP 400.017 /ASTM C-29.**

### PROCEDIMIENTO:

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

Tabla 33: Capacidad de la medida.

Tamaño Máximo Nominal Del Agregado		Capacidad De La Medida	
Mm	Pulgadas	L(m3)	P3
12.5	1/2	.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 1/2	4.0 (0.014)	1/2
75.0	3	8.0 (0.028)	1



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

112.0	4 1/2	0.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	0.0 (0.100)	3 1/2

Fuente: NTP 400.017, 1999.

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

**Peso unitario suelto seco para agregado grueso y fino.**

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

**Peso unitario compactado seco para agregado grueso y fino**

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



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### Cálculo

Se determinó el peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado fino y grueso usando las siguientes fórmulas:

$$PUS = (1000(Pmm - Pm)) / Vm; PUC = 1000(Pmmc - Pm) / Vm \dots (30)$$

Donde:

$Pm$  = Peso de molde en gramos

$Pmm$  = Peso de molde más muestra

$Vm$  = Volumen del molde, en  $cm^3$

$PUS$  = Peso unitario suelto seco, en  $kg/m^3$

$PUC$  = Peso unitario compactado, en  $kg/m^3$

$Pmmc$  = Peso del molde más muestra compactada, en gramos.

### 3.2.3.5. Determinación del peso específico del agregado grueso según la norma NTP 400.021/ASTM C-127.

#### Procedimiento

Se Secó la muestra a peso constante, a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . ventilar en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1 hr a 3 hr hasta enfriar o una temperatura que sea cómoda al tacto.

- Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de  $24 \text{ hr} \pm 4 \text{ hr}$ .

- Se removió la muestra del agua y se hizo rodar en un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque la superficie de las partículas todavía parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más grades.

- Se obtuvo el peso de la muestra con la condición de saturación con superficie seca.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

- Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Se sacudió mientras se sumergía para remover el aire atrapado.
- Posteriormente se dejó secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h o a una temperatura adecuada para el tacto y se pesa.
- Se anotó todos los pesos con aproximación de 0.5 gr.

Peso mínimo de la muestra de ensayo que fue usado se presenta en la tabla N° 32.

Tabla 34: Peso mínimo de la muestra de ensayo.

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

Fuente: NTP 400.021, 2002.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### **Cálculo**

Se emplea el material que es retenido por el tamiz N°4,

Obtenidos los datos correspondientes se procede al cálculo de la determinación de los pesos específicos (kg/cm<sup>3</sup>).

P.e. Bulk (Base seca)= D/C

P.e. Bulk (Base saturada)= A/C

P.e. Aparente (Base Seca)= D/E

Absorción (%)= ((D-A)/A)\*100

Donde:

A= Peso de material saturado superficialmente seco (aire)

B= Peso de material saturado superficialmente seco (agua)

C= Volumen de masa + volumen de vacíos; C= A-B

D= Peso de material seco en estufa

E= Volumen de masa E= (C-(A-D))

### **3.2.3.5. Determinación del peso específico del agregado fino según la norma**

**NTP 400.022/ ASTM C-128.**

#### **Procedimiento:**

- Se colocó aproximadamente 1000 gr del agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a peso constante 110 °C ± 5 °C.
- Se cubrió la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- Se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.

Luego se colocó el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente.

- Si el agregado se derrumba al quitar el molde esto indica que ha alcanzado una condición de superficie seca.

- Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 1000 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 23 °C ± 2 °C.

- Se dejó reposar una hora, luego se llena con agua hasta 1000 cm<sup>3</sup> y se determina el peso total de agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1 gr.

- Se sacó el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura 110 °C ± 5 °C, se tendría a temperatura ambiente y se pesa.

### **Cálculo:**

Se emplea el material que pasa el tamiz N°4, disgregando los terrones, si los tuviese para que pase por el tamiz N° 4, y la muestra sea representativa.

Obtenidos los datos correspondientes se procede al cálculo de la determinación de los pesos específicos (kg/cm<sup>3</sup>).

P.e. Bulk (Base seca)= D/C

P.e. Bulk (Base saturada)= A/C

P.e. Aparente (Base Seca)= D/E

Absorción (%)= ((D-A)/A)\*100

Donde:





## “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”

---

A= Peso de material saturado superficialmente seco (aire)

B= Peso de picnómetro + agua

C= Volumen de masa + volumen de vacíos;  $C= A+B$

D= Peso del picnómetro + agua + material

E= Volumen de masa + volumen de vacíos;  $E=C-D$

F= Peso de material seco en estufa

G= Volumen de masa + volumen de vacíos;  $G= (E-(A-F))$

### 3.2.4. Diseño de Mezcla de Concreto

Determinadas las propiedades físico – mecánicas de los agregados, se procedió a realizar el diseño de mezclas patrón de resistencia  $f'_c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, usando el método del comité ACI 211.

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y practica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. (Rivva López, 2000, p.171)

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas presentadas en los capítulos anteriores, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica de concreto.

El procedimiento para la selección de las proporciones que se presentan en este capítulo es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las tablas se indican en ellas.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Aunque los mismos datos básicos y procedimientos pueden ser empleados en el diseño de concretos pesados y concretos ciclópeos, al tratar estos se da la información complementaria.

Es usual que las características de obra establezcan limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre limitaciones pueden estar:

- Relación agua-cemento máxima.
- Contenido mínimo de cemento.
- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima.

Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, o la utilización de tipos especiales de cemento o agregados.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.

Pasos en el diseño de la mezcla de concreto.

### **3.2.4.1. Selección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ).**

Las mezclas de concreto deben diseñarse para una resistencia promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada por el ingeniero proyectista.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función del grado de control de la uniformidad y de la calidad del concreto realizado por el contratista y la inspección.

Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo.

El comité ACI 318 - 99 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia requerida  $f'_{cr}$ .

- **Caso 1**

Si se contarán con datos estadísticos de producción en obra, así como resultados de la rotura de probetas. En este caso, se utilizarán las siguientes fórmulas para calcular el  $f'_{cr}$ .

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34D_s \dots(1)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33D_s - 35 \dots (2)$$

Donde:

$f'_{c}$  : Resistencia a la compresión especificada (Kg/cm<sup>2</sup>)

$f'_{cr}$  : Resistencia a la compresión requerida (Kg/cm<sup>2</sup>)

$D_s$  : Desviación estándar en obra (Kg/cm<sup>2</sup>)

De ambos resultados se escogerá el mayor valor, siendo este el  $f'_{cr}$  requerido con el cual vamos a diseñar.

- **Caso 2**

Cuando no contamos con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados).

En este caso se utilizarán las fórmulas anteriores, donde al valor de  $D_s$  se amplificará por un factor de acuerdo a la siguiente tabla.



**“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”**

Tabla 35 Incremento de valores de desviación standard cuando se tienen menos de 30 ensayos

No DE ENSAYOS	FACTOR DE INCREMENTO
Menos de 15	Usar Tabla 8.6
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.00

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto, Pasquel. E, p. 164.

Entonces para calcular el  $f'_{cr}$  tendremos:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34(\alpha D_s)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33(\alpha D_s) - 35$$

Donde:  $\alpha$  = factor de amplificación

- **Caso 3**

Contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico.

Para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar el  $f'_{cr}$ .

Tabla 36  $f'_{cr}$  aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación standard

$f'_{cr}$ ESPECIFICADO	$f'_{cr}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Mayor de 350	$f'_c + 98$

**Fuente:** Tópicos de tecnología del concreto, Pasquel. E, p. 164.

### 3.2.4.2. Calculo de la Desviación estándar.

Si la compañía constructora tiene un registro de sus resultados de ensayos de obras durante los últimos doce meses, el cual está basado en por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos de resistencia en



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

compresión, o en dos grupos de resultados de ensayos que totalizan por lo menos 30 y se han efectuado en dicho período, deberá calcularse la desviación estándar de estos resultados.

El registro de los resultados de ensayos de resistencia en compresión, a partir del cual se calculará la desviación estándar deberá:

a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad, y condiciones de trabajo similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar. Las diferencias existentes en materiales y proporciones del registro del conjunto de ensayos no deberán ser más rigurosos que aquellas que se ha especificado para la otra propuesta.

b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia en compresión de diseño especificada del orden de la del trabajo a ser iniciado; aceptándose un rango de variación de 35 kg/cm<sup>2</sup>, para resistencias en compresión hasta de 280 kg/cm<sup>2</sup>, y de 70 kg/cm<sup>2</sup> para resistencias mayores en relación a la resistencia de diseño especificada para la otra propuesta.

c) Consistir de por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Para las condiciones indicadas la desviación estándar se calculará a partir de los resultados con que se cuenta, aplicando la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2}{n - 1}}$$



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Dónde:

S = Desviación estándar.

n = Numero de ensayos de la serie.

X1, X2... Xn, = Resultados de resistencia de muestras de ensayos individuales

X = Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.

**3.2.4.3. Cálculo de la resistencia promedio requerida.**

La resistencia a la compresión promedio requerida, la cual ha de emplearse como base para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenidos a partir de la solución de las ecuaciones 1 y 2, en las que se empleará, según el caso, la desviación estándar calculada de acuerdo a lo indicado en lo anterior.

$f'_{cr} = f'c + 1.33 s \dots\dots\dots(1)$ $f'_{cr} = f'c + 2.33 s - 35 \dots\dots\dots(2)$
--

Dónde:

S = Desviación estándar, en kg /cm<sup>2</sup>

La ecuación (1) da una probabilidad de 1 en 100 de que el promedio de tres resultados de ensayos esté por debajo de la resistencia de diseño especificada. La ecuación (2) da una probabilidad similar de que los resultados individuales de ensayos estén 35 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la resistencia de diseño especificada.

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar de acuerdo a lo indicado



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

anteriormente, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla 35

Tabla 37: Resistencia a la compresión promedio

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

### 3.2.4.3. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo” como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo Nominal” como aquel que “corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

La Tabla 36 presenta las curvas granulométricas que corresponden a tamaños nominales comprendidos entre 2” y 3/8”. Esta tabla corresponde a la clasificación de la Norma ASTM C 33

Tabla 38: TMN Comprendidos entre 2” y 3/8



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

**3.2.4.4. Selección del Asentamiento (Slump).**

La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

- a) Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (0 mm a 50mm).
  
- b) Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (75 mm a 100mm).
  
- c) Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (mayor de 125mm).

Tabla 39: Consistencia y Asentamiento

Consistenacia	Asentamiento
Seca	0" - 2"
Plástica	3" - 4"
Fluída	≥ 5"

Fuente: ACI-211





## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

### 3.2.4.5. Selección del agua de mezclado y contenido de aire.

La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debió incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está al estado seco.

Tabla 40: Contenido de Aire Atrapado

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

Fuente: ACI-211

### 3.2.4.6. Selección de la relación agua/cemento (a/c).

Desde que la mayoría de las propiedades deseables en el concreto endurecido dependen de la calidad de la pasta, producto final del proceso de hidratación del cemento, se considera que una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto es la elección de la relación agua-cemento más adecuada.

La relación agua-cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que intervino en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco, es decir q no toma ni aporta agua. La relación agua-cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado.



## “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”

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

**Por resistencia.** La selección de la relación agua-cemento por resistencia se hace partiendo del criterio de que esta propiedad es la más fácilmente mensurable y que, dentro de ciertas limitaciones, está regulada por la relación de la cantidad de agua a la cantidad de cemento en la unidad cubica de mezcla.

Tabla 41: Relación Agua/Cemento

f'c Kg/cm <sup>2</sup>	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: ACI-211

### 3.2.4.7. Calculo del contenido de cemento.

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua-cemento seleccionada, se pudo determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir el volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cubico, entre la relación agua-cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento de la unidad cúbica de concreto.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### **3.2.4.8. Selección del agregado.**

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Para ellos es deseable que la granulometría total de las partículas de agregado sea tal que el volumen de vacíos, o espacios entre partículas, sea mínimo.

Se determinó el contenido de agregado grueso mediante la tabla 20, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. Ello permitió obtener un coeficiente  $b/b_0$  resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso expresado en kg /m<sup>3</sup>.

### **3.2.4.9. Ajustes por humedad del agregado.**

Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad de aquel. Generalmente en obra los agregados están en condición de humedad y su peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen, tanto la absorbida como la superficial.

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal



## “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”

---

al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

El agregado, desde el punto de vista de humedad, puede estar en obra en cuatro condiciones:

Seco, cuando su superficie como sus poros internos está totalmente libres de agua. Esta es una condición teórica para la cual se calcula los contenidos de agregados fino y grueso antes de corregir la mezcla por humedad del agregado.

a) Semiseco, cuando la superficie del agregado está seca pero sus poros internos están parcialmente llenos de agua. Esta condición es también conocida como secado al aire. Ella siempre es menor que la absorción del agregado.

b) Saturado superficialmente seco, cuando la superficie del agregado está húmeda, pero la totalidad de sus poros internos están llenos de agua. Se considera la condición ideal del agregado porque en ella ni aporta ni toma agua de la mezcla.

c) Húmedo o mojado, cuando el agregado está saturado superficialmente seco y adicionalmente presenta humedad superficial, la cual puede contribuir a incrementar el agua de mezclado y obliga

### **3.2.5. Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio**

El objetivo es establecer el procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- **Moldes:** Los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes que deben estar en contacto con el concreto deben ser de acero, hierro forjado o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Los moldes deben estar hechos conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método en el cual van a ser usados. Los moldes deben de ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida.

Los moldes cilíndricos deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente.

Las vigas y moldes prismáticos deben ser de forma rectangular (salvo que se especifique de otro modo) y de las dimensiones requeridas para producir especímenes del tamaño deseado. La superficie interior del molde debe ser lisa, y las caras interiores deben ser perpendiculares entre si y libres de torceduras u ondulaciones.

- **Varilla compactadora:** Debe ser de acero, cilíndrica y su extremo compactador debe ser hemisférico con radio igual al radio de la varilla. Pueden ser de diámetro de 5/8” con 24” de longitud o diámetro de 5/8” con 12” de longitud.
- **Martillo:** Debe ser de caucho, que pese  $0,57 \pm 0,23$  kg
- **Vibradores Internos:** Pueden ser de eje rígido o flexible, preferiblemente accionados por motores eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 rpm o mayor. El diámetro de un vibrador redondo no debe ser mayor de la cuarta parte del diámetro del cilindro ni de la cuarta parte del ancho de la viga o del molde prismático. Vibradores de otras formas deberán



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

tener un perímetro equivalente a la circunferencia de un vibrador redondo apropiado.

- Vibradores externos: Pueden ser de mesa o de plancha. La frecuencia de vibración debe ser de 3600 rpm o mayor y su construcción debe ser tal, que el molde quede firme y asegurado sobre la mesa. Se debe usar un tacómetro para controlar la frecuencia de vibración.
- Recipientes para muestreo y mezcla: Deben ser de fondo plano, metálico, de alto calibre, impermeable, de profundidad adecuada y de suficiente capacidad para permitir una mezcla fácil de toda la bachada con una pala o palustre o, si la mezcla se hace de manera mecánica, para recibir toda la bachada de la descarga del mezclador y permitir la remezcla en el recipiente con la pala o palustre.
- Mezcladora de concreto: La mezcladora puede ser mecánica o manual. Para concretos con asentamiento inferior a 25 mm (1"), es más apropiado utilizar un recipiente mezclador (mezcla manual) que una mezcladora de tambor reclinable. Es aconsejable, cuando en tal caso tenga que utilizarse esta última, reducir la rata de rotación y el ángulo de inclinación del tambor y trabajarla a una capacidad inferior a la especificada por el fabricante.
- Equipo Misceláneo: Tamices, palas, palustres, reglas, guantes de caucho, calibrador de espesores, etc.
- Número de muestras – El número de especímenes y el número de bachadas de ensayo dependen de la práctica local y de la naturaleza del programa de ensayos. Los métodos de ensayo o las especificaciones para los cuales se elaboran los especímenes suelen dar orientaciones sobre el particular.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### **Vaciado del concreto.**

**Lugar del moldeo:** Se deben moldear los especímenes lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración y se colocarán sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Durante el transporte, se deben evitar sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.

**Número de capas:** El número de capas con el cual se fabrica el espécimen debe ser el especificado en la Tabla 3.20.

**Compactación:** La selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja (Tabla 21). Los dos métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa o interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado. Si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm y para prismas de 100 mm de profundidad o menos. Los concretos con contenido de agua tal que no pueden ser compactados por los ensayos aquí descritos no estarán contemplados por la presente norma.



## “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”

---

a) Apisonado por varillado. Se colocó el concreto en el molde con el número de capas requeridas (Tabla 21) aproximadamente del mismo volumen.

Se apisonó cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado en la Tabla 22. La capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm ( $\frac{1}{2}$ " ) la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el badilejo (o similar) por los costados y extremos después de apisonar cada capa.

b) Vibración: Se tuvo que mantener un mismo tiempo de vibración para un conjunto particular de concreto, vibrador y molde que se esté utilizando. La vibración se transmitió al cilindro durante el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del concreto, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se llenó y vibró en capas iguales aproximadamente. Todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar el vibrado. La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y la efectividad del vibrador. Se considera





## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

suficiente el vibrado, cuando el concreto presente una superficie relativamente lisa.

Vibración interna. El diámetro del eje o dimensión lateral de un vibrador interno no debe ser mayor de  $1/3$  del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al diámetro del vibrador debe ser igual o mayor de 4,0. Al compactar la muestra el vibrador no debe tocar el fondo, las paredes del molde u objetos embebidos en el concreto. El vibrador se debió extraer cuidadosamente de tal manera que no queden bolsas de aire dentro de las muestras. Se deben golpear ligeramente los lados del molde para asegurarse que no queden aprisionadas burbujas de aire en su superficie.

Vibración interna para cilindros. En cada capa se debió introducir el vibrador en tres sitios diferentes. En cada capa el vibrador debe penetrar en la capa anterior aproximadamente 25 mm.

### **3.2.6. Resistencia a la Compresión Testigos Cilíndricos**

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, 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 ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Se debió tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales.

Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

### **3.2.7. Resistencia A La Flexión Del Concreto Método De La Viga Simple**

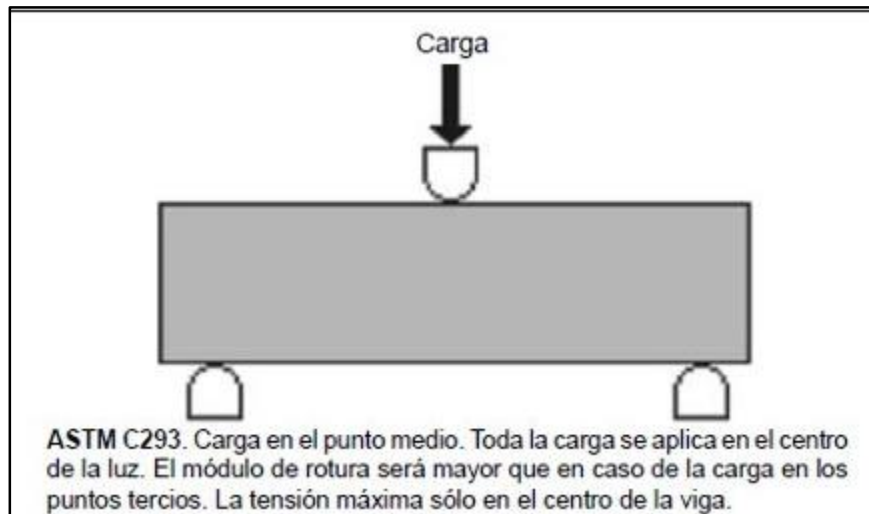
#### **Cargada En El Punto Central**

Procedimiento. Se giró la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y se centra sobre los bloques de carga. Se centra el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Se ponen los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios, entre los soportes y se aplica una carga entre el 3% y el 6% de la carga última estimada. Utilizando calibradores de lámina normalizados de 0,1 mm (0,004 pulg) y de 0,38mm (0,015 pulg), se determina si en una longitud de 25 mm (1 pulg) o más larga, se presenta un vacío entre la muestra y la superficie del bloque, mayor o menor al espesor de los calibradores. Se refrentaron las superficies de contacto de la muestra, o se rellenan con láminas de cuero para eliminar cualquier vacío o separación mayor a 0,1 mm (0,004 pulg). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6,4 mm (0,25 pulg) y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2 pulg), y se deben extender al ancho total de la muestra. Las separaciones mayores de 0,38 mm (0,015 pulg) deberán ser eliminadas solo por refrentado o limado de la superficie.



## “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”

Figura 18: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz, puede variar las características físicas de ésta y afectar los resultados del ensayo.



Fuente: [https://www.google.com/search?q=rotura+de+viga+en+el+punto+medio&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjTpZTv\\_afbAhWnt1kKHU\\_KDe8Q\\_AUICigB&biw=1242&bih=557#imgrc=-onl3gv2fm5rzM](https://www.google.com/search?q=rotura+de+viga+en+el+punto+medio&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjTpZTv_afbAhWnt1kKHU_KDe8Q_AUICigB&biw=1242&bih=557#imgrc=-onl3gv2fm5rzM)

### 3.2.8. Proceso de obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para llegar a la finura deseada

Preparación de la muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar para preparación del concreto. El cálculo realizado se encuentra en Anexos.

Se obtuvo de la agroindustria San Jacinto S.A, la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Sin embargo, lo que desecha diariamente la agroindustria San Jacinto es un conjunto de ceniza y restos de bagazo, las cuales salen producto de la combustión en las calderas y maquinas a vapor. Ante esto se hizo un proceso de tamizado y molienda, esto con el fin de obtener una ceniza libre de impureza y teniendo un grado de finura como estipula la norma.



## “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”

---

A continuación se mostrará el procedimiento para obtener la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) de la Agroindustria San Jacinto S.A, en buenas condiciones para el uso en el concreto:

1. La ceniza se obtiene en estado húmedo.
2. Posteriormente se hizo colocar a cielo abierto, procurando cubrirlo mientras haya demasiado viento. También otra parte de ceniza, se hizo un secado mediante hornos a una temperatura de 100°C. Con este último, fue más eficiente para obtener una ceniza en condiciones de humedad cómo la norma exige.
3. La cantidad de ceniza se redujo al 45% aproximadamente.
4. Después se hizo el tamizado por la malla #50, para eliminar todo resto de bagazo sin sufrir combustión alguna. En este proceso se redujo un 20 %, quedando aproximadamente 30 % del total.
5. Posteriormente, se utilizó un molino casero, cuya función es de obtener el grado de finura reglamentada. Se hizo varias pruebas con la finalidad de tener el grado de finura adecuada. Se hizo dos pasadas por el molino para una misma muestra.
6. Posteriormente se hizo el ensayo de tamiz lavado por la malla #325, con la finalidad de retener como máximo el 34%. No se tuvo lo esperado, ya que los ensayos indicaban que se retenía cerca del 45%.
7. Se observó, que la muestra tenía partículas de arenisca. Y por tal motivo se hizo un tamizado por la malla #200. Con esto, se redujo al 55 % de la muestra que quedaba, quedando aproximadamente el 12.38 % del total. Posteriormente se hizo el ensayo de tamiz lavado por la malla #325, obteniéndose un promedio de 26.26%.



# **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES**



**“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”**

**IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**4.1. Resultados del análisis de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.**

**4.1.1. Análisis de composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar**

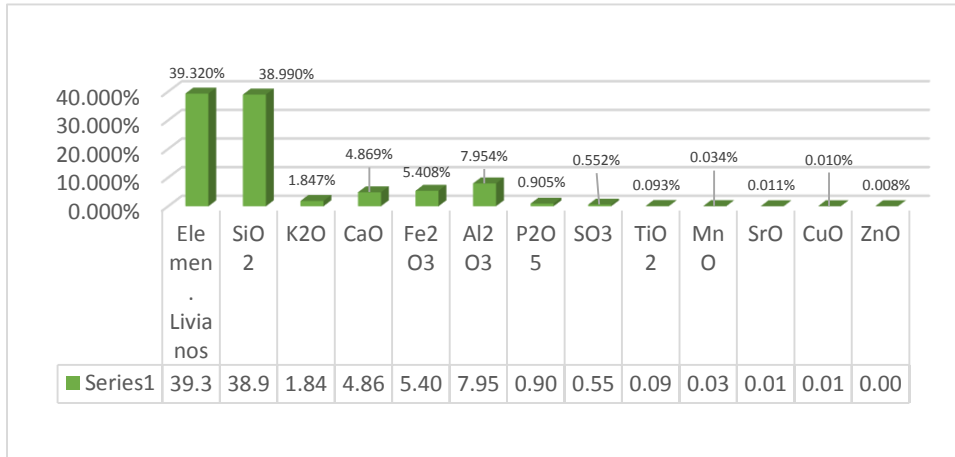


Diagrama 2: Análisis de composición química expresado en Óxidos de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

Se observa que la ceniza de bagazo de caña de azúcar presenta en un mayor porcentaje el Óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) en comparación a los diversos óxidos.

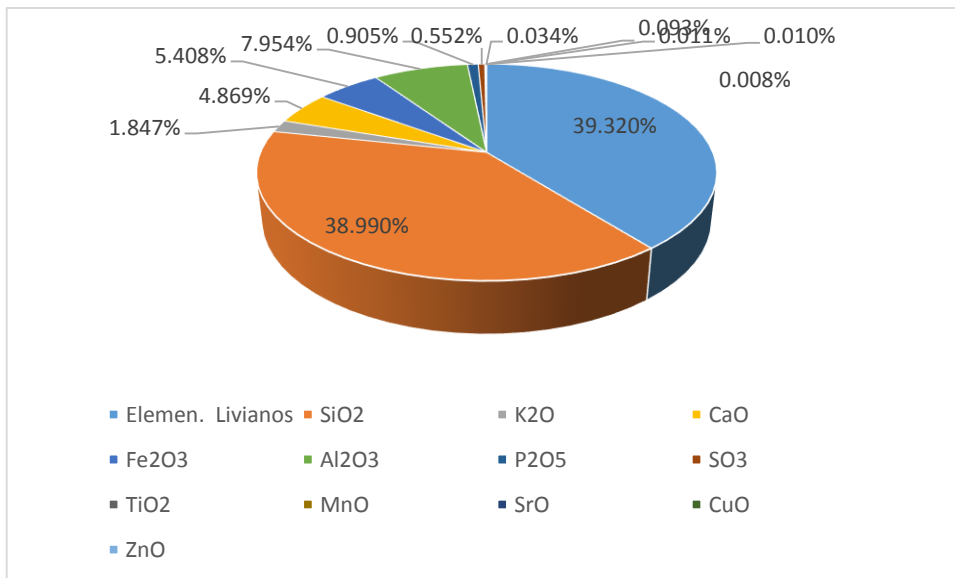


Diagrama 3: Clasificación química de CBCA

➤  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 38.32 + 7.954 + 5.408 = 51.682\%$



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

La CBCA muestra una suma de Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>), Trióxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y Óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); de 51.682%.

- Oxido de potasio (K<sub>2</sub>O) -1.847% y Oxido de magnesio (MgO) – 0.034%, suman 1.881%.
- Presenta un 39.32% de elementos livianos.

**4.1.2. Análisis de PH**

Tabla 42 Análisis de PH

Descripción	Datos
Cemento	13.43
CBCA	9.37

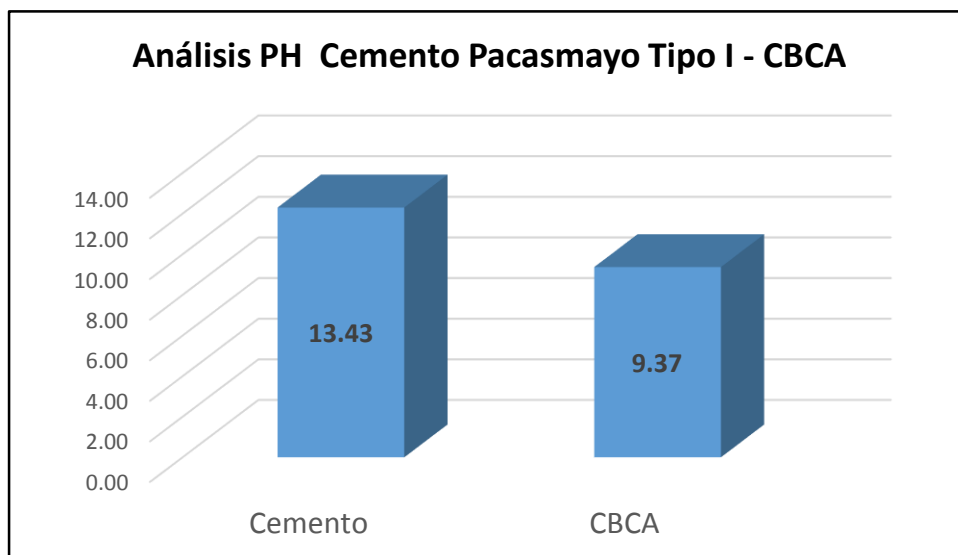


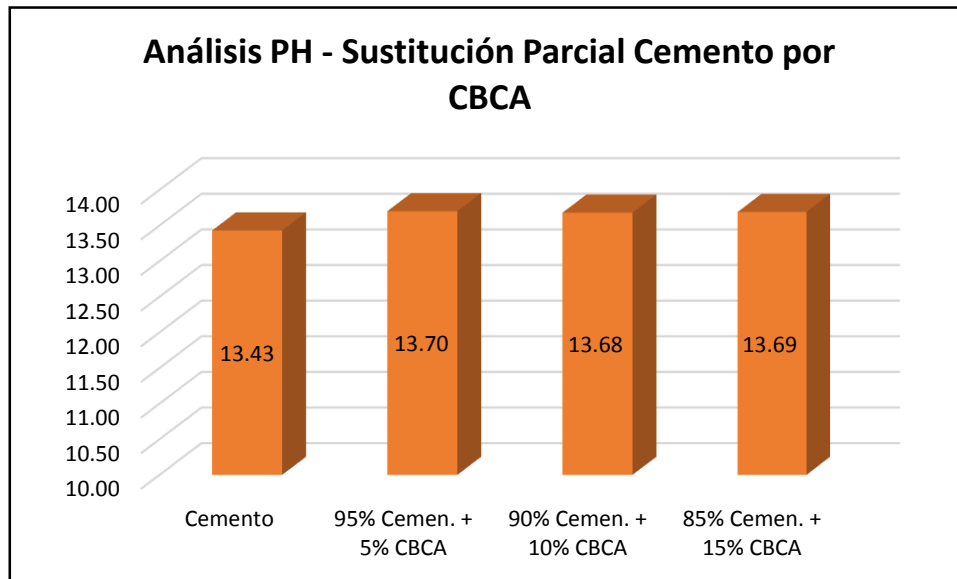
Diagrama 4: PH Cemento – CBCA

Tabla 43: PH del cemento y de la ceniza sustituida parcialmente

Descripción	Datos
Cemento	13.43
95% Cemen. + 5% CBCA	13.70
90% Cemen. + 10% CBCA	13.68
85% Cemen. + 15% CBCA	13.69



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”



*Diagrama 5: PH Sust. Parcial Cemento por CBCA*

### 4.2. Resultado de los ensayos realizados a los agregados utilizados en laboratorio para el cálculo de diseño de mezcla.

#### 4.2.1. Agregado Grueso

Los resultados de los ensayos realizados al Agregado Grueso son:

- Tamaño Máximo Nominal:  $\frac{3}{4}$ "
- Peso Seco Compactado: 1553.88 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Específico: 2760.34 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción: 0.35%
- Contenido de Humedad: 0.25%
- Peso Unitario Suelto: 1422.48 kg/m<sup>3</sup>

Los datos y procesos de los ensayos, se ubican en los Anexos.

#### 4.2.2. Agregado Fino

Los resultados de los ensayos realizados al Agregado Grueso son:

- Módulo de Fineza: 2.93
- Peso Seco Compactado: 1809.62 kg/m<sup>3</sup>





## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- Peso Específico: 2740.45 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción: 0.94 %
- Contenido de Humedad: 0.72 %
- Peso Unitario Suelto: 1638.24 kg/m<sup>3</sup>

Los datos y procesos de los ensayos, se ubican en los Anexos.

### 4.2.3. Diseño de Mezcla

El resultado del Diseño de Mezcla de acuerdo al Método de Diseño del Comité 211 del ACI son los siguientes:

- **Dosificación en peso – Concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> (Sin Sustitución)**

Cemento	= 1
Ag. Fino Húmedo	= 2.37
Ag. Grueso Húmedo	= 2.60
Agua electiva	= 0.57

- **Dosificación– Concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> (5% Sustitución de cemento por CBCA)**

Cemento	= 347.77 Kg/m <sup>3</sup>
Ag. Fino Húmedo	= 866.43 Kg/m <sup>3</sup>
Ag. Grueso Húmedo	= 950.24 Kg/m <sup>3</sup>
Agua electiva	= 207.840 Kg/m <sup>3</sup>
CBCA	= 18.3 Kg/m <sup>3</sup>

- **Dosificación– Concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> (10% Sustitución de cemento por CBCA)**

Cemento	= 329.463 Kg/m <sup>3</sup>
Ag. Fino Húmedo	= 866.43 Kg/m <sup>3</sup>



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

Ag. Grueso Húmedo = 950.24 Kg/m<sup>3</sup>

Agua electiva = 207.840 lts/m<sup>3</sup>

CBCA = 36.6 kg/ m<sup>3</sup>

- **Dosificación– Concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> (15% Sustitución de cemento por CBCA)**

Cemento = 311.16 Kg/m<sup>3</sup>

Ag. Fino Húmedo = 866.43 Kg/m<sup>3</sup>

Ag. Grueso Húmedo = 950.24 Kg/m<sup>3</sup>

Agua electiva = 207.840 lts/m<sup>3</sup>

CBCA = 55 kg/ m<sup>3</sup>

Los datos y procedimiento del cálculo se ubican en los Anexos.

### 4.3. Ensayo de resistencia a la compresión y flexión

#### 4.3.1. Resistencia a la compresión

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos a compresión de los especímenes ensayados los cuales fueron ensayados a los 7 días, 14 días y 28 días.

Los resultados obtenidos de los ensayos a compresión para sustitución de 0% 5%, 10% y 15% para diferentes edades (7, 14 y 28 días) se muestran en los diagramas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 donde se puede apreciar que los valores de la resistencia a compresión van incrementando.

Realizando la comparación de los resultados obtenidos con la sustitución de 5%, 10% y 15% para las tres edades (7, 14 y 28 días) de concreto ensayadas, los resultados promedios se muestran en las gráficas 4, 5 y 6, donde puede observar que para una incorporación de 5% para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

165.33 Kg/cm<sup>2</sup>, 214.33 Kg/cm<sup>2</sup>, 226.00 Kg/cm<sup>2</sup>, para una incorporación de 10% para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo 184.00 Kg/cm<sup>2</sup>, 217.33 Kg/cm<sup>2</sup>, 231.10 Kg/cm<sup>2</sup> y para una incorporación de 15% para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo 163.33 Kg/cm<sup>2</sup>, 180.67 Kg/cm<sup>2</sup>, 205.67 Kg/cm<sup>2</sup>.

Con respecto al peso unitario del concreto fresco, se obtuvo un valor promedio para el patrón de 2242.14 kg/m<sup>3</sup>, para la sustitución del 5% de cemento por ceniza fue de 2207.55 kg/m<sup>3</sup>, del 10 % fue de 2179.25 kg/m<sup>3</sup> y del 15% fue de 2153.46 kg/m<sup>3</sup> (Ver anexo), siendo menor a mas porcentaje de sustitución.

Diagrama 6: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP) a los 7 días de curado

TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C	
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	PATRÓN	4	23/03/2018	30/03/2018	7	194	92.38%
2	PATRÓN	4	23/03/2018	30/03/2018	7	199	94.76%
3	PATRÓN	4	23/03/2018	30/03/2018	7	189	90.00%

Diagrama 7: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP) a los 14 días de curado

TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C	
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	PATRÓN	4	23/03/2018	06/04/2018	14	228	108.57%
2	PATRÓN	4	23/03/2018	06/04/2018	14	227	108.10%
3	PATRÓN	4	23/03/2018	06/04/2018	14	235	111.90%

Diagrama 8: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (PP) a los 28 días de curado

TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C	
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	268	127.62%
2	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	258	122.86%
3	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	265	125.24%
4	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	255	120.48%
5	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	267	127.14%
6	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	257	122.38%
7	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	268	127.62%
8	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	258	122.86%
9	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	266	126.67%
10	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	256	121.90%



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

11	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	274	130.48%
12	PATRÓN	3.5	26/03/2018	23/04/2018	28	264	125.71%
13	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	255.5	121.67%
14	PATRÓN	3.5	26/03/2018	23/04/2018	28	245.5	116.90%
15	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	267	127.14%
16	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	257	122.38%
17	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	268	127.62%
18	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	258	122.86%
19	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	267	127.14%
20	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	257	122.38%
21	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	274.5	130.71%
22	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	264.5	125.95%
23	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	256.5	122.14%
24	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	246.5	117.38%
25	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	265.5	126.43%
26	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	255.5	121.67%
27	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	274.5	130.71%
28	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	265.5	125.95%
29	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	261	124.76%
30	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	252	120.00%

Diagrama 9: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 5% (PA-5%) a los 7 días de curado.

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F´C
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm2	(%)
1	SUSTITUCIÓN 5%	3.5	23/03/2018	30/03/2018	7	161	76.67%
2	SUSTITUCIÓN 5%	3.5	23/03/2018	30/03/2018	7	168	80.00%
3	SUSTITUCIÓN 5%	3	23/03/2018	30/03/2018	7	167	79.52%

Diagrama 10: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 5% (PA-5%) a los 14 días de curado.

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F´C
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm2	(%)
1	SUSTITUCIÓN 5%	3.5	23/03/2018	06/04/2018	14	219	104.29%
2	SUSTITUCIÓN 5%	3.5	23/03/2018	06/04/2018	14	215	102.38%
3	SUSTITUCIÓN 5%	4	23/03/2018	06/04/2018	14	209	99.52%



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Diagrama 11: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 5% (PA-5%) a los 28 días de curado.

TESTIGO		SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC kg/cm2	FC/F' C (%)
Nº	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
1	SUSTITUCIÓN 5%	3.5	23/03/2018	20/04/2018	28	229	109.05%
2	SUSTITUCIÓN 5%	4	23/03/2018	20/04/2018	28	225	107.14%
3	SUSTITUCIÓN 5%	4	23/03/2018	20/04/2018	28	224	106.67%

Diagrama 12: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 10% (PA-10%) a los 7 días de curado.

TESTIGO		SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC kg/cm2	FC/F' C (%)
Nº	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
1	SUSTITUCIÓN 10%	3.5	24/03/2018	31/03/2018	7	179	85.24%
2	SUSTITUCIÓN 10%	3	24/03/2018	31/03/2018	7	193	91.90%
3	SUSTITUCIÓN 10%	3	24/03/2018	31/03/2018	7	180	85.71%

Diagrama 13: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 10% (PA-10%) a los 14 días de curado.

TESTIGO		SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC kg/cm2	FC/F' C (%)
Nº	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
1	SUSTITUCIÓN 10%	3	24/03/2018	07/04/2018	14	214	101.90%
2	SUSTITUCIÓN 10%	3	24/03/2018	07/04/2018	14	218	103.81%
3	SUSTITUCIÓN 10%	3	24/03/2018	07/04/2018	14	220	104.76%

Diagrama 14: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 10% (PA-10%) a los 28 días de curado.

TESTIGO		SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC kg/cm2	FC/F' C (%)
Nº	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
1	SUSTITUCIÓN 10%	3	24/03/2018	21/04/2018	28	238	113.33%
2	SUSTITUCIÓN 10%	3	24/03/2018	21/04/2018	28	232	110.48%
3	SUSTITUCIÓN 10%	3.5	24/03/2018	21/04/2018	28	228	108.57%



**“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”**

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F’C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	240	114.29%
2	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
3	SUSTI. 10%	3.5	24/04/2018	22/05/2018	28	237	112.86%
4	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	227	108.10%
5	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	233	110.95%
6	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	223	106.19%
7	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	237	112.86%
8	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	227	108.10%
9	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	240	114.29%
10	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
11	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
12	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	220	104.76%
13	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	232	110.48%
14	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	222	105.71%
15	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	243	115.71%
16	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	233	110.95%
17	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	232	110.48%
18	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	222	105.71%
19	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	236	112.38%
20	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	226	107.62%
21	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	233	110.95%
22	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	223	106.19%
23	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
24	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	220	104.76%
25	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	235	111.90%
26	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	225	107.14%
27	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	244	116.19%
28	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	234	111.43%
29	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	240	114.29%
30	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Diagrama 15: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 15% (PA-15%) a los 7 días de curado.

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F´C
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm2	(%)
1	SUSTITUCIÓN 15%	2.5	24/03/2018	31/03/2018	7	162	77.14%
2	SUSTITUCIÓN 15%	3	24/03/2018	31/03/2018	7	160	76.19%
3	SUSTITUCIÓN 15%	2.5	24/03/2018	31/03/2018	7	168	80.00%

Diagrama 16: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 15% (PA-15%) a los 14 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F´C
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm2	(%)
1	SUSTITUCIÓN 15%	2.5	24/03/2018	07/04/2018	14	188	89.52%
2	SUSTITUCIÓN 15%	2.5	24/03/2018	07/04/2018	14	175	83.33%
3	SUSTITUCIÓN 15%	3	24/03/2018	07/04/2018	14	179	85.24%

Diagrama 17: Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 15% (PA-15%) a los 28 días de curado.

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F´C
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm2	(%)
1	SUSTITUCIÓN 15%	2.5	24/03/2018	21/04/2018	28	205	97.62%
2	SUSTITUCIÓN 15%	3	24/03/2018	21/04/2018	28	202	96.19%
3	SUSTITUCIÓN 15%	2.5	24/03/2018	21/04/2018	28	210	100.00%



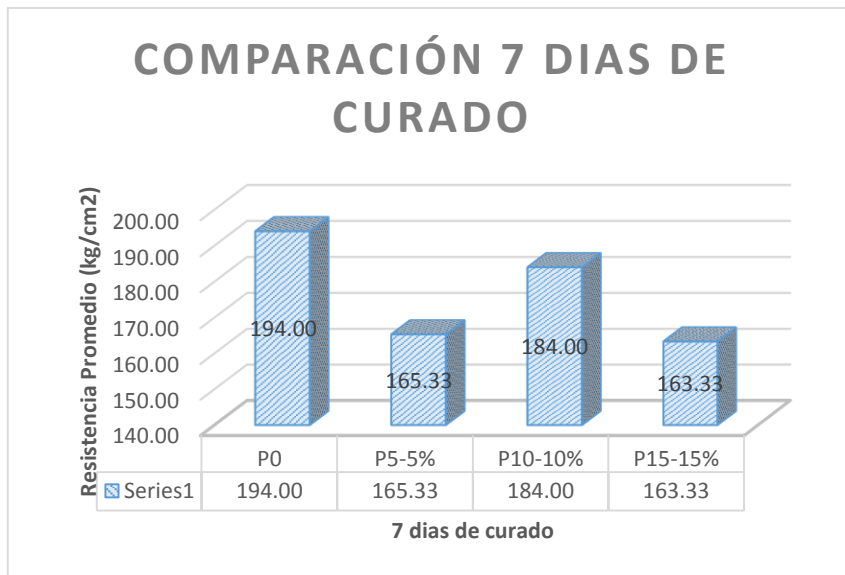
**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Diagrama 18: Resumen de resultados de la resistencia a compresión.

% Sustitución	Resistencia promedio a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	7	14	28
<b>P0</b>	194.00	230.00	261.4
<b>P5-5%</b>	165.33	214.33	226.00
<b>P10-10%</b>	184.00	217.33	231.1
<b>P15-15%</b>	163.33	180.67	205.67

**Fuente:** Elaboración propia.

Diagrama 19: Comparación de la resistencia a los 7 días de curado.



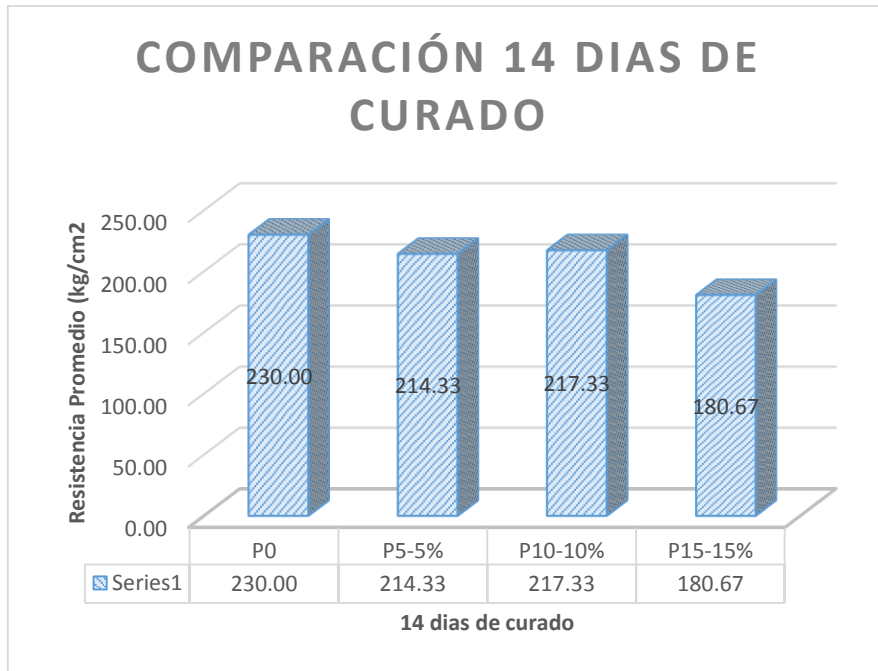
**Fuente:** Elaboración propia.





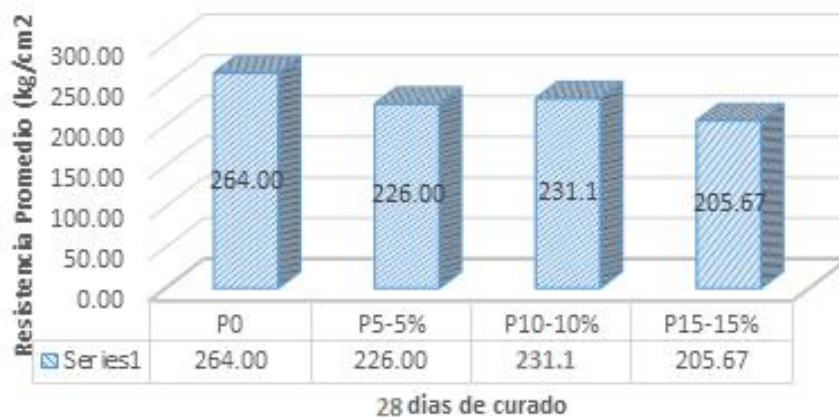
“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Diagrama 20: Comparación de la resistencia a los 14 días de curado.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Diagrama 21: Comparación de la resistencia a los 28 días de curado.

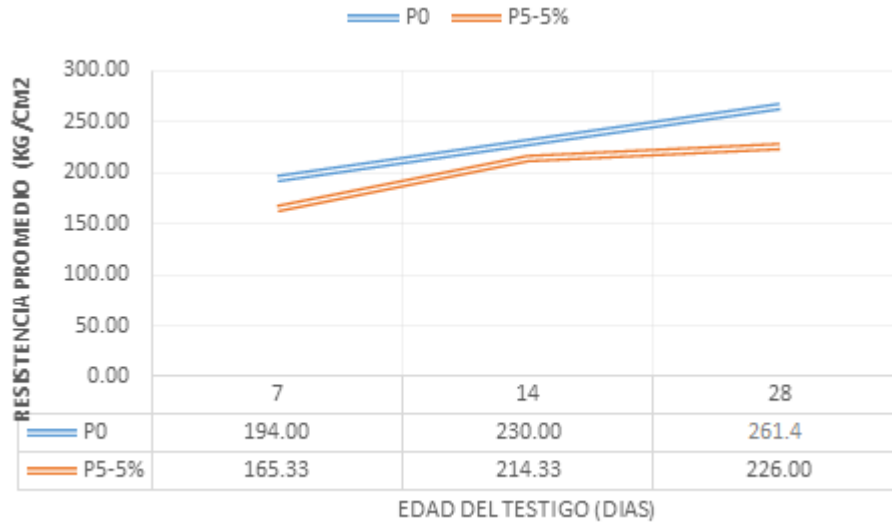


Fuente: Elaboración propia, 2018



## “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”

Diagrama 22: Resistencia a la compresión Patrón versus Resistencia a la compresión sustituido parcialmente el cemento en 5% por la ceniza de bagazo de caña.



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

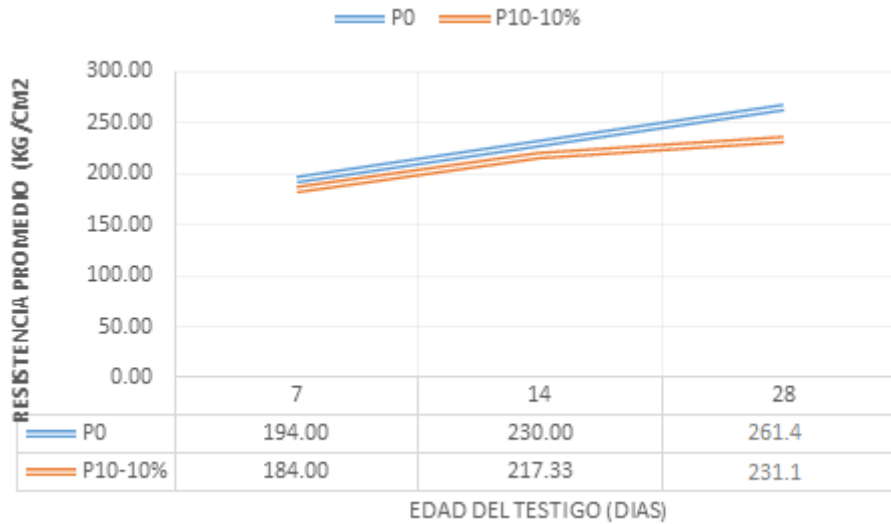
El diagrama 20 muestra que para el concreto con el porcentaje de 5% de sustitución del cemento por la CBCA – San Jacinto, presenta una disminución de resistencia a los 28 días con respecto al patrón para una resistencia especificada de 210kg/cm<sup>2</sup> ( $a/c=0,56$ ).

También se observa que en ninguna edad supera al concreto patrón y con respecto a la resistencia promedio a los 28 días hubo una disminución del 13.54%.



“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”

Diagrama 23: Resistencia a la compresión Patrón versus Resistencia a la compresión sustituido parcialmente el cemento en 10% por la ceniza de bagazo de caña.



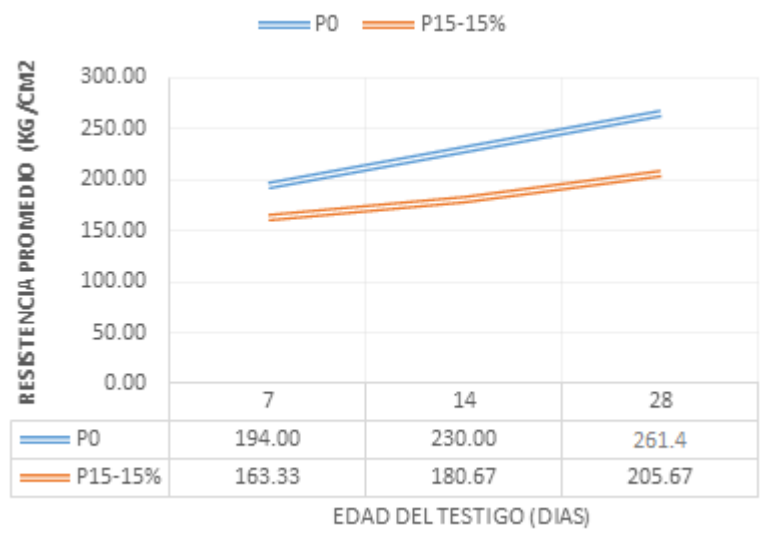
**Fuente:** Elaboración propia, 2018

El diagrama 21 muestra que para el concreto con el porcentaje de 10% de sustitución del cemento por la CBCA – San Jacinto, presenta una disminución de resistencia a los 28 días con respecto al patrón para una resistencia especificada de 210kg/cm<sup>2</sup> (a/c=0,56). También se observa que en ninguna edad supera al concreto patrón y con respecto a la resistencia promedio a los 28 días hubo una disminución del 11.59%.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Diagrama 24: Resistencia a la compresión Patrón versus Resistencia a la compresión sustituido parcialmente el cemento en 15% por la ceniza de bagazo de caña.



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

El diagrama 22 muestra que para el concreto con el porcentaje de 15% de sustitución del cemento por la CBCA – San Jacinto, presenta una disminución de resistencia con respecto a los 28 días al patrón para una resistencia especificada de 210kg/cm<sup>2</sup> ( $a/c=0,56$ ).

También se observa que en ninguna edad supera al concreto patrón y con respecto a la resistencia promedio a los 28 días hubo una disminución del 21.32%.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

### **4.3.2. Resistencia a la flexión**

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos a la flexión de los especímenes ensayados los cuales fueron ensayados a los 28 días. Los resultados obtenidos de los ensayos a flexión para sustitución de 0% 5%, 10% y 15% para 28 días, se muestran a continuación:



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Diagrama 25: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto PATRÓN con y sin acero de refuerzo

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)	CARGA MÁX (daN)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO (Mpa)
P-01 - PATRON SIN ACERO DE REFUERZO	50	15.20	15.20	42	2064.90	2.47	2.36
P-02 - PATRON SIN ACERO DE REFUERZO	51	15.1	15.20	42	1884.50	2.27	
P-03 – PATRON SIN ACERO DE REFUERZO	50	15.20	15.10	41	1974.70	2.34	
P-01 - PATRON CON ACERO DE REFUERZO	50.5	15.20	15.50	42	11657.65	13.41	13.06
P-02 - PATRON CON ACERO DE REFUERZO	50	15.30	15.50	40	11126.78	12.43	
P-03 - PATRON CON ACERO DE REFUERZO	50	15.30	15.30	41	11652.80	13.34	



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

---

Diagrama 26: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto 5% sustituido con y sin acero de refuerzo

<b>PRISMA</b>	<b>LARGO</b> (cm)	<b>ANCHO</b> (cm)	<b>ALTO</b> (cm)	<b>LUZ ENTRE APOYOS</b> (cm)	<b>CARGA MÁX</b> (daN)	<b>MÓDULO DE ROTURA</b> (Mpa)	<b>MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO</b> (Mpa)
P-01 - 5% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50	15.20	15.30	42	1311.50	1.55	1.70
P-02 - 5% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50.20	15.10	15.20	42	1532.40	1.84	
P-03 - 5% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50.10	15.20	15.10	42	1421.95	1.72	
P-01 - 5% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	49.90	15.30	15.20	38	9415.50	10.12	11.71
P-02 - 5% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50	15.20	15.30	38	12237.40	13.07	
P-03 - 5% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50.10	15.20	15.20	38	10826.45	11.71	



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Diagrama 27: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto 10% sustituido con y sin acero de refuerzo

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)	CARGA MÁX (daN)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO (Mpa)
P-01 - 10% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	49.60	15.10	15.30	42	1738.20	2.07	2.05
P-02 - 10% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50.2	15.1	15.2	42	1674.3	2.02	
P-03 - 10% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50	15.10	15.20	42	1706.25	2.05	
P-01 - 10% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50.20	15.30	15.10	38	12040.20	13.12	12.48
P-02 - 10% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50.10	15.25	15.20	38	11040.20	11.91	
P-03 - 10% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50	15.30	15.20	38	11540.20	12.41	





“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Diagrama 28: Resultados obtenidos del ensayo a flexión del concreto 15% sustituido con y sin acero de refuerzo

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)	CARGA MÁX (daN)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO (Mpa)
P-01 - 15% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50.20	15.30	15.30	42.00	1544.5	1.81	1.89
P-02 - 15% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50.00	15.20	15.4	42.00	1673.7	1.95	
P-03 - 15% SUSTITUCIÓN SIN ACERO DE REFUERZO	50.00	15.30	15.20	42.00	1609.10	1.91	
P-01 - 15% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50.20	15.20	15.20	38.00	10180.6	11.02	11.17
P-02 - 15% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50.00	15.20	15.20	38.00	10417.8	11.27	
P-03 - 15% SUSTITUCIÓN CON ACERO DE REFUERZO	50.00	15.10	15.20	38.00	10299.20	11.22	

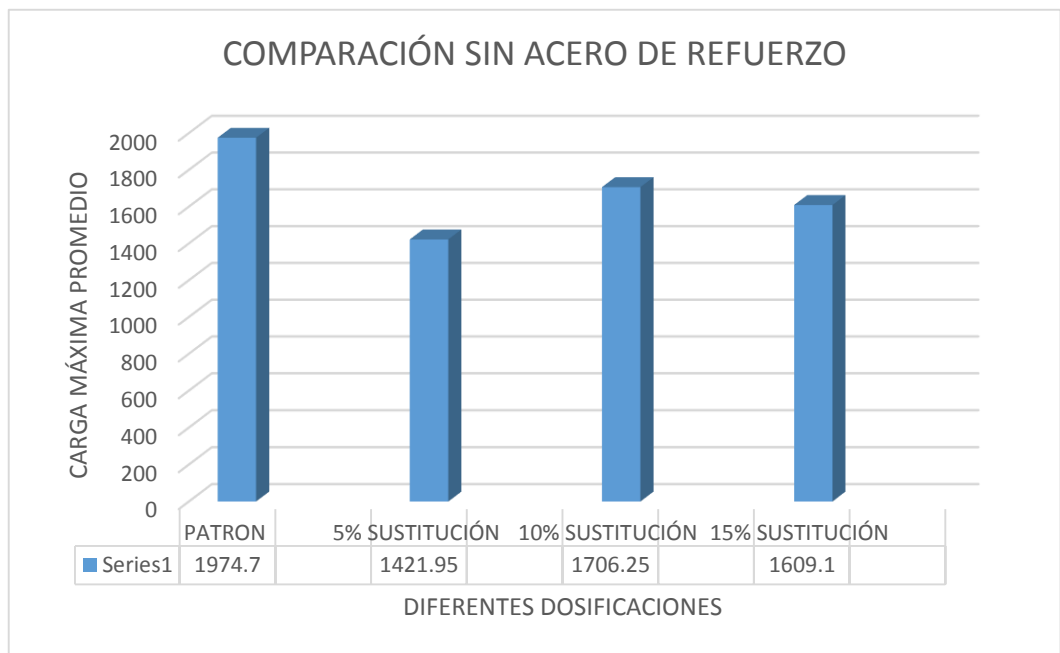


“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Diagrama 29: Carga máxima promedio sin acero de refuerzo (daN)

% SUSTITUCIÓN	Carga Máxima promedio sin acero de refuerzo (daN - ton)	Módulo de rotura promedio (Mpa)
<b>V0</b>	1974.7daN - 2.01 ton	2.36
<b>V5-5%</b>	1421.95 - 1.45 ton	1.70
<b>V10-10%</b>	1706.25 – 1.74 ton	2.05
<b>V15-15%</b>	1609.1 – 1.64 ton	1.89

FUENTE: Elaboración propia



- De los resultados obtenidos en la Prueba de Flexión, se registra que en el grupo de Módulo de rotura Máxima promedio sin acero de refuerzo fue la viga V0 (viga Patrón) es la que alcanzó un módulo de rotura de 2.36 Mpa y la mayor carga puntual máxima (1974.7 daN).
- Para el concreto con sustitución del 5% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) el módulo de rotura fue de 1.70 Mpa y la mayor carga puntual máxima (1421.95 daN).



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

- Para el concreto con sustitución del 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) el módulo de rotura fue de 2.05 Mpa y la mayor carga puntual máxima (1706.25 daN).
- Para el concreto con sustitución del 15% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) el módulo de rotura fue de 1.89 Mpa y la mayor carga puntual máxima (1609.1 daN).

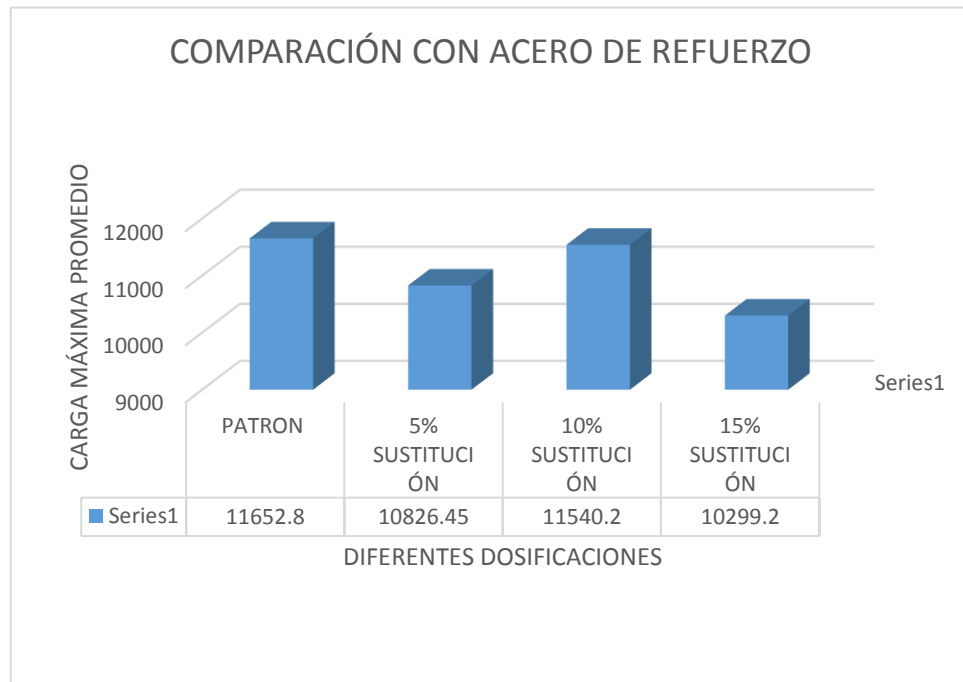
Diagrama 30: Carga máxima promedio con acero de refuerzo (daN)

% SUSTITUCIÓN	Carga Máxima promedio con acero de refuerzo (daN - ton)
<b>P0</b>	11652.8 - 11.89 ton
<b>P5-5%</b>	10826.45 - 11.05 ton
<b>P10-10%</b>	11540.2 – 11.78 ton
<b>P15-15%</b>	10299.2 – 10.52 ton

FUENTE: Elaboración propia



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”



- Las vigas fueron diseñadas para soportar una carga máxima de 9.14 ton (8963.42 daN) (Ver Anexos). Los ensayos especificaron que sobrepasó las cargas máximas a las que fueron diseñadas.
- De los resultados obtenidos en la Prueba de Flexión para vigas reforzadas, se registra que en el grupo de Módulo de rotura Máxima promedio sin acero de refuerzo fue la viga V0 (viga Patrón) con un valor de 13.06 Mpa y la mayor carga puntual máxima (11652.8daN = 11.89 ton).
- Para el concreto con sustitución del 5% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) el módulo de rotura fue de 11.63 Mpa y la mayor carga puntual máxima (10826.45 daN = 11.054 ton).
- Para el concreto con sustitución del 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) el módulo de rotura fue de 12.48 Mpa y la mayor carga puntual máxima (11540.2 daN = 11.78 ton).



## “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”

---

- Para el concreto con sustitución del 15% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) el módulo de rotura fue de 11.17 Mpa y la mayor carga puntual máxima (10299.2daN = 10.52 ton).

### **4.3.3. Análisis De Viabilidad Técnica Y Económica Del Uso De Concreto Con Sustitución Parcial De Cemento Por Bagazo De Caña De Azúcar (CBCA) – San Jacinto.**

Para que la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar sea viable en la industria de la construcción debe cumplir los requisitos de ser ecológico, económico. y cuyas resistencias de diseño en el concreto sean similares con los componentes tradicionales.

Entonces el concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) es ecológico puesto de que la producción de cemento en el Ancash es actualmente 395,500 toneladas al año. Ante esto por cada tonelada de cemento se produce 0.5 toneladas de CO<sub>2</sub>, por lo tanto, disminuir el uso de bolsas de cemento, ayuda a mermar las emisiones de CO<sub>2</sub>, y asimismo se usa reutiliza un producto desechable.

De esta manera el uso de la ceniza provocaría que la industria de la construcción ayude a disminuir los problemas ecológicos.



## “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”

### 4.3.3.1. Análisis de Costos Unitarios

El costo unitario para producir una bolsa de 42.5 kg de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) es S/7.01. Dichos cálculos se encuentran en los anexos.

Para la dosificación del concreto patrón, se usó los valores hallados en este estudio adicionándole un porcentaje de desperdicio:

<b>F'c</b>	<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>
210 kg/cm <sup>2</sup>	9.23 bls	0.34 m <sup>3</sup>	0.37 m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>

Para la dosificación del concreto con 5% de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) San Jacinto, se usó los valores hallados en este estudio adicionándole un porcentaje de desperdicio:

<b>F'c</b>	<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>Ceniza</b>
210 kg/cm <sup>2</sup>	8.75 bls	0.34 m <sup>3</sup>	0.37 m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>	0.46 bls

Para la dosificación del concreto con 10% de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) San Jacinto, se usó los valores hallados en este estudio adicionándole un porcentaje de desperdicio:

<b>F'c</b>	<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>Ceniza</b>
210 kg/cm <sup>2</sup>	7.75 bls	0.34 m <sup>3</sup>	0.37 m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>	0.90 bls

Para la dosificación del concreto con 15% de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) San Jacinto, se usó los valores hallados en este estudio adicionándole un porcentaje de desperdicio:

<b>F'c</b>	<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>Ceniza</b>
210 kg/cm <sup>2</sup>	7.73 bls	0.34 m <sup>3</sup>	0.37 m <sup>3</sup>	0.24 m <sup>3</sup>	1.24 bls



**“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”**

Para realizar el costo unitario, se referenció para elementos estructurales y un rendimiento promedio por m<sup>3</sup> según CAPECO.

Tabla 44: Concreto sin sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

<b>Rendimiento</b>	<b>20 m<sup>3</sup>/día</b>		<b>Precio:</b>		<b>S/. 299.75</b>
<b>Descrip.</b>	<b>Und.</b>	<b>Cuadr.</b>	<b>Cant,</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	HH	1.000	0.400	12.79	5.12
Peon	HH	10.000	4.000	11.53	46.12
Oper. Equip. Livian.	HH	2.000	0.800	15.74	12.59
					<b>63.83</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Tipo I	BLS		9.041	18.64	168.51
Arena Gruesa	M3		0.330	60.00	19.78
Piedra chancada 3/4"	M3		0.360	70.00	25.21
Agua	M3		0.217	7.00	1.52
					<b>215.03</b>
<b>Equip. y Herram.</b>					
Herram. Manual	%MO		3.00	63.83	1.91
Mezcl. Tamb. 18 HP	HM	1	0.400	23.73	9.49
Vibrador Concreto	HM	1	0.400	23.73	9.49
					<b>20.89</b>

Se tiene costo unitario por m<sup>3</sup> de concreto sin sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) un costo de S/. 299.75.



**“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”**

Tabla 45: Concreto con sustitución de 5% cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

<b>Rendimiento</b>	<b>20 m3/día</b>		<b>Precio:</b>		<b>S/. 294.48</b>
<b>Descrip.</b>	<b>Und.</b>	<b>Cuadr.</b>	<b>Cant,</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	HH	1.000	0.400	12.79	5.12
Peon	HH	10.000	4.000	11.53	46.12
Oper. Equip. Livian.	HH	2.000	0.800	15.74	12.59
					<b>63.83</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Tipo I	BLS		8.588	18.64	160.09
Arena Gruesa	M3		0.330	60.00	19.78
Piedra chancada 3/4"	M3		0.360	70.00	25.21
Agua	M3		0.215	7.00	1.51
Ceniza	BLS.		0.452	7.01	3.17
					<b>209.76</b>
<b>Equip. y Herram.</b>					
Herram. Manual Mezcl. Tamb 18	%MO		3.00	63.83	1.91
HP	HM	1	0.400	23.73	9.49
Vibrador Concreto	HM	1	0.400	23.73	9.49
					<b>20.89</b>

Se tiene costo unitario por m3 de concreto con sustitución de 5% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) un costo de S/. 294.48, siendo el costo menor con una diferencia de S/5.27 por m3 de concreto.





**“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”**

Tabla 46: Concreto con sustitución de 10% cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

<b>Rendimiento</b>	<b>20 m3/día</b>		<b>Precio:</b>		<b>S/. 289.24</b>
<b>Descrip.</b>	<b>Und.</b>	<b>Cuadr.</b>	<b>Cant,</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	HH	1.000	0.400	12.79	5.12
Peon	HH	10.000	4.000	11.53	46.12
Oper. Equip. Livian.	HH	2.000	0.800	15.74	12.59
					<b>63.83</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Tipo I	BLS		8.136	18.64	151.66
Arena Gruesa	M3		0.330	60.00	19.78
Piedra chancada 3/4"	M3		0.360	70.00	25.21
Agua	M3		0.217	7.00	1.52
Ceniza	BLS.		0.904	7.01	6.34
					<b>204.51</b>
<b>Equip. y Herreram.</b>					
Herreram. Manual Mezcl. Tamb 18	%MO		3.00	63.83	1.91
HP	HM	1	0.400	23.73	9.49
Vibrador Concreto	HM	1	0.400	23.73	9.49
					<b>20.89</b>

Se tiene costo unitario por m3 de concreto con sustitución de 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) un costo de S/. 289.74, siendo el costo menor con una diferencia de S/10.51 por m3 de concreto.



**“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”**

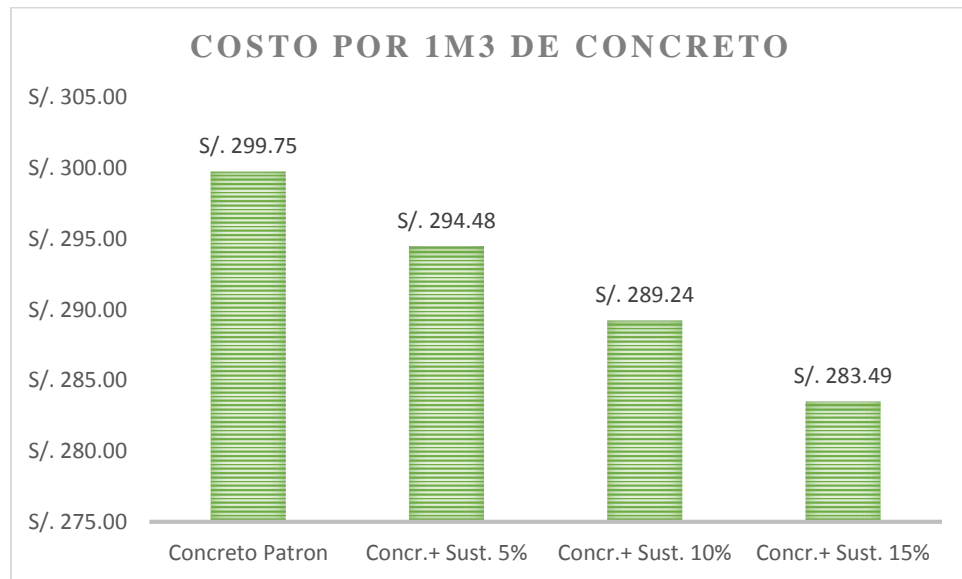
Tabla 47: Concreto con sustitución de 15% cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

<b>Rendimiento</b>	<b>20 m3/día</b>		<b>Precio:</b>		<b>S/. 283.49</b>
<b>Descrip.</b>	<b>Und.</b>	<b>Cuadr.</b>	<b>Cant,</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	HH	1.000	0.400	12.79	5.12
Peon	HH	10.000	4.000	11.53	46.12
Oper. Equip. Livian.	HH	2.000	0.800	15.74	12.59
					<b>63.83</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Tipo I	BLS		7.730	18.64	144.09
Arena Gruesa	M3		0.330	60.00	19.78
Piedra chancada 3/4"	M3		0.360	70.00	25.21
Agua	M3		0.217	7.00	1.52
Ceniza	BLS.		1.165	7.01	8.16
					<b>198.77</b>
<b>Equip. y Herram.</b>					
Herram. Manual	%MO		3.00	63.83	1.91
Mezcl. Tamb 18 HP	HM	1	0.400	23.73	9.49
Vibrador Concreto	HM	1	0.400	23.73	9.49
					<b>20.89</b>

Se tiene costo unitario por m3 de concreto con sustitución de 15% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) un costo de S/. 283.49, siendo el costo menor con una diferencia de S/16.26 por m3 de concreto.



## “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”



**Diagrama 31:** Costo por 1 m<sup>3</sup> de concreto para concreto patrón y concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

Del grafico podemos se puede observar que el uso de ceniza de ceniza de bagazo en el concreto como sustitución parcial del cemento sería más económico.

### 4.3.4. DISCUSIONES:

A continuación, se analizará y discutirá, los resultados que se obtuvieron en el presente capítulo, asimismo las comparaciones que se hizo con la finalidad de contrastar la hipótesis.

#### 4.3.4.1. SOBRE LA HIPÓTESIS:

“Si se hace la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto, entonces la resistencia a la compresión y flexión de un concreto mejorará”.

Para evaluar la presente hipótesis se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, flexión de testigos de concreto y vigas elaborados en el



## “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”

---

laboratorio de la Universidad Nacional del Santa los cuales los testigos de concreto fueron sustituidos parcialmente el cemento por la ceniza de bagazo de caña de azúcar, se procedió a colocar los testigos y vigas en agua para continuar el proceso de curado. La rotura de probetas se realizó a los 7, 14 y 28 días respectivamente y las vigas solo a los 28 días de curado, ello lo podemos visualizar en los diagramas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15. A continuación se realiza comentarios de todos los resultados obtenidos durante el desarrollo de la tesis.

### **Agregados**

✚ Al realizar el análisis de las propiedades físico – mecánicas de los agregados, se obtiene de la norma N.T.P. 400.037/ASTM C33, que estos están dentro de lo aceptable, teniendo el agregado fino las siguientes propiedades: un módulo de finura de 2.93, un contenido de humedad de 0.72%, peso específico de masa de 2740.45 kg/m<sup>3</sup>, absorción de 0.94%, peso unitario compactado seco de 1809.62 Kg/m<sup>3</sup>. El agregado grueso tiene las siguientes propiedades: contenido de humedad de 0.25%, peso específico de masa de 2760.34 Kg/m<sup>3</sup>, absorción de 0.35%, peso unitario compactado seco de 1553.88 Kg/m<sup>3</sup>.

### **Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)**

✚ El análisis fluorescencia de rayos X, indican que la ceniza de bagazo de caña de azúcar presenta entre Dioxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), Trioxido De Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y óxido de Hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) una suma de 52.35%, y presenta un 39.32% de elementos livianos, la cual indica que presenta componentes sin incinerar.



## “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”

---

- ✚ Presenta un porcentaje por encima de lo permitido según ASTM C-618 (1.5%), entre el óxido de potasio ( $K_2O$ ) y Oxido de Magnesio ( $MgO$ ).
- ✚ La ceniza usada en la elaboración de especímenes de concreto tuvo un grado de finura menor 34%.
- ✚ Del análisis de PH, se obtuvo resultados mayores al cemento Pacasmayo tipo I en comparación con las sustituciones del 5%, 10% y 15% de cemento por CBCA, siendo no perjudiciales su uso en el concreto.

### **Resistencia A Compresión:**

- ✚ Con la sustitución parcial del cemento por la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en 5%, 10% y 15%, hubo una disminución de resistencia con respecto al patrón
- ✚ En comparación con la sustitución parcial del cemento por la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en 5%, 10% y 15%, se obtuvo una mejor resistencia a la compresión del concreto con cemento sustituido del cemento del 10 % por CBCA. Posteriormente para la evaluación estadística se realizó 30 probetas a los 28 días, empleando una sustitución parcial del cemento del 10 % y sin sustitución.
- ✚ En los diagramas 7, 8 y 9 muestra que para una sustitución parcial de 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia sustituyendo en 5% a la edad de 28 días es superado en  $35.4\text{kg/cm}^2$  por el concreto patrón.
- ✚ En los diagramas 10, 11 y 12 muestra que para una sustitución parcial de 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de



## “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”

---

resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia sustituyendo en 10% a la edad de 28 días es superado en 30.3 kg/cm<sup>2</sup> por el concreto patrón.

- ✚ En los diagramas 13, 14 y 15 muestra que para una sustitución parcial de 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia sustituyendo en 15% a la edad de 28 días es superado en 55.73 kg/cm<sup>2</sup> por el concreto patrón.

### **Resistencia A La Flexión:**

#### **Concreto Sin Acero De Refuerzo**

- ✚ En el diagrama 23 muestra la resistencia a la flexión del concreto patrón, alcanza una carga máxima de 1974.70 daN y un módulo de rotura de 2.36 Mpa
- ✚ En el diagrama 24 muestra que para una sustitución parcial de 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia con respecto al patrón, asimismo alcanza una carga máxima de 1421.95 daN y un módulo de rotura de 1.70Mpa
- ✚ En el diagrama 25 muestra que para una sustitución parcial de 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia con respecto al patrón, asimismo alcanza una carga máxima de 1706.25 daN y un módulo de rotura de 2.05 Mpa
- ✚ En el diagrama 26 muestra que para una sustitución parcial de 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia



## “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”

---

con respecto al patrón, asimismo alcanza una carga máxima de 1609.10 daN y un módulo de rotura de 1.89 Mpa

### **Concreto Con Acero De Refuerzo**

- ✚ En el diagrama 23 muestra la resistencia a la flexión del concreto patrón, alcanza una carga máxima de 11126.78 daN – 11.89 ton y un módulo de rotura de 13.06 Mpa, pero si superan la carga a la cual fueron diseñadas
- ✚ En el diagrama 24 muestra que para una sustitución parcial de 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia con respecto al patrón, asimismo alcanza una carga máxima de 10826.45 daN – 11.05 ton y un módulo de rotura de 11.63Mpa, pero si superan la carga a la cual fueron diseñadas.
- ✚ En el diagrama 25 muestra que para una sustitución parcial de 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia con respecto al patrón, asimismo alcanza una carga máxima de 11040.20 daN - 11.78 ton y un módulo de rotura de 12.48 Mpa, pero si superan la carga a la cual fueron diseñadas.
- ✚ En el diagrama 26 muestra que para una sustitución parcial de 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar una disminución de resistencia con respecto al patrón, asimismo alcanza una carga máxima de 10299.20 daN – 10.52 ton y un módulo de rotura de 11.17 Mpa, pero si superan la carga a la cual fueron diseñadas.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

### Evaluación Estadística de los ensayos de Resistencia

Entre los porcentajes de sustitución empleados de cemento por CBCA, hubo un mejor comportamiento sustituyendo el 10% de cemento. Para lo cual se realizó 30 probeta empleando la sustitución parcial de cemento por CBCA, para realizar la evaluación estadística y comparar con las probetas patrones.

Diagrama 32: **Resistencia A La Compresión 210 Kg/Cm<sup>2</sup> - Patrón**

N° PROBETAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	VALORES PROMEDIO DE 2 PROBETAS
1	266	265
2	264	
3	268	255.5
4	243	
5	278	272
6	266	
7	266	262
8	258	
9	270	266
10	262	
11	276	274
12	272	
13	256	247.5
14	239	
15	262	268
16	274	
17	266	262.5
18	259	
19	266	261
20	256	
21	271	267
22	263	
23	242	232
24	222	
25	266	258.5
26	251	
27	266	262
28	258	
29	273	268
30	263	





“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

**Diagrama 33: Resistencia A La Compresión promedio de 2 probetas 210 Kg/Cm2 - Patrón**

VALORES PROMEDIO DE 2 PROBETAS kg / cm2		PROMEDIO DE 3 PROBETAS	Xi-Xprom.	(Xi-Xprom)^2
1	265		3.6	12.72
2	255.5		-5.9	35.20
3	272	264.2	10.6	111.65
4	262	263.2	0.6	0.32
5	266	266.7	4.6	20.85
6	274	267.3	12.6	157.92
7	247.5	262.5	-13.9	194.14
8	268	263.2	6.6	43.12
9	262.5	259.3	1.1	1.14
10	261	263.8	-0.4	0.19
11	267	263.5	5.6	30.99
12	232	253.3	-29.4	866.32
13	258.5	252.5	-2.9	8.60
14	262	250.8	0.6	0.32
15	268	262.8	6.6	43.12
SUMA	3921		SUMA	1526.62

Tenemos:

$D_s$  = Desviación estandar

$X_{prom}$  = Resistencia promedio

$X$  = Resistencia individual

$n$  = Número de ensayos

Para hallar el  $X_{prom}$ , utilizaremos la expresión:

$$X_{prom} = \frac{\sum Resistencia}{n} = \frac{3921.5}{15} = 261.4$$

La desviación estándar será:

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1526.62}{14}} = 10.44$$

La variación será:

$$V = \frac{D_s}{X_{prom}} \times 100 = \frac{10.44 \times 100}{261.4} = 3.99$$



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

*Tabla 48: Dispersión total y entre testigos*

DISPERSION TOTAL					
Clase de Operación	Desviación Estándar para diferentes grados de control ( Kg/cm <sup>2</sup> )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de Operación	Coeficiente de variación V para diferentes grados de control ( % )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

Fuente: Tópico de Tecnología del Concreto – Enrique Pasquel

- ✚ Al comparar la desviación estándar en la dispersión total obtenemos que el concreto en laboratorio es **excelente** al tener  $D_s=10.44 < 14.1$
- ✚ Al comparar la variación en la dispersión entre testigos obtenemos que el concreto en laboratorio es **bueno** al tener  $3.0 < V=3.99 < 4.0$

**Cálculo De  $f^{\wedge}cr$ :**

1. El promedio de todo los grupos de 3 ensayos de resistencia en compresión consecutivos sea  $\geq f^{\wedge}c$

$$f^{\wedge}cr = f^{\wedge}c + 1.34 * \alpha * D_s$$

Siendo  $\alpha=1.16$ , al trabajar con 15 muestras

$$f^{\wedge}cr = 210 + 1.34 * 1.16 * 10.44$$

$$f^{\wedge}cr = 226.2 \text{ kg/cm}^2$$

2. Ningún ensayo de resistencia debe ser menor que  $f^{\wedge}c$  en más de 35

$$\frac{kg}{cm^2}$$

$$f^{\wedge}cr = f^{\wedge}c - 35 + 2.33 * \alpha * D_s$$



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

---

$$f^{\text{cr}} = 210 - 35 + 2.33 * 1.16 * 10.44$$

$$f^{\text{cr}} = 203.2 \text{ kg/cm}^2$$

Escogiendo el mayor valor tenemos:

$$f^{\text{cr}} = 226.2 \text{ kg/cm}^2$$

Comprobando el factor t:

$$t = \frac{X_{\text{prom}} - 210}{D_s} = \frac{261.4 - 210}{10.44} = 4.9$$

$$t_{\text{patrón}} > t_{\text{ACI}} \dots\dots\dots 4.9 > 2.33 \dots \text{OK}$$

Encontramos una probabilidad mayor a 1/100 por debajo de  $f^{\text{c}}$ , lo cual es satisfactorio según el ACI 318 y tiene % de prueba dentro de los límites de 98 %.

*Diagrama 34: Resistencia a la Compresión 210 Kg/Cm2 – Sustitución 10%*

Nº PROBETAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	VALORES PROMEDIO DE 2 PROBETAS
1	236	235.5
2	235	
3	206	199
4	192	
5	238	232
6	226	
7	240	237
8	234	
9	224	225
10	226	
11	244	243
12	242	
13	232	225
14	218	
15	238	237
16	236	
17	234	235
18	236	
19	239	236.5
20	234	
21	244	243



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

22	242	
23	206	209
24	212	
25	238	237.5
26	237	
27	229	230.5
28	232	
29	244	242
30	240	

*Diagrama 35: Resistencia a la Compresión promedio de 2 probetas 210 Kg/Cm2 – Sustitución 10%*

VALORES PROMEDIO DE 2 PROBETAS kg/cm2		PROMEDIO DE 3 PROBETAS	Xi-Xprom.	(Xi-Xprom)^2
1	235.5		4.4	19.07
2	199		-32.1	1032.55
3	232	222.2	0.9	0.75
4	237	222.7	5.9	34.42
5	225	231.3	-6.1	37.62
6	243	235.0	11.9	140.82
7	225	231.0	-6.1	37.62
8	237	235.0	5.9	34.42
9	235	232.3	3.9	14.95
10	236.5	236.2	5.4	28.80
11	243	238.2	11.9	140.82
12	209	229.5	-22.1	489.88
13	237.5	229.8	6.4	40.53
14	230.5	225.7	-0.6	0.40
15	242	236.7	10.9	118.08
SUMA	3467		SUMA	2170.73

Tenemos:

$D_s$  = Desviación estandar

$X_{prom}$  = Resistencia promedio

$X$  = Resistencia individual

$n$  = Número de ensayos

Para hallar el  $X_{prom}$ , utilizaremos la expresión:

$$X_{prom} = \frac{\sum Resistencia}{n} = \frac{3467}{15} = 231.1$$



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

La desviación estándar será:

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2170.73}{14}} = 12.45$$

La variación será:

$$V = \frac{D_s}{X_{prom}} \times 100 = \frac{12.45 \times 100}{231.1} = 5.39$$

*Tabla 49: Dispersión total y entre testigos*

DISPERSION TOTAL					
Clase de Operación	Desviación Estándar para diferentes grados de control ( Kg/cm <sup>2</sup> )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de Operación	Coeficiente de variación V para diferentes grados de control ( % )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

Fuente: Tópico de Tecnología del Concreto – Enrique Pasquel

- ✚ Al comparar la desviación estándar en la dispersión total obtenemos que el concreto en laboratorio es **excelente**.
- ✚ Al comparar la variación en la dispersión entre testigos obtenemos que el concreto en laboratorio es **deficiente**.

**Cálculo De f<sup>cr</sup>**

3. El promedio de todo los grupos de 3 ensayos de resistencia en compresión consecutivos sea ≥ f<sup>c</sup>

$$f^{cr} = f^c + 1.34 * \alpha * D_s$$

Siendo α=1.16, al trabajar con 15 muestras

$$f^{cr} = 210 + 1.34 * 1.16 * 12.45$$

$$f^{cr} = 229.36 \text{ kg/cm}^2$$



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

4. Ningún ensayo de resistencia debe ser menor que  $f^c$  en más de 35  $kg/cm^2$

$$f^{cr} = f^c - 35 + 2.33 * \alpha * D_s$$

$$f^{cr} = 210 - 35 + 2.33 * 1.16 * 12.45$$

$$f^{cr} = 208.66 \text{ kg/cm}^2$$

Escogiendo el mayor valor tenemos:

$$f^{cr} = 229.36 \text{ kg/cm}^2$$

Comprobando el factor t:

$$t = \frac{X_{prom} - 210}{D_s} = \frac{231.1 - 210}{12.45} = 1.70$$

$$t_{ACI} > t_{sust.30\%} \dots\dots\dots 2.33 > 1.70$$

$$t_{patrón} > t_{sust.30\%} \dots\dots\dots 4.9 > 1.70$$

*Tabla 50: % de pruebas y probabilidad de ocurrencia*

% De pruebas dentro de los límites $u \pm tD_s$	Probabilidad de Ocurrencia por debajo del Límite Inferior	t
50.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Fuente: Tópico de Tecnología del Concreto – Pasquel Carbajal

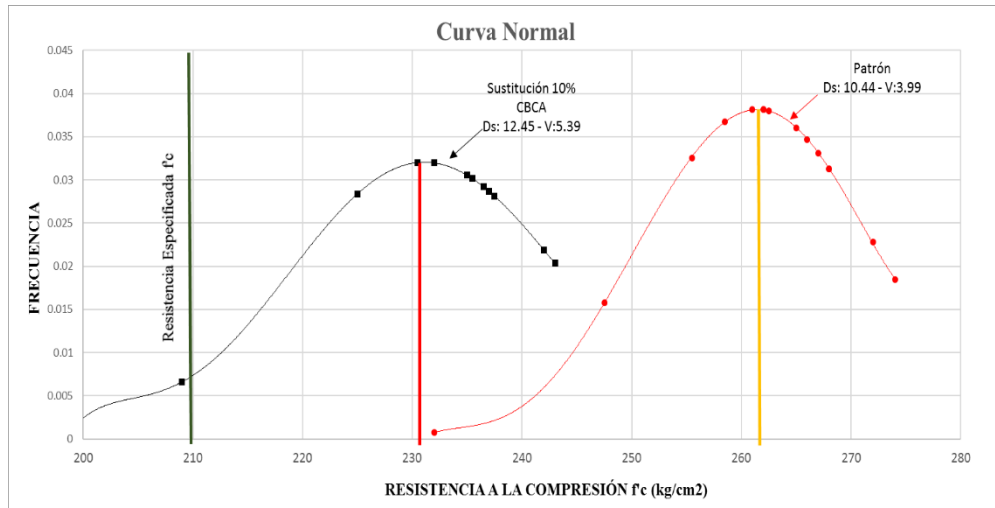
Encontramos una probabilidad de 1/23 por debajo de  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con un % de prueba dentro de los límites de 91 % empleando el 10% de ceniza



## “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”

como sustituto de cemento. Siendo un porcentaje de prueba inferior, en comparación con las probetas patrones realizadas.

Diagrama 36: **Distribución Normal (Campana De Gauss)**



Teniendo en cuenta las resistencias obtenidas, tanto en vigas y probetas en comparación con un concreto patrón y con sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (5%,10%,15%) y asimismo analizando la comparación de la evaluación estadística de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de probetas entre un concreto patrón y con sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (10%), se rechaza la Hipótesis planteada en esta investigación que al hacer sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto, la resistencia a la compresión y flexión de un concreto mejorará”.



# **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**





# “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”

---

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos del Ph de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) fue de 9,37, del cemento es de 12.3, del cemento 95% + 5% CBCA es de 13.70, del cemento 90% + 10 % CBCA es de 13.68 y del cemento 85% + 15% CBCA es de 13.69.

La composición química determinada por el análisis de ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X, demuestran la presencia de Dióxido de silicio SiO<sub>2</sub> (38,99%), Trióxido de aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7.954%), Óxido de hierro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,408) y 39.32% de elementos livianos.

También están presentes porcentajes de álcalis con 1.8% que juntos supera los porcentajes 1.5%, aceptados según la norma ASTM. C-618; y que por lo tanto van a desfavorecer la resistencia del concreto, en razón de ser elementos ávidos al consumo del agua y tienden a desbalancear la relación Agua/Cemento del concreto.

- Se realizó un diseño de mezcla con un factor de corrección de 94 kg/cm<sup>2</sup>, para una resistencia especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Obteniendo una relación de agua/cemento de 0.56. Se obtuvo la siguiente dosificación en peso:

Cemento: 1, Arena: 2.37, Piedra: 2.59. Agua: 0.57

No habiendo un diseño óptimo sustituyendo el cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar.

- La resistencia promedio del concreto patrón a los 7 días es de 194.00 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de 230.00 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de 261.4. kg/cm<sup>2</sup>.



## “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”

---

La resistencia promedio del concreto con sustitución al 5 % de cenizas de bagazo de caña de azúcar a los 7 días es de 165.33 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días es de 214.33 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días es de 226.00 kg/cm<sup>2</sup>

La resistencia promedio del concreto con sustitución al 10 % de cenizas de bagazo de caña de azúcar a los 7 días es de 184.00 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días es de 217.33 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días es de 231.1kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia promedio del concreto con sustitución al 15 % de cenizas de bagazo de caña de azúcar a los 7 días es de 163.33 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días es de 180.67 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días es de 205.67 kg/cm<sup>2</sup>.

- La resistencia a la flexión promedio del concreto patrón, con sustitución 5%,10% y 15% de cemento por CBCA sin acero a los 28 días tuvo un módulo de rotura de 2.37 Mpa, 170 Mpa, 20.4 Mpa, 1.89 Mpa. La máxima carga en el punto medio mediante las pruebas a flexión promedio del concreto patrón, con sustitución 5%,10% y 15% de cemento por CBCA con acero a los 28 días tuvo un módulo de rotura de 11.89 ton, 11.05 ton, 11.78 ton, 10.52 ton.
- Empleando como sustituto parcial del cemento por CBCA en 5%, 10% y 15%, influye en la resistencia del concreto, siendo menor al concreto patrón. Empleando el 10% de sustitución de cemento por CBCA, se comportó en cuanto a resistencia en comparación con 5% y 10%.
- Para que sea viable técnicamente y económicamente tiene que cumplir que sea ecológico, económico y que su uso en el concreto sea comparable con los elementos tradiciones como el cemento. No siendo viable su uso ya que empleando la CBCA, se obtuvo resistencias inferiores al concreto patrón.



## “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”

---

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar el uso de Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto debido a sus altos contenidos de Dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), Trióxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).
- Se recomienda realizar un tratamiento térmico con un rango de temperatura 750 – 900 °C a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto debido a la presencia de elementos livianos.
- Se recomienda realizar más especímenes de concreto para una evaluación estadística más precisa en los ensayos de resistencia del concreto.
- Se recomienda el estudio de esta ceniza para mejoramiento de suelos, debido a los altos contenido de Oxidos de silicio, hierro y aluminio.
- Se recomienda seguir buscando nuevos materiales que contribuya al medio ambiente, para la industria de la construcción. Y a su vez, aminorar la explotación de materia prima para la producción del concreto.
- Se recomienda que estén calibrados los equipos usados en los laboratorios, para obtener resultados más certeros, para futuras investigaciones.



# **CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

**CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Agroindustria San Jacinto S.A.A. (2017). *Estados Financieros Auditados años 2016 – 2017*. Recuperado de [http://www.sanjacinto-smv.com/memorias/Memoria% 20ASJ %202017.pdf](http://www.sanjacinto-smv.com/memorias/Memoria%20ASJ%202017.pdf).
- Albañil, F (2017). *Resistencia De Mortero Con Cemento Sustituido Al 18%, 22% Y 24% Por Combinación De Cenizas De Bagazo De Caña De Azúcar Y Esquisto* (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.
- Beltra, K., & Ccama, F (2017). *Análisis Comparativo De Concretos Adicionados Con Puzolanas Artificiales De Ceniza De Cascarilla De Arroz (Cca), Fly Ash Y Puzolana Natural* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4415>.
- Cementos Pacasmayo S.A.A. (2010). *Hojas de Datos de Seguridad del Material*. Obtenido de [http://mcalidad.cpsaa.com.pe/ListMstr/archivos /Hoja%20de%20Datos%20de%20Seguridad%20del%20Material%20-%20MS.pdf](http://mcalidad.cpsaa.com.pe/ListMstr/archivos/Hoja%20de%20Datos%20de%20Seguridad%20del%20Material%20-%20MS.pdf)
- Harmsen. T. (2002). *Diseño de Estructura de Concreto Armado*. Lima, Perú: PUCP.
- Idalberto, M. (2008). Evaluación físico química de cenizas de cascarilla de arroz, Bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos. *Revista de la facultad de ingeniería U.C.V.*, Vol. 23, N° 4, pp. 55–66. Recuperado de [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_fiucv/article/view/5078](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/5078).



“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”

---

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *CONSTRUCCION*. Recuperado de [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1483/cap18/ind18.htm](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/cap18/ind18.htm).
- 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, Nuevo Chimbote – Perú.
- Jiménez, G (2016), *Resistencia A La Compresión Del Concreto  $F'c = 210$  Kg/Cm<sup>2</sup> Con La Adición De Diferentes Porcentajes De Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar, Upnc 2016* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9982>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Recuperado de [https://www.mtc.gov.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://www.mtc.gov.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).
- NTP 334.045 (2010). *CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45  $\mu$ m*. Lima, Perú: Inacal.
- NTP 334.104:2011 (Revisada 2016) *CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones*. Lima, Perú: Inacal.
- Pasquel, E. (1998-1999). *Temas de tecnología del concreto*. Lima, Perú: CIP-Consejo nacional.
- Pasquel, E (1998). Control de calidad del Concreto. En A. Gómez (Ed.), *Tecnología del Concreto (pp. 142-166)*. Lima, Perú: ACI-PERU.



## “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

---

- Portugal, P. (2007), *Tecnología del concreto de alto desempeño*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2016/08/03/tecnologia-del-concreto-alto-desempeno>.
- Ramirez, O., & Tito, E (2016), *Cemento Sustituido Parcialmente Por La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar, En Mezcla De Concreto Para Incrementar Su Resistencia A La Compresión*. (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.
- Ríos González, E. (2011). *Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://www.remeri.org.mx/tesis/INDIXE-TESES.jsp?type=1&search2=&search=UV&ind=2676&step=25&order=5&asc=1>.
- Rivva. E. (1998). La naturaleza del Concreto. En A. Gómez (Ed.), *Tecnología del Concreto* (pp. 2-22). Lima, Perú: ACI-PERU.
- Rivva. E. (1992), *Tecnología del Concreto - Diseño de Mezcla*. Lima, Perú: ACI-PERU.
- Sanchez, J & Muñoz, G (2008). *Estudio Del Comportamiento De Vigas Estructurales De Concreto Reforzado Modelado A Escala Reducida* (Tesis de pregrado). Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15036/T40.08%20S55e.pdf;jsessionid=86C13845B98223C6F79583D9A587784F?sequence=1>.
- SIDETUR (s.f). *Acero de Refuerzo en Vigas* Recuperado de [https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/bc\\_0815\\_aad\\_115\\_vigas\\_concreto.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/bc_0815_aad_115_vigas_concreto.pdf).



“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

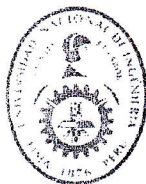
---

- Trujillo, R (2011). *Uso De Agregado Ligero Como Medio De Curado Interno En Concretos De Alto Comportamiento Fabricado Con Puzolanas* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Nuevo Leon – Mexico. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/2890/1/1080224576.pdf>.
- Vidal, D & Torres, J & González, O (2014). *Ceniza De Bagazo De Caña Para Elaboración De Materiales De Construcción: Estudio Preliminar*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/45539>.





# CAPÍTULO VII: ANEXOS



**INFORME TÉCNICO N° 0641 - 18 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
HUGO RAMÓN CABALLERO HUAYLLA
  - 1.2 DNI : 74067565  
72697665
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 / 04 / 2018
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 04 / 05 / 2018
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 05 / 05 / 2018
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE MUESTRA DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
  - 4.2 TESIS : "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"
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 64%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : ANALIZADOR DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X.  
OLYMPUS, VANTA M.  
MUFLA. DAIHAN INSTRUMENTS.
8. **RESULTADOS**
  - 8.1 **ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

ANÁLISIS	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Elementos livianos <sup>(1)</sup>	50.001	Fluorescencia de Rayos X
Silicio, Si	32.506	
Potasio, K	1.960	
Calcio, Ca	3.707	
Hierro, Fe	4.259	
Aluminio, Al	6.645	
Fósforo, P	0.505	
Azufre, S	0.282	
Titanio, Ti	0.071	
Manganeso, Mn	3.034	
Estroncio, Sr	0.012	
Cobre, Cu	0.010	
Zinc, Zn	0.008	

<sup>(1)</sup> Elementos livianos (del hidrógeno al sodio).

## 8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS


ANÁLISIS	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Elementos livianos <sup>(1)</sup>	39.320	Fluorescencia de Rayos X <sup>(2)</sup>
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	38.990	
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	1.847	
Óxido de calcio, CaO	4.869	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.408	
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.954	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.905	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.552	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.093	
Óxido de manganeso, MnO	0.034	
Óxido de estroncio, SrO	0.011	
Óxido de cobre, CuO	0.010	
Óxido de zinc, ZnO	0.008	



<sup>(1)</sup> Elementos livianos (del hidrógeno al sodio).

<sup>(2)</sup> Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

## 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach. Nadia Rodríguez  
 Analista  
 LABICER -UNI

  
  
 M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
 Responsable de Análisis  
 Jefa de Laboratorio  
 CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

**DISEÑO DE MEZCLA**

DISEÑO ACI

PARÁMETROS BÁSICOS

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$     TMN= ¾"    Slump= 3" a 4"    Cemento: Pacasmayo Tipo I  
 - Sin aire incorporado

Tabla 1. Datos

Elemento	P. esp. (kg/m <sup>3</sup> )	P.U.C (kg/m <sup>3</sup> )	M.F.	Absorc. (%)	Humedad (%)
Cemento	3110				
Arena	2740.45	1809.62	2.93	0.92	0.72
Grava	2760.34	1553.88		0.35	0.25
Agua	1000				

**1. Resistencia Promedio**

Tabla 2. Resistencia a la compresión promedio

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

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

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

**2. Estimación de la cantidad de agua/m<sup>3</sup> y el porcentaje de aire**

Tabla 3. Volumen Unitario de Agua

ASENTAMIENTO	Agua, en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados.							
TMN	3/8"	½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	6"
CONSISTENCIA	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	207	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	.....
	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	.....

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



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

Tabla 4. Contenido de Aire

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

$$\text{Agua} = 205 \text{ kg/m}^3$$

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

**3. Definir relación agua – cemento y factor cemento**

Tabla 5. Relación de agua – Cemento por resistencia

f'c a 28 días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua / Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
294		0.47
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	0.34
450	0.38	0.28
500	0.33	0.22

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

$$\text{Agua/Cemento (A/C)} = 0.56$$

$$\text{F.C.} = \frac{V_{\text{agua}}}{A/C} = \frac{205}{0.56} = 366.07 \text{ kg/m}^3 = 366.07/42.5 = 8.61 \text{ bls/m}^3$$

**4. Cantidad de agregado grueso**



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

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

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

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

$$\frac{b}{B_o} = 0.61$$

$$b = 0.61 * 1553.88 = 947.867 \text{ kg/m}^3$$

**5. Volúmenes absolutos**

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205 \text{ m}^3 \quad V_{\text{cimento}} = \frac{366.07}{3120} = 0.118 \text{ m}^3 \quad V_{\text{aire}} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ag.grueso}} = \frac{947.867}{2760.34} = 0.343 \text{ m}^3$$

$$\sum V_{\text{absolutos}} = 0.686 \text{ m}^3$$

**6. Volumen absoluto del agregado fino**

$$V_{\text{ag.fino}} = 1 - 0.686 = 0.314 \text{ m}^3$$

**Peso del Agregado Fino**

$$P_{\text{ag.fino}} = V_{\text{abs}} + P_{\text{em}} = 0.314 * 2740.45 = 860.24 \text{ Kg/m}^3$$

**7. Valores de diseño**

Agua = 205  $\text{lt/m}^3$

Aire = 2%

Cemento = 366.07  $\text{Kg/m}^3$

Ag. Fino Seco = 860.24  $\text{Kg/m}^3$

Ag. Grueso Seco = 947.87  $\text{Kg/m}^3$



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

**7. Corrección por humedad de los agregados**

**7.1. Pesos Húmedos**

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

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

$$P_{ag.fino} = 875.67 (1+0.0072)$$

$$P_{ag.grueso} = 932.33 (1+0.0025)$$

$$P_{ag.fino} = 866.43 \text{ Kg}/m^3$$

$$P_{ag.grueso} = 950.24 \text{ Kg}/m^3$$

**7.2. Humedad Superficial**

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

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

$$A.F. = 0.72\% - 0.92\%$$

$$A.G. = 0.25\% - 0.35\%$$

$$A.F. = -0.20\%$$

$$A.G. = -0.1\%$$

**7.3. Aporte de agua por humedad**

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

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

$$A.F. = 860.24 * (-0.002)$$

$$A.G. = 947.87 * (-0.001)$$

$$A.F. = -1.893$$

$$A.G. = -0.948$$

$$A.F. - A.G. = -2.840 \text{ lts}/m^3$$

**7.4. Agua efectiva**

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

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-2.840) = 207.840 \text{ lts}/m^3$$

**8. Pesos de materiales corregidos**

$$\text{Cemento} = 366.07 \text{ Kg}/m^3$$

$$\text{Ag. Fino Húmedo} = 866.43 \text{ Kg}/m^3$$

$$\text{Ag. Grueso Húmedo} = 950.24 \text{ Kg}/m^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 207.840 \text{ Lt}/m^3$$

**9. Proporción en peso**

$$\text{Cemento} = 366.07 / 366.07 = 1$$

$$\text{Ag. Fino Húmedo} = 866.43 / 366.07 = 2.37$$

$$\text{Ag. Grueso Húmedo} = 950.24 / 366.07 = 2.60$$

$$\text{Agua efectiva} = 207.840 / 366.07 = 0.57$$

$$1 / 2.37 / 2.60 / 0.57$$





**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

**7.6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO – ABSORCIÓN**

<b>PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO / Specific weight of coarse aggregate</b>			
NTP 400.021 2002/ASTM C136: 1988 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.			
Protocolo N° : 04		Fecha: 15/03/2018	
Especialidad: Ingeniería Civil			
Nombre de la investigación:		“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”	
Investigadores:		Acuña Giraldo Carlos Enrique Caballero Huaylla Hugo Ramón	
<b>INFORMACIÓN GENERAL / GENERAL INFORMATION</b>			
Fecha de ensayo :		15/03/2018	
Tipo de Material:		Agregado Grueso	
Cantera:		Chema	
Fecha de obtención del material		05/03/2018	
<b>PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO / Coarse aggregate specific gravity</b>			
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) (gr)		1504
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua) (gr)		855
	Agregado + Canastilla Sumergida (gr)		1431
	Peso Canastilla sumergida (gr)		576
C	Volumen de masa + volumen de vacios	A-B	649
D	Peso de material seco en estufa		1500
E	Volumen de masa	(C-(A-D))	645
F	P.e. Bulk (Base seca)	D/C	2.76
G	P.e. Bulk (Base saturada)	A/C	2.75
H	P.e. Aparente (Base Seca)	D/E	2.77
I	Absorción (%) $((D-A)/A)*100$	$((D-A)/A)*100$	0.35%







**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

**7.5. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - ABSORCIÓN**

<b>PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO/ SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATE</b>			
NTP 400.022 2002/ASTM C128: 1997 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.			
Protocolo N° : 03		Fecha: 15/03/2018	
Especialidad: Ingeniería Civil			
Nombre de la investigación:		“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”	
Investigadores: Acuña Giraldo Carlos Enrique Caballero Huaylla Hugo Ramón			
<b>INFORMACIÓN GENERAL / GENERAL INFORMATION</b>			
Fecha de ensayo :		15/03/2018	
Tipo de Material:		Agregado Fino	
Cantera:		Chema	
Fecha de obtención del material		05/03/2018	
<b>PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO / Coarse aggregate specific gravity</b>			
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)		500
B	Peso de picnómetro + agua		886
C	Volumen de masa + volumen de vacíos	A+B	1386
D	Peso del picnómetro + agua + material		1183
E	Volumen de masa + volumen de vacíos	C-D	203
F	Peso de material seco en estufa		497
G	Volumen de masa + volumen de vacíos	(E-(A-F))	200
H	P.e. Bulk (Base seca)	F/E	2.74
I	P.e. Bulk (Base saturada)	A/E	2.72
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.71
K	Absorción (%) $((D-A)/A)*100$	$((D-A)/A)*100$	0.92%





**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

**7.4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

CONTENIDO DE HUMEDAD / HUMIDITY CONTENT			
NTP 339.185 2002/ASTM C566:1007 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido			
Protocolo N° : 02		Fecha: 13/03/2018	
Especialidad: Ingeniería Civil			
Nombre de la investigación:		“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”	
Investigadores:		Acuña Giraldo Carlos Enrique Caballero Huaylla Hugo Ramón	
Condiciones de secado: 110 °C ± 5 °C		Método: Horno (O)	
Fecha y hora de colocación de muestra en el horno:		13/03/2018 a las 12:45 pm	
Fecha y hora de extracción de muestra en el horno:		14/03/2018 a las 12:50 pm	
Información general / General information			
Tipo de Material:		Agregado Grueso	
Cantera:		Chema	
Fecha de obtención del material		05/03/2018	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA/ MOISTURE CONTENT SAMPLE			
MUESTRA N°		1	2
RECIPIENTE N°		M-1	M-2
Pr+Ph (gr)	A	185.420	190.615
Pr+Ps (gr)	B	185.037	190.195
Pr (gr)	C	28.084	27.406
Ph (gr)	W=A-C	157.336	163.209
Ps (gr)	D=B-C	156.953	162.789
humedad(%)	$((W-D)/D)*100$	0.24%	0.26%





**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

CONTENIDO DE HUMEDAD / HUMIDITY CONTENT			
NTP 339.185 2002/ASTM C566:1007 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido			
Protocolo N° : 01		Fecha: 13/03/2018	
Especialidad: Ingeniería Civil			
Nombre de la investigación:		“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”	
Investigadores:		Acuña Giraldo Carlos Enrique Caballero Huaylla Hugo Ramón	
Condiciones de secado: 110 °C ± 5 °C		Método: Horno (O) Microonda (M)	
Fecha y hora de colocación de muestra en el horno:		13/03/2018 a las 12:45 pm	
Fecha y hora de extracción de muestra en el horno:		14/03/2018 a las 12:50 pm	
Información general / General information			
Tipo de Material: Agregado Fino			
Cantera: Chema			
Fecha de obtención del material 05/03/2018			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA/ MOISTURE CONTENT SAMPLE			
MUESTRA N°		1	2
RECIPIENTE N°		M-1	M-2
Pr+Ph (gr)	A	198.885	177.806
Pr+Ps (gr)	B	197.556	176.877
Pr (gr)	C	27.090	27.000
Ph (gr)	W=A-C	171.795	150.806
Ps (gr)	D=B-C	170.466	149.877
humedad(%)	$((W-D)/D)*100$	0.78%	0.62%
PROMEDIO		0.72%	





“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”

Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta patrón (P0-0%).

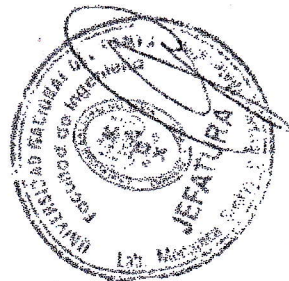
Espécimen	Sustitución (%)	DIMENSIONES		Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)						
P0-01	0	15	30	7	176.714587	194			
P0-02	0	15	30	7	176.714587	199			
P0-03	0	15	30	7	176.714587	189	194.00	210	92.38
P0-04	0	15	30	14	176.714587	228			
P0-05	0	15	30	14	176.714587	227			
P0-06	0	15	30	14	176.714587	235	230.00	210	109.52
P0-07	0	15	30	28	176.714587	261			
P0-08	0	15	30	28	176.714587	265			
P0-09	0	15	30	28	176.714587	266	264.00	210	125.72

**Observación:**

Se sustituyó el 0% del peso del cemento por lo que para 9 especímenes se obtuvo:

Cemento: 17.466kg

Ceniza: 0kg





“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”

**Resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> – 28 días**

**Concreto con sustitución parcial de 10% de cemento por CBCA**

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'c
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	240	114.29%
2	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
3	SUSTI. 10%	3.5	24/04/2018	22/05/2018	28	237	112.86%
4	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	227	108.10%
5	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	233	110.95%
6	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	223	106.19%
7	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	237	112.86%
8	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	227	108.10%
9	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	240	114.29%
10	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
11	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
12	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	220	104.76%
13	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	232	110.48%
14	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	222	105.71%
15	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	243	115.71%
16	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	233	110.95%
17	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	232	110.48%
18	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	222	105.71%
19	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	236	112.38%
20	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	226	107.62%
21	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	233	110.95%
22	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	223	106.19%
23	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%
24	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	220	104.76%
25	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	235	111.90%
26	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	225	107.14%
27	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	244	116.19%
28	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	234	111.43%
29	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	240	114.29%
30	SUSTI. 10%	3	24/04/2018	22/05/2018	28	230	109.52%





“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”

Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 5% (P5-5%).

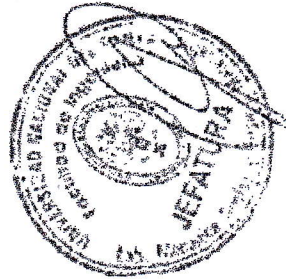
Especimen	Sustitución (%)	DIMENSIONES		Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)						
P5-01	5	15	30	7	176.71459	161			
P5-02	5	15	30	7	176.71459	168			
P5-03	5	15	30	7	176.71459	167	165.33	210	78.73
P5-04	5	15	30	14	176.71459	219			
P5-05	5	15	30	14	176.71459	215			
P5-06	5	15	30	14	176.71459	209	214.33	210	102.06
P5-07	5	15	30	28	176.71459	229			
P5-08	5	15	30	28	176.71459	225			
P5-09	5	15	30	28	176.71459	224	226.00	210	107.62

**Observación:**

Se sustituyó el 5% del peso del cemento por lo que para 9 especímenes se obtuvo:

Cemento: 16.593kg

Ceniza: 0.873kg





“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”

Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 10% (P10-10%).

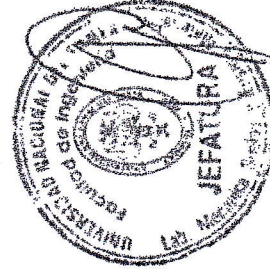
Especimen	Sustitución (%)	DIMENSIONES		Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)						
P10-01	10	15	30	7	176.71459	179			
P10-02	10	15	30	7	176.71459	193			
P10-03	10	15	30	7	176.71459	180	184.00	210	87.62
P10-04	10	15	30	14	176.71459	214			
P10-05	10	15	30	14	176.71459	218			
P10-06	10	15	30	14	176.71459	220	217.33	210	103.49
P10-07	10	15	30	28	176.71459	238			
P10-08	10	15	30	28	176.71459	232			
P10-09	10	15	30	28	176.71459	228	232.67	210	110.79

**Observación:**

Se sustituyó el 10% del peso del cemento por lo que para 9 especímenes se obtuvo:

Cemento: 15.720kg

Ceniza: 1.747kg





“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”

Resistencia a la compresión f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> -28 días

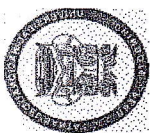
Concreto Patrón

Nº	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD	FC	FC/F'c
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	268	127.62%
2	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	258	122.86%
3	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	265	125.24%
4	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	255	120.48%
5	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	267	127.14%
6	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	257	122.38%
7	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	268	127.62%
8	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	258	122.86%
9	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	266	126.67%
10	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	256	121.90%
11	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	274	130.48%
12	PATRÓN	3.5	26/03/2018	23/04/2018	28	264	125.71%
13	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	255.5	121.67%
14	PATRÓN	3.5	26/03/2018	23/04/2018	28	245.5	116.90%
15	PATRÓN	4	26/03/2018	23/04/2018	28	267	127.14%
16	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	257	122.38%
17	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	268	127.62%
18	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	258	122.86%
19	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	267	127.14%
20	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	257	122.38%
21	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	274.5	130.71%
22	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	264.5	125.95%
23	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	256.5	122.14%
24	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	246.5	117.38%
25	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	265.5	126.43%
26	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	255.5	121.67%
27	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	274.5	130.71%
28	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	265.5	125.95%
29	PATRÓN	4	27/03/2018	24/04/2018	28	261	124.76%
30	PATRÓN	3.5	27/03/2018	24/04/2018	28	252	120.00%

\*







“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”

Resultados obtenidos del ensayo a compresión axial del concreto en estado endurecido, probeta con sustitución al 15% (P15-15%)

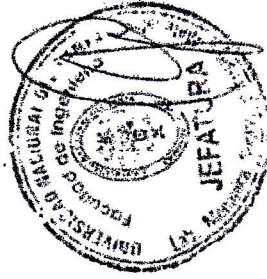
Espécimen	Sustitución (%)	DIMENSIONES		Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga max. (kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (%)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)							
P15-01	15	15	30	7	176.71459		162			
P15-02	15	15	30	7	176.71459		160			
P15-03	15	15	30	7	176.71459		168	163.33	210	77.78
P15-04	15	15	30	14	176.71459		188			
P15-05	15	15	30	14	176.71459		175			
P15-06	15	15	30	14	176.71459		179	180.67	210	86.03
P15-07	15	15	30	28	176.71459		205			
P15-08	15	15	30	28	176.71459		202			
P15-09	15	15	30	28	176.71459		210	205.67	210	97.94

**Observación:**

Se sustituyó el 15% del peso del cemento por lo que para 9 especímenes se obtuvo:

Cemento: 14.846kg

Ceniza: 2.620kg





## CORPORACION GEOTECNICA SAC.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS. OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote - Telf. 043 - 316715  
www.corporaciongeotecnica.com --EMAIL: Informes@corporaciongeotecnica.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) - SAN JACINTO  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUAYLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACEADO: 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS(cm)
P-01-PATRONCON ACERO DEREFUERZO	50.50	15.20	15.50	42.00
P-02-PATRONCON ACERO DEREFUERZO	50.00	15.30	15.30	40.00
P-03-PATRONCON ACERO DEREFUERZO	50.00	15.30	15.30	41.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01-PATRONCON ACERO DEREFUERZO	11657.65	13.41	13.06
P-02-PATRONCON ACERO DEREFUERZO	11126.78	12.43	
P-03-PATRONCON ACERO DEREFUERZO	11652.80	13.34	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Juan J. Rodríguez Piminchimo  
CIP 37390 - M.C. 455



## CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS. OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote Telf. 043 — 316715  
www.corporaciongeotecnica.com — EMAIL: info@corporaciongeotecnica.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUA YLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACÉADO : 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS(cm)
P-01-PATRON SIN ACERO DERE FUERZO	50.00	15.20	15.20	42.00
P-02-PATRON SIN ACERO DERE FUERZO	51.00	15.10	15.20	42.00
P-03-PATRON SIN ACERO DERE FUERZO	50.00	15.20	15.10	41.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01-PATRON SIN ACERO DERE FUERZO	2064.90	2.47	2.36
P-02-PATRON SIN ACERO DERE FUERZO	1884.50	2.27	
P-03-PATRON SIN ACERO DERE FUERZO	1974.70	2.34	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

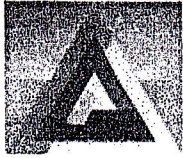
R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Juan J. Rodriguez Piminchimo  
CIP 37390 - R.C. 455



## CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS. OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote Telf. 043 -- 316715  
www.corporaciongeotecnica.com ---EMAIL: inform@corporaciongeotecnica.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) - SAN JACINTO  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUA YLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACEADO: 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS(cm)
P-01 - CON 5% DE SUSTITUCION DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	49.90	15.30	15.20	38.00
P-02 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	50.00	15.20	15.30	38.00
P-03 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	50.10	15.20	15.20	38.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	9415.50	10.12	11.63
P-02 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	12237.40	13.07	
P-02 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	10826.45	11.71	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Juan J. Rodríguez Piminchumo  
CIP 37390 - RC 455



## CORPORACION GEOTECNICA SAC.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C LL09 Nuevo Chimbote Telf. 043 - 316715  
www.corporaciongeotecnia.com - EMAIL: Informes@corporaciongeotecnia.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : 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  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUAYLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACEADO: 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
P-01 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	50.00	15.20	15.30	42.00
P-02 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	50.20	15.10	15.20	42.00
P-03 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	50.10	15.20	15.10	42.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	1311.50	1.55	1.70
P-02 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	1532.40	1.84	
P-02 - CON 5% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	1421.95	1.72	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

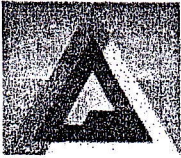
R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

**OBSERVACIONES:**

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Juan J. Rodriguez Piminchumo  
CIP 37390 - RC 455



## CORPORACION GEOTECNICA SAC.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote Telf. 043 — 316715  
www.corporaciongeotecnica.com ---EMAIL: info@corporaciongeotecnica.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUAYLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACADO : 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS(cm)
P-01 – CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – SIN ACERO DE REFUERZO	49.60	15.10	15.30	42.00
P-02 – CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – SIN ACERO DE REFUERZO	50.20	15.10	15.20	42.00
P-03 – CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – SIN ACERO DE REFUERZO	50.00	15.10	15.20	42.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 – CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – SIN ACERO DE REFUERZO	1738.20	2.07	2.05
P-02 – CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – SIN ACERO DE REFUERZO	1674.30	2.02	
P-02 – CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – SIN ACERO DE REFUERZO	1706.25	2.05	

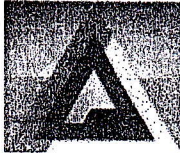
$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Ing. Juan J. Rodriguez Piminchumo  
CIP 37390 - RC 455



## CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt09 Nuevo Chimbote - Telf. 043 - 316715  
www.corporaciongeotecnica.com ---EMAIL: informes@corporaciongeotecnica.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) - SAN JACINTO  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUAYLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACEADO: 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS(cm)
P-01 - CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	50.20	15.30	15.10	38.00
P-02 - CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	50.10	15.25	15.20	38.00
P-03 - CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	50.00	15.30	15.20	38.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 - CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	12040.20	13.12	12.48
P-02 - CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	11040.20	11.91	
P-02 - CON 10% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA - CON ACERO DE REFUERZO	11540.20	12.41	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

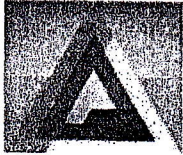
R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Juan J. Rodriguez Piminchimo  
CIP 37390 - R.C. 455



## CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote Telf. 043 - 316715  
www.corporaciongeotecnica.com --EMAIL: informes@corporaciongeotecnica.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUAYLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACEADO : 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS(cm)
P-01 – CON 15% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – CON ACERO DE REFUERZO	50.20	15.20	15.20	38.00
P-02 – CON 15% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – CON ACERO DE REFUERZO	50.00	15.20	15.20	38.00
P-03 – CON 15% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – CON ACERO DE REFUERZO	50.00	15.10	15.20	38.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 – CON 15% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – CON ACERO DE REFUERZO	10180.60	11.02	11.17
P-02 – CON 15% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – CON ACERO DE REFUERZO	10417.80	11.27	
P-02 – CON 15% DE SUSTITUCIÓN DE CBCA – CON ACERO DE REFUERZO	10299.20	11.22	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

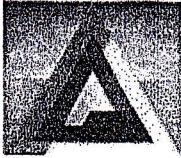
#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Juan J. Rodríguez Piminchumo  
CIP 37390 - R.L. 455





## CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS. OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote Telf. 043 - 316715  
www.corporaciongeotecnia.com --EMAIL: informes@corporaciongeotecnia.com

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C 293)

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) - SAN JACINTO  
TESISTAS : BACH. CARLOS ENRIQUE ACUÑA GIRALDO  
BACH. HUGO RAMON CABALLERO HUAYLLA  
ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO  
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH  
UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO  
FECHA VACEADO: 27 DE MARZO DEL 2018  
FECHA ENSAYO : 24 DE ABRIL DEL 2018

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS(cm)
P-01 - CON 15% DE SUSTITUCION DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	50.20	15.30	15.30	42.00
P-02 - CON 15% DE SUSTITUCION DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	50.00	15.20	15.40	42.00
P-03 - CON 15% DE SUSTITUCION DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	50.00	15.30	15.20	42.00

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexión

PRISMA	Carga máx. (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 - CON 15% DE SUSTITUCION DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	1544.50	1.81	1.89
P-02 - CON 15% DE SUSTITUCION DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	1673.70	1.95	
P-02 - CON 15% DE SUSTITUCION DE CBCA - SIN ACERO DE REFUERZO	1609.10	1.91	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

R = módulo de rotura [Mpa]  
Q = carga máxima registrada [daN]  
L = luz entre apoyos [cm]  
b = ancho medio de la probeta [cm]  
h = altura media de la probeta [cm]

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitantes

CORPORACION GEOTECNICA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Juan J. Rodriguez Pimichimo  
CIP 37390 - HC 455



"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  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: 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"

LUGAR: Nuevo Chimbote

TESISTAS: Acuña Giraldo Carlos, Caballero Huaylla Hugo.

FECHA: 20 de Marzo Del 2018.

MUESTRA: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)

**FINURA, MEDIANTE TAMIZADO HÚMEDO CON TAMIZ NORMALIZADO DE 45  $\mu\text{m}$  (N° 325)**

De acuerdo con la NTP. 334.045, se determinará la cantidad de muestra retenida en el tamiz normalizado de 45  $\mu\text{m}$ (N° 325), mediante el tamizado húmedo.

FC= Robs -Rcer

Donde:

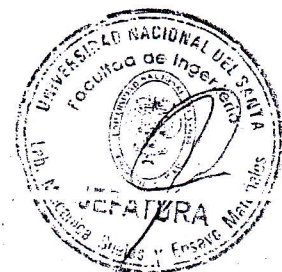
FC = corrección del tamiz, %.

Std = El valor del residuo certificado para el cemento patrón, %.

Obs = El valor del residuo observado para el cemento patrón, %.

De acuerdo a la NTP 334.045, la muestra de cemento para calibración es: 1000 gr

Muestra Inicial (gr)	1000 gr
Ret. Tamiz N° 325	55.234 gr
% retenido (Obs)	5.52%
Cemento Pacasmayo (Std)	4.20%
Correccion Tamiz (FC)	<b>1.32%</b>





**"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO"**

Obtención de Factor de Corrección

$$C = \frac{FC}{Robs} \dots$$

Donde:

C = Factor de corrección del tamiz, %

**C = 23.96%**

Se calcula la finura del cemento con aproximación al 0,1 %, como sigue:

$$Rc = Rs \times (100 + C)$$

$$F = 100 - Rc$$

Donde:

F = Finura de la ceniza expresado como el porcentaje corregido que pasa por el tamiz de 45 μm (No. 325).

Rc = Residuo corregido, en porcentaje (%),

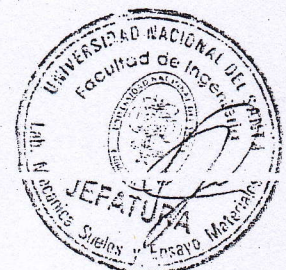
Rs = Residuo de la muestra retenida sobre el tamiz de 45 μm (No. 325), en gramos (g).

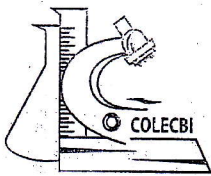
C = Factor de corrección del tamiz el cual puede ser positivo o negativo.

<b>Muest. ceniza =</b>	<b>1</b>	<b>1000 gr</b>
<b>Ret. + Tara (gr) =</b>		409.62 gr
<b>Tara (gr) =</b>		221.25 gr
<b>Ret. =</b>		188.37 gr
<b>Rs (%) =</b>		18.84%
<b>Rc (%) =</b>		23.35%

<b>Muest. ceniza =</b>	<b>2</b>	<b>1000 gr</b>
<b>Ret. + Tara (gr) =</b>		451 gr
<b>Tara (gr) =</b>		221.25 gr
<b>Ret. =</b>		235.27 gr
<b>Rs (%) =</b>		23.53%
<b>Rc (%) =</b>		29.16%

De acuerdo con la NTP. 334.045 al realizar el ensayo por el tamiz de 45 μm (No. 325), tenemos un residuo corregido Rc1= 23,35% y Rc2= 29,16%, que son menos a 34%, por lo cual cumple la norma.





CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20180515-006**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : **HUGO RAMOS CABALLERO HUYLEA**  
DIRECCIÓN : **Urb. Cipreses Mz T Lote 28 Nuevo Chimbote.**  
PRODUCTO DECLARADO : **ABAJO INDICADO.**  
CANTIDAD DE MUESTRA : **01 muestra**  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : **En bolsa de polietileno transparente, cerrada.**  
FECHA DE RECEPCIÓN : **2018-05-15**  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : **2018-05-15**  
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : **2018-05-15**  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : **En buen estado**  
ENSAYOS REALIZADOS EN : **Laboratorio de Físico Químico.**  
CÓDIGO COLECBI : **SS 180515-3**

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Ceniza de bagazo de caña de Azúcar (CBCA)	9.37

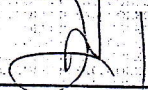
**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Mayo 16 del 2018.  
GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios.  
C.B.P. 326  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

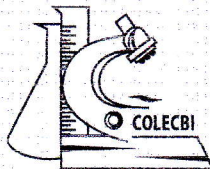
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nxtel: 839\*2803 - PPM # 002005 - Apartado 127

e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)

Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20180705-014**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : HUGO CABALLERO HUAYLLA.  
DIRECCIÓN : Urb. Ciprecas T7-8 Nuevo Chimbote.  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de papel cerrada.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-07-05  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-07-05  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-07-06  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 180705-8

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
95% CEMENTO + 5% CENIZA BAGAZOCAÑA DE AZUCAR	13,70
90% CEMENTO + 10% CENIZA BAGAZOCAÑA DE AZUCAR	13,68
85% CEMENTO + 15% CENIZA BAGAZOCAÑA DE AZUCAR	13,69

**METODOLOGÍA EMPLEADA**


pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Julio 07 del 2018.

GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 326  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: [colecbi@speedy.com.pe/](mailto:colecbi@speedy.com.pe/) [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)

Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO ESTRUCTURAL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) – SAN JACINTO”**

**ANEXO**

**COMPARACIÓN CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) BRUTO VS ÚTIL**

**Muestra 1**

Proceso	Peso
Estado Húmedo	30 kg x saco
Secado	10.75 kg
1er Tamizado	8.50 kg
Molienda	8.50 kg
2do Tamizado	4.00 kg

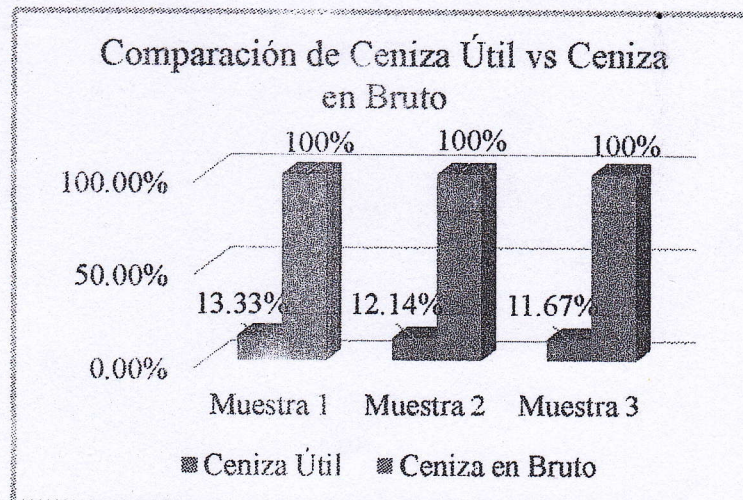
**Muestra 2**

Proceso	Peso
Estado Húmedo	35 kg x saco
Secado	11.25 kg
1er Tamizado	9.15 kg
Molienda	9.15 kg
2do Tamizado	4.25 kg

**Muestra 3**

Proceso	Peso
Estado Húmedo	33 kg x saco
Secado	10.85 kg
1er Tamizado	9.35 kg
Molienda	9.35 kg
2do Tamizado	3.85 kg

Ceniza Útil	Porcent.
Muestra 1	13.33%
Muestra 2	12.14%
Muestra 3	11.67%
<b>Promedio Ceniza útil</b>	<b>12.38%</b>



**ANEXO X: COSTO UNITARIO BOLSA DE 42.5 KG DE CENIZA DE BAGAZO DE  
CAÑA DE AZUCAR (CBCA)**

- **Transporte**

Se cotizó el precio de transporte de ceniza de bagazo de caña de azúcar de la Industria san Jacinto para su elaboración en la localidad de San Jacinto. Esta tiene un precio de S/ 100.00 aproximadamente por viaje para un volquete de 10 ton.

- **Peso transportado.**

La ceniza se encuentra en estado húmeda, la cual, por cada viaje de acuerdo a la información emitida por los ingenieros de la Agroindustria San Jacinto, por viaje entraría aproximadamente 16 ton, pero de acuerdo a la tabla N°23 en la cual se indica que solo el 12.38% quedaría útil para su uso en el concreto, quedando un aproximado de 2 ton de ceniza de bagazo útil por viaje.

- **Precio por kg transportado.**

Costo S/. 100       $\longrightarrow$       2 ton. De ceniza útil

1 kg de CBCA tendría un costo de transporte de S/ 0.05

- **Mano de Obra**

Se toma en cuenta la mano de obra para secado, tamizado de la ceniza y empaçado.

Para obtener el rendimiento para empaçado se obtiene del "estudio sobre la producción de fertilizantes a partir de los derivados de la caña de azúcar" realizado por FIAGRO – San Salvador, asimismo el rendimiento del tamizado y secado se toma un aproximado de los kilogramos colados de ceniza para el estudio.

a. Costo diario mano de Obra: S/ 50.00

b. Costo por secado: Para este caso se realizaría a cielo abierto, o también se podría habilitar hornos rústicos a temperaturas no mayores a 150 °C. Para esto se necesitaría 1 día para obtener un secado óptimo si se realiza mediante hornos, según lo realizado para esta investigación.

Costo mano Obra: 1 Trabajador S/35.00 / 2 ton

1 kg de CBCA tendría un costo de secado de S/ 0.0018

- **Tamizado y Molienda**

En esta investigación se realizó el tamizado a través de la malla #10, #50 y #200. Por lo experimentado en la elaboración de esta tesis se concluye que después de realizar el secado de la muestra, es más práctico tamizar por la malla #50, posteriormente realizar 2 pasadas mediante un molino manual graduado y finalmente tamizarlo por una malla #200. Si se tiene la infraestructura adecuada el rendimiento de kg por hora sería un aproximado de 50 kg por hora según la tesis "Estudio Del Empleo De Cenizas Producidas En Ingenios Azucareros Como Sustituto Parcial Del Cemento Portland En El Diseño De Mezclas De Concreto" (2016, San Salvador).

Producción al día por 1 personal (8 horas diarias): 50 kg/día x 8 horas = 400 kg

Costo (1personal) : S/35.00 / 400 Kg = S/0.088

1 kg de CBCA tendría un costo de tamizado y molienda de S/. 0.088

- **Empacado**

Se toma el costo de las bolsas de polipropileno usados o de segunda mano con un valor de S/0.85 para un contenido de 42.5 kg.





**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL**

Nro. de Página 1 / 4

01/05/2008

**CEMENTO TIPO I**

**SECCION I. IDENTIFICACION DEL MATERIAL**

**Nombre del Material:** Cemento Portland, Cemento Tipo I

**Otras Designaciones :** Cemento Hidráulico

**Descripción Química :** Los constituyentes esenciales del Cemento Portland Tipo I son silicato trióxido de calcio ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) y el silicato dióxido de calcio ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ), con cantidades variables de óxido de aluminio, aluminato tricalcico, óxido de hierro, pequeñas cantidades de magnesio, sodio, potasio, sulfuros, contiene además adiciones minerales constituidas por BFS , filler calizo y yeso natural (sulfato de calcio hidratado) como regulador de fraguado.

**CAS Reg. N°** 659997-15-1

**Proveedor :** CPSAA

**SECCIÓN II. INGREDIENTES PELIGROSOS**

<b>Componentes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Límites y toxicidad</b>
CaO ( <b>Oxido de Calcio</b> )	56.60%	8 hr TWA PEL
SiO <sub>2</sub> (Dioxido de Silicio)	22.80%	10 mg/m <sup>3</sup> (polvo total)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Oxido de Aluminio)	6.36%	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Oxido de Hierro)	3.02%	8 hr TWA PEL
SO <sub>3</sub> (Trióxido de Sulfuro)	2.98%	5 mg/m <sup>3</sup> (fracc. respirable)
MgO (Oxido de Magnesio)	3.14%	
K <sub>2</sub> O (Oxido de potasio)	0.51%	ACGIH TLV.TWA
Na <sub>2</sub> O (Oxido de Sodio)	0.40%	10mg/m <sup>3</sup>

**Límite Mínimo AGGIH :**

**SECCIÓN III. CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**Apariencia y olor :** Inodoro, polvo gris

**Presión de vapor :** Aprox. 0 mm

**pH :** 12 (cemento humedo)

**Solubilidad en agua :** Insoluble

**SECCIÓN IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN**

**Punto de Inflamación :** Ninguno



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL**

Nro. de Página 2 / 4

01/05/2008

**Temperatura de autoignición :** No combustible

**Medios de extinción :** No combustible

**Límite explosivo superior e inferior :** Ninguno

**SECCIÓN V. DATOS DE REACTIVIDAD**

**Estabilidad :** Estable

**Condiciones para evitar :** Evitar la humedad y contacto no intencional con el agua

**Incompatibilidad :** No se reporta peligro de incompatibilidad

**Descomposición peligrosa :** No sucede espontáneamente, la adición de agua produce hidróxido de calcio (cáustico) debido a hidratación.

**Polimerización peligrosa :** No ocurre.

**SECCIÓN VI. PELIGROS DE SALUD**

**Resumen de Emergencia**

El cemento Portland Tipo I es un polvo gris claro que presenta poco peligro inmediato. No es probable que una exposición única y de corta duración al polvo seco cause daño grave. Sin embargo, la exposición de suficiente duración al cemento portland mojado puede causar destrucción seria y potencialmente irreversible a los tejidos de la piel y los ojos en forma de quemaduras químicas (cáusticas). El mismo tipo de destrucción de tejidos puede ocurrir si áreas mojadas o húmedas del cuerpo se exponen por suficiente tiempo al cemento portland seco.

**Posibles Efectos de Salud**

Vías de Exposición Pertinentes: Contacto con los ojos y la piel, inhalación e ingestión.

Efectos Resultantes del contacto con los ojos: La exposición al polvo en el aire puede causar irritación inmediata o demorada o inflamación.

El contacto de los ojos con cantidades mayores de polvo seco o salpicaduras de cemento portland mojado puede causar efectos que van desde irritación moderada de los ojos hasta quemaduras químicas y ceguera. Tales exposiciones requieren primeros auxilios inmediatos y atención médica para prevenir daño significativo a los ojos.

Efectos resultantes del contacto con la piel: No se puede confiar en la incomodidad o el dolor para alertar a una persona a la exposición peligrosa en la piel. Por consiguiente, la única forma efectiva de evitar lesiones o enfermedad en la piel consiste en minimizar el contacto con la piel, y en particular el contacto con cemento mojado. Las personas expuestas pueden no sentir incomodidad hasta horas después de que ha terminado la exposición y cuando ya han ocurrido lesiones significativas.

La exposición al cemento portland seco puede causar resecaamiento de la piel con la consiguiente leve irritación o efectos más significativos atribuibles a la agravación de otras condiciones. El contacto del cemento portland seco con la piel mojada o la exposición al cemento portland húmedo o mojado puede causar efectos más graves en la piel, incluyendo el engrosamiento, ruptura o fisura de la piel. La exposición prolongada puede causar grave daño a la piel en forma de quemaduras químicas (cáusticas).



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL  
MATERIAL**

Nro. de Página 3 / 4

01/05/2008

Algunos individuos pueden exhibir una reacción alérgica al ser expuestos al cemento portland, posiblemente debido a la presencia de cantidades mínimas de cromo. La reacción puede aparecer en variedad de formas que van desde un leve salpullido hasta serias ulceraciones de la piel.

Efectos resultantes de la inhalación: El cemento portland contiene pequeñas cantidades de sílica cristalina libre. La exposición prolongada a sílica cristalina libre respirable puede agravar otras condiciones pulmonares y causar silicosis, una enfermedad de los pulmones incapacitante y potencialmente fatal, y/o otras enfermedades.

Efectos resultantes de la Ingestión: Aunque no hay evidencia de que pequeñas cantidades de polvo sean dañinas, efectos nocivos puede ocurrir si se consumen cantidades mayores. El cemento portland no se debe comer.

Condiciones que pueden ser agravadas por inhalación o exposición dérmica.

- Enfermedades pre-existentes de los pulmones y sistema respiratorio superior.
- Hipersensitividad a las sales de cromo hexavalente.

### **SECCIÓN VII: PRIMEROS AUXILIOS**

**Ojos:** Lave completa e inmediatamente los ojos con agua. Continúe enjuagando el ojo por lo menos 15 minutos, incluyendo debajo de los párpados, para remover todas las partículas. Llame a un médico inmediatamente.

**Piel:** Lave la piel con agua fresca y jabón o detergente suave de pH neutro.

**Inhalación del polvo en el aire:** Busque aire fresco. Busque asistencia médica si la tos u otros síntomas no disminuyen.

**Ingestión:** No induzca el vómito. Si está consciente, haga que la víctima tome bastante agua y llame a un médico inmediatamente.

### **SECCIÓN VIII. MEDIDAS POR DESCARGA ACCIDENTAL**

Recoja el material seco utilizando una pala. Evite acciones que causen que el polvo se disperse por el aire. Evite la inhalación del polvo y el contacto con la piel.

Remueva raspando el material mojado y colóquelo en un recipiente apropiado. Deje que el material se “seque” antes de deshacerse de él. No trate de echar cemento portland por los desagües. Disponga del material de deshecho de acuerdo con los reglamentos locales, estatales y federales.

### **SECCIÓN IX. MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

Mantenga el cemento portland seco hasta que sea utilizado. Las temperaturas y presiones normales no afectan el material.

Rápidamente remueva la ropa con polvo o la ropa que ha sido mojada con fluidos de cemento y lávela antes de volverla a usar.

# CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL



Nro. de Página 4 / 4

01/05/2008

### SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL ISO - 14001

CPSAA	CEMENTO				Fórmula
	CEMENTO TIPO I				
	<b>Criterios de Seguridad</b>	<b>Color</b>	<b>Valor</b>	<b>Característica</b>	CaO (Óxido de calcio) 56.60% SiO2 (Dióxido de silicio) 22.80% Al2O3 (Óxido aluminio) 6.36% Fe2O3 (Óxido de Hierro) 3.02% SO3 (Trióxido de sulfuro) 2.98 % MgO (Óxido de Magnesio) 3.14% K2O (Óxido de Potasio) 0.51% Na2O (Óxido de sodio) 0.40%
N°de Secuencia Ingrediente: 01 Porcentaje: 100 Número NIOSH: EW3100000 N°CAS: 1305-78-8 Límite permisible de Exposición OSHA: 5 mg/m3 Límite Mínimo AGGIH: 2mg/m3	<b>Inflamabilidad</b>	Rojo	0	NO INFLAMABLE	
	<b>Toxicidad</b>	Azul	1	LEVEMENTE TÓXICO	
	<b>Reactividad</b>	Amarillo	1	LEVEMENTE REACTIVO	
	<b>Q: Producto Químico</b>	Blanco	W	PRODUCTO QUÍMICO	
<b>Inflamabilidad</b>		<b>Equipo de Protección personal</b>			
<b>Punto de Inflamación:</b> N/A <b>Límite Inferior de Explosión:</b> N/A <b>Límite Superior de Explosión:</b> N/A <b>Extinción Media:</b> No combustible <b>Procedimiento especial en caso de fuego:</b> Ninguno		<b>Protección Respiratoria:</b> En lugares polvorientos use respiradores aprobados (NIOSH/MSHA). <b>Ventilación:</b> Mecánica (general): Aplicar la ventilación adecuada y mantener el polvo debajo del límite inferior permisible. <b>Guantes de Protección:</b> Guantes de trabajo <b>Protección de los Ojos:</b> Gafas de Protección aprobados. <b>Otros Equipos de Protección:</b> Anteojos de emergencia aprobados por ANSI. Duchas con abundante agua, camisa de manga larga con botones y pantalones largos. <b>Prácticas de Higiene:</b> Lavarse bien con jabón y agua al finalizar el turno			
<b>Toxicidad</b>		<b>Consideraciones ante emergencias</b>			
<b>Vía de Ingreso – Inhalación:</b> Si <b>Vía de Ingreso – Pie:</b> Si <b>Vía de Ingreso – Ingestión:</b> Si <b>Riesgos Críticos y Crónicos para la Salud:</b> Causa irritación a las vías respiratorias superiores, quemaduras en ojos, irritación a la piel, tos por irritación a las vías respiratorias. <b>Carcinogénico – NTP:</b> No <b>Carcinogénico – IARC:</b> No <b>Carcinogénico – OSHA:</b> No <b>Explicación Carcinogénica:</b> No relevante		<b>Procedimiento para Emergencias:</b> INGESTIÓN: Llamar al médico inmediatamente. PIEL: Lavar con abundante agua fresca y jabón. OJOS: Lavar con agua por lo menos 15 minutos y luego ir al médico inmediatamente. INHALACIÓN: Moverlo a lugar con aire fresco para reducir la congestión. <b>Pasos a seguir en el caso de Salpicaduras:</b> Limpieza normal en este caso no usar agua. <b>Agente neutralizante:</b> No especificado por CPSAA. <b>Métodos para Disponer los Desechos:</b> Disposición de desechos deberá ser de acuerdo a leyes peruanas. <b>Precauciones de Manipuleo / Almacenaje:</b> Almacenar en lugares secos. <b>Otras Precauciones:</b> N/A			
<b>Reactividad</b>					
<b>Estabilidad:</b> Si <b>Materiales a evitar:</b> No <b>Productos peligrosos de la descomposición:</b> No hay <b>Ocurre Polimerización de productos peligrosos:</b> No					

## **CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones**

CEMENT. Coal fly ash and raw or calcined natural pozzolans for use in concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C618-08a Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.  
-Reimpreso por autorización de ASTM International

**2016-07-25**  
**2ª Edición**

© ASTM 2008

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el Internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL, representante en territorio peruano.

© INACAL 2016

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 815, San Isidro  
Lima - Perú  
Tel.: +51 1 640-8820  
[administracion@inacal.gob.pe](mailto:administracion@inacal.gob.pe)  
[www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)

# ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	ii
PRÓLOGO (de revisión 2016)	iii
PREFACIO	v
1 OBJETO	1
2 REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3 CAMPO DE APLICACIÓN	2
4 DEFINICIONES	2
5 CLASIFICACIÓN	3
6 INFORMACIÓN PARA PEDIDOS	3
7 COMPOSICIÓN QUÍMICA	4
8 PROPIEDADES FÍSICAS	4
9 MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO	4
10 ALMACENAMIENTO E INSPECCIÓN	5
11 ACEPTACIÓN	5
12 ENVASE Y ROTULADO	5
13 ANTECEDENTES	6
ANEXOS	
ANEXO A	7
ANEXO B	8
ANEXO C	10

## **PRÓLOGO**

(de revisión 2016)

A.1 La Norma Técnica Peruana (NTP) **NTP 334.104:2011 CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones**, 2ª Edición, se encuentra incluida en el programa de actualización de Normas Técnicas Peruanas que cumplieron 05 años de vigencia.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0002-2011/CNB-INDECOPI, fue revisada por el Comité Técnico de Normalización (CTN) de Cementos, cales y yesos y puesta a consulta pública por un periodo de 30 días calendario. No recibió observaciones de parte de los representantes de los sectores involucrados: producción, consumo y técnico.

A.3 El CTN de Cementos, cales y yesos, recomendó mantener la vigencia de la NTP y la Dirección de Normalización (DN), procedió a mantener su vigencia, previa revisión final aprobando la versión revisada el 25 de julio de 2016.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, más no su actualización.

A.4 Los métodos de ensayo y de muestreo cambian periódicamente con el avance de la técnica. Por lo cual, recomendamos consultar en el Centro de Información y Documentación del INACAL, la vigencia de los métodos de ensayo y de muestreo citados en esta NTP.

A.5 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 334.104:2011 CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones, 2ª Edición.

## **B. INSTITUCIONES MIEMBROS DEL CTN DE CEMENTOS, CALES Y YESOS**

Secretaría

Asociación de Productores de Cemento -  
ASOCEM



Presidente Manuel Gonzales de la Cotera - ASOCEM

Secretaría Juan Avalo Castillo

**ENTIDAD**

**REPRESENTANTE**

UNACEM S.A.A. Leoncio Gilvonio

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. Rosaura Vásquez

ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL. S.A. Hugo Lazo

Universidad Nacional de Ingeniería -  
Facultad de Ingeniería Civil Carlos Barzola

SENCICO Vanna Guffantí

CONSULTOR Ana Biondi

UNICÓN S.A. José Álvarez

Ministerio de Vivienda Construcción y  
Saneamiento Carlos Carbajal

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Cementos, cales y yesos, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio a agosto de 2010, utilizando como antecedente a la norma ASTM C618-08a Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Cementos, cales y yesos, presentó a la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias-CNB, con fecha 2010-10-20, el PNTP 334.104:2011, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2010-11-28. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 334.104:2011 CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones**, 2ª Edición, el 12 de marzo de 2011.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la Norma Técnica Peruana NTP 334.104:2001 CEMENTOS. Adiciones minerales del hormigón (concreto): puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Especificaciones y fue tomada en su totalidad de la ASTM C618-08<sup>a</sup>. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM
Presidente	Manuel Gonzáles de la Cotera Scheirmüller - ASOCEM
Secretaria	Vanna Guffanti Parra

<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Cemento Andino S.A.	Víctor Cisneros Ricardo Ramírez
Cementos Lima S.A	Rubén Gilvonio César Zanabria
Cementos Pacasmayo S.A.A.	Rosaura Vásquez
Yura S.A.	Silvino Quispe
Cemento Sur S.A.	José Ramirez
Agregados Calcáreos S.A.	Gonzalo Roselló Luis Valdera
ARPL Tecnología Industrial S.A.	Hugo Lazo Lucio Argüelles
Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil	Carlos Barzola Rafael Cachay
CIP- Consejo Departamental de Lima	Enrique Rivva
Pontificia Universidad Católica del Perú – Facultad de Ciencias e Ingeniería	Juan Harman I.
SENCICO	Vanna Guffanti Oliver Cornejo
Ministerio de la Producción	Manuel Alvarez Ferdinan Prada
Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Jhonny Figueres
CONSULTOR INDEPENDIENTE	Juan Ávalo
CONSULTORA INDEPENDIENTE	Ana Biondi
FIRTH INDUSTRIES PERÚ S.A.	Violeta Noriega
SIKA PERÚ S.A.	Gari Medina
UNICON S.A.	Aleksey Beresovsky

PREMIX S.A.

Carlos Forero

CONSULTOR

Hernán La Jara

---0000000---

# CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones

## 1 OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece las especificaciones para la ceniza volante y la puzolana natural cruda o calcinada empleadas como adición mineral en concreto donde se requiere de su acción puzolánica o cementosa, o ambas, si se desea, o donde se requiere de otras propiedades normalmente atribuidas a cenizas volantes o puzolana, o donde se quiere alcanzar ambos propósitos.

NOTA 1: Los materiales finamente divididos pueden tender a reducir el contenido de aire incorporado en el concreto. Por tanto, si se agregan cenizas volantes o puzolana natural a algún concreto que se le ha especificado aire incorporado, se deberían tomar medidas para asegurar que se mantiene el contenido de aire especificado sea mediante ensayos de contenido de aire y mediante el empleo de aditivo incorporador de aire adicional o mediante el uso de una adición incorporadora de aire en combinación con el cemento Pórtland con aire incorporado.

## 2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- 2.1.1 NTP 339.047:2006<sup>1</sup> HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados

---

<sup>1</sup> La NTP 339.047:2006 fue reemplazada por la NTP 339.047:2014

- 2.1.2 NTP 334.066:2008 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica utilizando cemento Pórtland
- 2.1.3 NTP334.055:2009 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica por el método de la cal
- 2.1.4 NTP 334.127:2002<sup>2</sup> CEMENTOS. Adiciones minerales del cemento y hormigón (concreto). Puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Método de ensayo

## 2.2 Norma Técnica de Asociación

- ASTM C 618-08 Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete

## 3 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica en la evaluación de las puzolanas naturales o artificiales y cenizas volantes con el propósito de utilizarlas como adición mineral en el cemento y/u hormigón (concreto).

## 4 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplica la siguiente definición y las definidas en la NTP 339.047:

---

<sup>2</sup> La NTP 334.127:2002 fue reemplazada por la NTP 334.127:2012

**ceniza volante:** El residuo finamente dividido que resulta de la combustión de carbón molido o pulverizado y que es transportado por los flujos gaseosos.

NOTA 2: La definición de ceniza volante no incluye, entre otras cosas, el residuo resultante de: 1) la calcinación de basura municipal o algún otro desecho que contiene carbón; 2) la inyección de cal directamente al caldero para remover el azufre; o 3) la calcinación de basura industrial o municipal en incineradores comúnmente conocida como “ceniza de incinerador”.

## 5 CLASIFICACIÓN

5.1 **Clase N:** Puzolanas naturales crudas o calcinadas que cumplen con los requisitos aplicables para la clase aquí especificada, tal como algunas tierras diatomáceas; lutitas y calcedonias opalinas; tufos y cenizas volcánicas o pumitas, calcinadas o sin calcinar; y varios materiales que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias, tales como arcillas y lutitas.

5.2 **Clase F:** Ceniza volante que cumple con los requisitos aplicables para la clase aquí especificada. Esta clase de ceniza volante tiene propiedades puzolánicas.

5.3 **Clase C:** Ceniza volante que cumple con los requisitos aplicables para la clase aquí especificada. Esta clase de ceniza volante, además de tener propiedades puzolánicas, también tiene propiedades hidráulicas.

NOTA 3: Ceniza volante de clase F es producida típicamente de carbón antracita o bituminoso, pero puede ser producido por carbón sub-bituminoso o lignito. La ceniza volante de la Clase C es típicamente producida por la calcinación de carbón sub-bituminoso o lignito y puede ser producido del carbón antracita o bituminoso. Las ceniza volante de Clase C contienen un total de contenidos de calcio, expresado en óxido de calcio (CaO) superiores al 10%.

## 6 INFORMACIÓN PARA PEDIDOS

6.1 El comprador especificará los requerimientos físicos opcionales suplementarios.

6.2 El comprador indicará el procedimiento, A o B, que será utilizado cuando se especifiquen requerimientos para la efectividad en la contribución a la resistencia a los sulfatos de la Tabla 3 del Anexo C .

## **7 COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Las puzolanas naturales y las cenizas volantes deberán cumplir los requisitos químicos prescritos en la Tabla 1 del Anexo A .

NOTA 4: Las determinaciones de los componentes químicos y los límites colocados para ellos no predicen el rendimiento de la puzolana natural o de la ceniza volante con cementos Pórtland en concreto, pero colectivamente ayuda a describir la composición y uniformidad del material.

## **8 PROPIEDADES FÍSICAS**

Las puzolanas naturales y las cenizas volantes deberán cumplir los requisitos físicos prescritos en la Tabla 2 del Anexo B Los requisitos físicos opcionales suplementarios se indican en la Tabla 3 del Anexo C .

## **9 MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO**

9.1 El muestreo y ensayo de la puzolana natural o de ceniza volante deberá realizarse de conformidad con los requerimientos de los métodos de ensayo de las NTP 334.066 ó NTP 334.055 .

9.2 Utilizar cemento del tipo propuesto para su empleo en la obra y, si es accesible, de la fábrica propuesta como la fuente del cemento, en todos los ensayos que requieran del empleo de cemento Pórtland.



## **10 ALMACENAMIENTO E INSPECCIÓN**

10.1 La puzolana natural o la ceniza volante deberán ser almacenadas de tal manera que permita un fácil acceso para una adecuada inspección e identificación de cada envío.

10.2 La inspección del material se efectuará por acuerdo entre el comprador y el vendedor como parte del contrato de venta.

## **11 ACEPTACIÓN**

11.1 El comprador tiene derecho a aceptar el material si reúne los requisitos establecidos en esta NTP. La aprobación deberá ser informada al productor o proveedor rápidamente y por escrito.

11.2 El comprador tiene derecho a aceptar los envases que no varíen en más del 5 % del peso establecido. El comprador también tiene derecho a rechazar todo el despacho si el peso promedio de los envases en algún envío, demostrado mediante el pesaje de 50 bolsas tornadas al azar, es menor al especificado.

11.3 El comprador tiene derecho a solicitar el reensayo de la adición mineral que permanece almacenada por un periodo mayor de 6 meses después del ensayo. El comprador tiene derecho a aceptar dicho material si reúne los requisitos de fineza.

## **12 ENVASE Y ROTULADO**

Cuando puzolana natural o ceniza volante son despachadas en bolsas, en cada envase debe ser rotulado claramente la clase, el nombre y el símbolo del fabricante, y el peso del material contenido. Se debe proporcionar información similar en las órdenes de envío que se adjuntan al despacho en bolsas o a granel.

**13 ANTECEDENTES**

- |      |                  |  |
|------|------------------|--|
| 13.1 | ASTM C 618-08    | Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for use as in Concrete                          |
| 13.2 | NTP 334.104:2001 | CEMENTOS. Adiciones minerales del hormigón (concreto): puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Especificaciones |
| 13.3 | NTP 339.047:2006 | HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados   |

## ANEXO A (NORMATIVO)

**TABLA 1 - Requisitos químicos**

Composición Química	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ) + óxido de aluminio(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + óxido de fierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), % mín.	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), % máx.	4,0	5,0	5,0
Contenido de humedad, % máx.	3,0	3,0	3,0
Pérdida por calcinación, % máx.	10,0	6,0 <sup>A</sup>	6,0

<sup>A</sup> Se puede emplear puzolana de Clase F con contenidos de hasta 12 % de pérdida por calcinación si cuenta con registros de performance o resultados de ensayos de laboratorio aceptables.

## ANEXO B (NORMATIVO)

**TABLA 2 - Requisitos físicos**

Requisitos	Clase		
	N	F	C
Fineza:			
Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 $\mu\text{m}$ (N° 325), % máx.	34	34	34
Índice de actividad resistente <sup>A</sup>			
Con cemento Pórtland, a 7 días, % mín. del control	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>
Con cemento Pórtland, a 28 días, % mín. del control	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>	75 <sup>B</sup>
Demanda de agua, máx., porcentaje del control	115	105	105
Estabilidad: <sup>C</sup>			
Expansión o contracción en autoclave, % máx.	0,8	0,8	0,8
Requisitos de uniformidad:			
La densidad y la fineza de muestras individuales no deben variar del promedio establecido por diez ensayos, o por todos los ensayos precedentes si el número es menor que diez, por más de:			
Número es menor que diez, por más de:	5	5	5
Densidad, máxima variación del promedio, %	5	5	5
Porcentaje retenido en 45 $\mu\text{m}$ (N° 325), variación máx., puntos de porcentaje del promedio			

<sup>A</sup> El índice de actividad resistente con cemento Pórtland no debe ser considerado una medida de la resistencia a la compresión del concreto que contiene la puzolana natural o ceniza volante. La masa de puzolana natural o ceniza volante especificada para el ensayo para determinar el índice de actividad resistente con cemento Pórtland no debe ser considerada como la proporción recomendada para el concreto ha ser empleado en la obra. La cantidad óptima de la puzolana natural o ceniza volante para un proyecto específico se determina dependiendo de las propiedades solicitadas del concreto y otros constituyentes del concreto y debe ser establecida mediante ensayo. El índice de actividad resistente con cemento Pórtland es una medida de la reactividad con un cemento dado y puede variar dependiendo del origen de la puzolana natural o ceniza volante y del cemento.

<sup>B</sup> La verificación del índice de actividad resistente a los 7 días o a los 28 días indicará el cumplimiento de la especificación.

<sup>c</sup> Si la puzolana natural o ceniza volante representará más del 20 % en masa del material cementoso en el diseño de mezcla del proyecto, los especímenes de ensayo para la expansión en autoclave deben contener dicho porcentaje. La expansión en autoclave excesiva es significativamente más alta en casos donde las proporciones de agua material cementoso son bajas, por ejemplo en mezclas para bloques o para concreto proyectado.

**ANEXO C**  
(INFORMATIVO)

**TABLA 3 - Requisitos físicos opcionales suplementarios**

Requisitos	Clase		
	N	F	C
Factor múltiplo, calculado como el producto de la pérdida por calcinación y la fineza [cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 $\mu\text{m}$ (N° 325)], % máx. <sup>A</sup>	----	255	---
Incremento de la contracción por secado de las barras de mortero a los 28 días, máx., diferencia, en %, sobre el control <sup>B</sup>	0,03	0,03	0,03
Requisitos de uniformidad: Adicionalmente, cuando se especifica concreto con aire incorporado, la cantidad de aditivo incorporador de aire requerido para producir un contenido de aire del mortero de 18,0% en volumen, no debe variar del promedio establecido por diez ensayos, o por todos los ensayos precedentes si el número es menor que diez, por más de, % y vemos como hacemos,	20	20	20
Efectividad en el control de la reacción sílice-álcali: <sup>C</sup> Expansión de la mezcla de ensayo como porcentaje del cemento de bajo álcali control, a 14 días, máx., %	100	100	100
Efectividad en la contribución a la resistencia a los sulfatos: D			
Procedimiento A: Expansión de la mezcla de ensayo: Para exposición moderada a los sulfatos después de 6 meses de exposición, máx., %	0,10	0,10	0,10
Para exposición a altas concentraciones de sulfatos después de 6 meses de exposición, máx., %	0,05	0,05	0,05
Procedimiento B: Expansión de mezclas de ensayo como un porcentaje del cemento resistente a sulfatos control después de por lo menos 6 meses de exposición, máx., %	100	100	100

NOTA: Estos requisitos opcionales se aplican en caso sea solicitado específicamente.

<sup>A</sup> Aplicable sólo para las cenizas volantes Clase F desde que las limitaciones de la pérdida por calcinación prevalecen para la Clase C .

<sup>B</sup> La determinación del cumplimiento o incumplimiento del requisito relativo al incremento de la contracción por secado sólo se debe realizar a solicitud del comprador.

<sup>C</sup> La puzolana natural o ceniza volante que cumplen con este requisito se consideran efectivas para controlar las reacciones álcali- sílice así como el cemento de control de bajo álcali empleado en la evaluación. Sin embargo, la puzolana natural o ceniza volante sólo debe ser considerada efectiva solamente cuando el material total cementosos es empleada en porcentajes en masa del material cementoso total equivalente o excedente al empleado en los ensayos y cuando el contenido de álcali del cemento a ser empleado no exceda al del cemento empleado en los ensayos por más de 0,05 %. Véase Anexo A1, de la. NTP 334.127 .

<sup>D</sup> Las cenizas volantes o puzolanas naturales se consideran efectivas solo cuando son empleadas en porcentajes, en masa, del total del material cementoso dentro del 2% de aquellos que son satisfactorios en las mezclas de ensayo o entre dos porcentajes que son satisfactorios, y cuando el contenido de  $C_3A$  del cemento del proyecto es menor o equivalente al del cemento empleado en las mezclas de ensayo. Véase Anexo A2 de la Norma NTP 334.127 .

# **PANEL FOTOGRAFICO**





**FOTO N°01 y 02:** Almacenamiento en sacos la ceniza de bagazo de caña de azúcar de Agroindustrias San Jacinto S.A.A. en estado húmedo



**FOTO N°03:** Transporte de los sacos con la ceniza de bagazo de caña de azúcar



**FOTO N°04:** Secamos al aire seco la ceniza de bagazo de caña de azúcar, para poder fácilmente eliminar los restos orgánicos que contenía la caña.



**FOTO N°05:** En un inicio se tamizó por la malla N° 10, para eliminar todo tipo de paja



**FOTO N°06 y 07:** Posteriormente se volvió a tamizar por el tamiz N° 50 con lo que se notaba un poco más limpio la ceniza



**FOTO N°08 y 09:** Se realizó el molido 2 veces, pero aun así no se lograba obtener la finura deseada, por lo que se realizó un último tamizó por el tamiz N° 200 y así se obtuvo la finura deseada



**FOTO N°10 y 11:** Se contó con la aprobación de nuestro asesor para realizar nuestro diseño de mezcla con la ceniza obtenida.



**FOTO N°12:** Se halló el peso específico del agregado grueso



13



14

**FOTO N°13 y 14:** Se halló el peso específico del agregado fino



15

**FOTO N°15:** con ayuda de secadora de pelo se secaba la muestra y así obtener el peso específico del agregado fino



**FOTO N°16:** con ayuda de la balanza se proseguía a hallar los pesos y realizar los ensayos



**FOTO N°17 y 18:** Peso del frasco volumétrico con agua y agregado fino



FOTO N°19 y 20: Encofrado y enmallado de las vigas



FOTO N°21 y 22: Preparación del encofrado y del acero para las viga



FOTO N°23 y 24: Probetas y vigas listas



FOTO N°25: Colocación de los dados concreteros en las vigas armadas





**FOTO N°26:** Limpieza de las probetas para realizar el vaciado



**FOTO N°27 y 28:** vigas y probetas aptas para el vaciado



**FOTO N°29:** elementos para preparar el concreto



**FOTO N°30:** Unión del cemento y ceniza de bagazo de caña de azúcar según las dosificaciones del tipo de concreto



**FOTO N°31:** Preparación del concreto según las dosificaciones deseadas.



**FOTO N°32:** Concreto en estado fresco, listo para realizar las probetas y vigas



**FOTO N°33:** Prueba del slump en estado fresco del concreto



**FOTO N°34:** Chuseo respectivo de las probetas y vigas



**FOTO N°35:** Acabado de las vigas y probetas



**FOTO N°36:** Retiro de las probetas de la poza para poder realizar las roturas a los 7, 14, y 28 días respectivamente



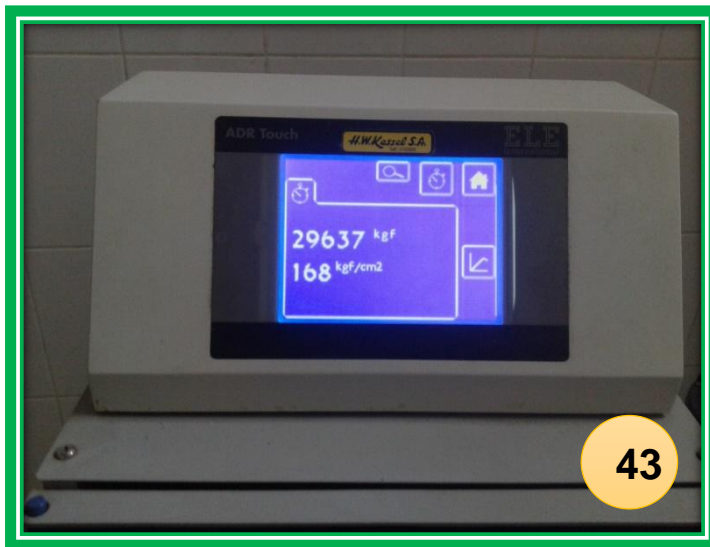
FOTO N°37 y 38: Ensayo de compresión de del concreto patrón a los 7 días de curado



FOTO N°39 y 40: Ensayo de compresión de del concreto patrón a los 14 días de curado



**FOTO N°41 y 42:** Ensayo de compresión de la sustitución del 5% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 días de curado



**FOTO N°43 y 44:** Ensayo de compresión de la sustitución del 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 días de curado



45



46

FOTO N°45 y 46: Ensayo de compresión de la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 días de curado



47



48

FOTO N°47 y 48: Ensayo de compresión del concreto patrón a los 28 días de curado

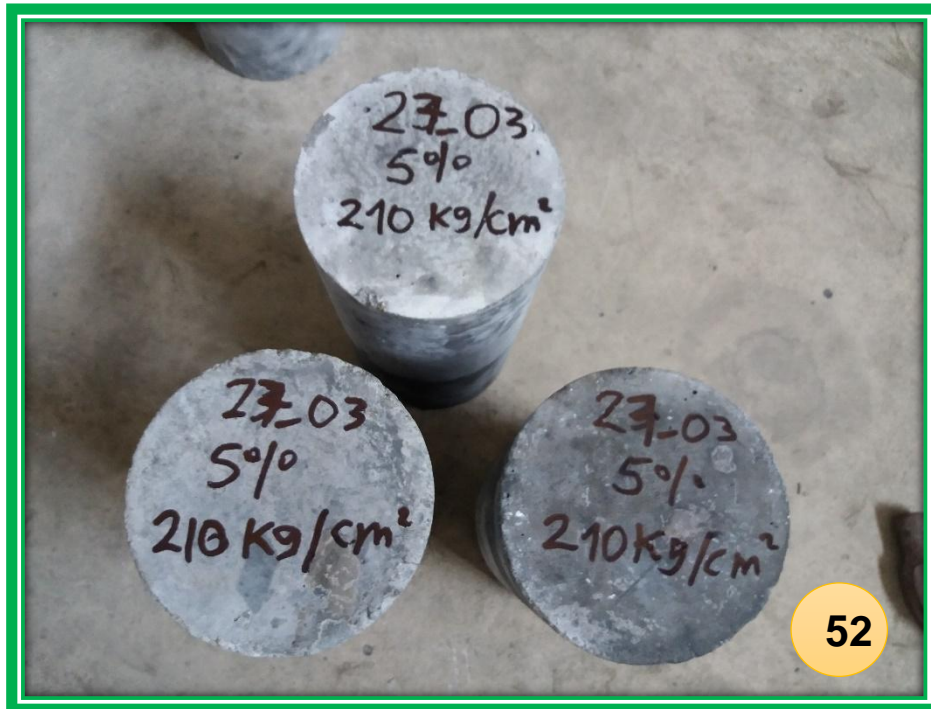




FOTO N°49: Probetas luego de haber realizado la rotura



FOTO N°50 y 51: Probetas fuera de la poza para realizar la prueba de compresión



**FOTO N°52:** Probetas fuera de la poza para realizar la prueba de compresión



**FOTO N°53:** Probetas fuera de la poza para realizar la prueba de compresión



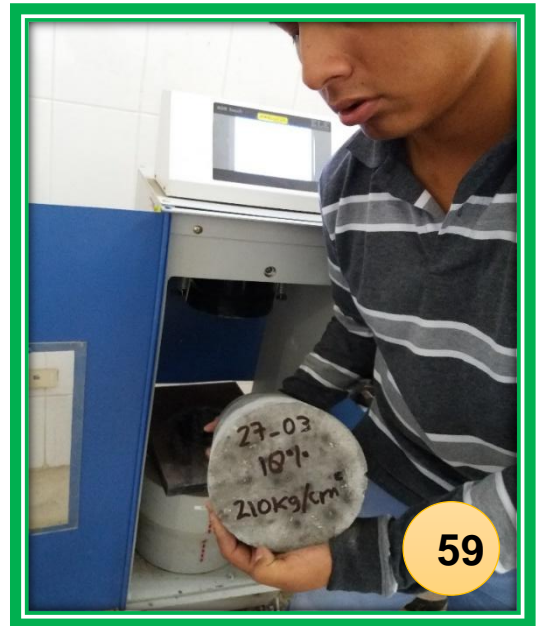
**FOTO N°54 y 55:** Ensayo de compresión de la sustitución del 5% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



**FOTO N°56 y 57:** Ensayo de compresión de la sustitución del 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



58



59

FOTO N°58 y 59: Ensayo de compresión de la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



60



61

FOTO N°60 y 61: Vigas fuera de la poza listo para ser ensayados a los 28 días.



FOTO N°62 y 63: Vigas fuera de la poza listo para ser ensayados a los 28 días



FOTO N°64: Vigas fuera de la poza listo para ser ensayados a los 28 días



**FOTO N°65:** Vigas siendo transportados para ser ensayados.



**FOTO N°66:** Ensayo a la flexión con la sustitución del 5% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



**FOTO N°67:** Ensayo a la flexión con la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



**FOTO N°68:** vigas rotas por la mitad



**FOTO N°69:** Ensayo a la flexión con la sustitución del 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



**FOTO N°70 y 71:** Ensayo a la flexión con la sustitución del 15% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado





**FOTO N°72 y 73:** Ensayo a la flexión con la sustitución del 5% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



**FOTO N°74 y 75:** Ensayo a la flexión con la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado



**FOTO N°76 y 77:** Ensayo a la flexión con la sustitución del 10% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado