

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“UTILIZACIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE
AZÚCAR (CBCA) COMO SUSTITUTO PORCENTUAL DEL
CEMENTO EN LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS DE
CONCRETO”**

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

**AUTORES: Bach. JARA RODRÍGUEZ RUTH HAYDEE
Bach. PALACIOS AMBROCIO ROCIO DENISE**

ASESOR: Ing. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2015

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



**“UTILIZACIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE
AZÚCAR (CBCA) COMO SUSTITUTO PORCENTUAL DEL
CEMENTO EN LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS DE
CONCRETO”**

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

REVISADA Y APROBADA POR:

Ing. Felipe Villavicencio Gonzalez
ASESOR

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



**“UTILIZACIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE
AZÚCAR (CBCA) COMO SUSTITUTO PORCENTUAL DEL
CEMENTO EN LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS DE
CONCRETO”**

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

**SUSTENTADA EL DÍA 21 DE MAYO DEL 2015, Y APROBADA POR
EL SIGUIENTE JURADO**

Ing. JULIO RIVASPLATA DIAZ
PRESIDENTE

Ing. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ
SECRETARIO

Ing. LINO OLASCUAGA CRUZADO
INTEGRANTE



DEDICATORIA

A Jehova Dios.

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padre Maximo.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi madre Rayda.

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

A mis hermanos

Max, Carlos, David, Rocio, Abel, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Jara Rodriguez Ruth Haydee

DEDICATORIA

A **DIOS** por ser lo más extraordinario, por estar siempre a mi lado, por brindarme sabiduría y entendimiento para poder elegir el camino correcto de la vida y por darme una madre ejemplar y maravillosa.

A mi madre **Alejandrina** que fue mi guía, la luz de mi sendero en todo momento, gracias a sus esfuerzos, sus consejos y sus valores ayudaron a mi formación profesional y a mi vida, a ser cada día una mejor persona.

A mis hermanos Irina, Lenin, David y Elías, por ser una fuente de inspiración y superación, por sus consejos y su apoyo incondicional, que me brindaron en todo momento.

A mis entrañables Amigos, por esos desvelos, paciencia y el apoyo frente a las adversidades, por esa amistad franca y sincera.

Palacios Ambrocio Rocío Denise

AGRADECIMIENTO

A Dios por salvaguardar a nuestra familia de manera unida y con buena salud, por protegernos y librnarnos de todo lo malo, brindándonos las fuerzas necesarias para seguir adelante.

Gracias a la vida por brindarnos la oportunidad de realizar esta investigación, y por haberme permitido conocer a muchas personas que colaboraron para hacer de nuestros sueños una realidad.

A todos los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa, por brindarnos todos sus conocimientos y experiencias.

Debemos agradecer de manera especial al Ing. Felipe Villavicencio González, por aceptarnos para realizar esta tesis bajo su dirección.

Queremos expresar también nuestro más sincero agradecimiento, a la Srta. Maura López Loyola, por brindarnos en todo momento su apoyo incondicional.

A todas las personas que de una u otra manera nos apoyaron para la realización de esta tesis, pues por más pequeña o grande que haya sido su intervención ha sido muy valiosa y considerada, a todos muchas gracias.

Jara Rodriguez & Palacios Ambrocio

ÍNDICE GENERAL

	PÁG.
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCION	5
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	
1.1 ASPECTO INFORMATIVO	6
1.1.1 TITULO	6
1.1.2 TIPO DE INVESTIGACION	6
1.1.3 UBICACIÓN	6
1.2 PLAN DE INVESTIGACIÓN	6
1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2.2 OBJETIVOS	8
1.2.2.1 OBJETIVO GENERALES	8
1.2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.2.3 JUSTIFICACIÓN	9
1.2.3 HIPOTESIS	9
1.2.4 VARIABLES	9
CAPITULO II: MARCO TEORICO	
2.1 CEMENTO	10
2.1.1 CEMENTO NATURAL	10
2.1.2 CEMENTO PORTLAND	11
2.1.2.1 CLINKER PORTLAND	11
2.1.2.2 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND	12
2.1.2.3 REQUISITOS QUIMICOS	12
2.1.2.4 REQUISITOS FISICOS	14

2.1.3	MATERIALES DE SUSTITUCIÓN	16
2.1.4	MATERIALES PUZOLANICOS	18
2.1.5	CARACTERÍSTICAS DE LAS PUZOLANAS	22
2.1.5.1	PROPIEDADES FISICAS DE LAS PUZOLANAS	22
2.1.5.2	PROPIEDADES QUIMICAS DE LAS PUZOLANAS	23
2.1.6	REQUISITOS DE LAS PUZOLANAS	24
2.1.6.1	REQUISITOS FISICOS	24
2.1.6.2	REQUISITOS QUIMICOS	30
2.2	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)	31
2.2.1	LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERÚ	32
2.2.2	PROCESO INDUSTRIAL DE LA OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)	33
2.2.3.	LA CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) COMO MATERIAL PUZOLANICO	35
2.2.4.	ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO	38
2.3	ALBAÑILERÍA	46
2.3.1	DEFINICION	46
2.3.2	CLASIFICACION	46
2.3.2.1	CLASIFICACION POR SU FUNCION ESTRUCTURAL	46
2.3.2.2	CLASIFICACION POR LA DISTRIBUCION DEL REFUERZO	47
2.4	COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA	48
2.4.1	UNIDAD DE ALBAÑILERIA	49
2.4.1.1	DEFINICION	49
2.4.1.2	CLASIFICACION PARA FINES ESTRUCTURALES	49

2.4.1.3	PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA EN RELACION A SU UTILIZACION EN LA ALBAÑILERIA	52
2.4.1.4	PRUEBAS	53
2.4.1.5	FABRICACION ARTESANAL DE LADRILLOS DE CONCRETO EN NUEVO CHIMBOTE	70
2.4.1.5.1	MATERIALES PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS DE CONCRETO	70
2.4.1.5.2	DOSIFICACIONES PARA LA FABRICACION DE LADRILLOS ARTESANALES DE CONCRETO	71
2.4.1.5.3	PROCESO DE FABRICACION DE LADRILLOS ARTESANALES DE CONCRETO	72
2.4.2	MORTERO	78
2.4.2.1	DEFINICION	78
2.4.2.2	COMPONENTES	78
2.4.2.3	CLASIFICACION PARA FINES ESTRUCTURALES	80
2.4.2.4	PROPORCIONES	80
2.4.3	PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA	81
2.4.3.1	RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA	81
2.4.3.2	ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA ALBAÑILERIA	84

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1	MATERIALES	87
3.1.1	MATERIA PRIMA	87
3.1.2	EQUIPOS	87

3.2	MÉTODOS	88
3.2.1	METODOLOGIA DE ANÁLISIS DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	88
3.2.1.1	ENSAYOS QUÍMICOS Y FÍSICOS	88
3.2.1.2	INDICE DE ACTIVIDAD PUZOLÁNICA UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND NTP 334.066	91
3.2.2	METODOLOGIA DE ANÁLISIS DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA	93
3.2.2.1	GRANULOMETRÍA (ASTM D-75)	93
3.2.2.2	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C- 27/ NTP400.021 Y ASTM C- 128/NPT 400.022)	93
3.2.2.3	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL	93
3.2.2.4	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C- 566/NPT 400.021)	94
3.2.3	METODOLOGIA DE ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA	95
3.2.4	METODOLOGIA DE MODELADO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA A ESCALA 1:3	95
3.2.4.1	CÁLCULO DE FACTORES DE ESCALA	96
3.2.4.2	ANTECEDENTES	97
3.2.5	METODOLOGIA DE ANÁLISIS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA	101
3.2.5.1	ENSAYOS CLASIFICATORIOS	101
3.2.5.2	ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS	102
3.2.6	METODOLOGIA DE ANÁLISIS DE PRISMAS: PILAS Y MURETES	102
3.2.6.1	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA (PILAS)	102
3.2.6.2	MÉTODO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES	104

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	108
4.1.1	ANÁLISIS QUÍMICO	108
4.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA	111
4.2.1	AGREGADO GLOBAL	111
4.2.2	ARENA FINA	112
4.2.3	AGREGADO PREPARADO	113
4.2.4	AGREGADO PREPARADO Y ARENA GRUESA A ESCALA	115
4.3	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA	117
4.3.1	ENSAYOS CLASIFICATORIOS	117
4.3.1.1	ENSAYO DE ALABEO	117
4.3.1.2	ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL	118
4.3.1.3	ENSAYO DE RESISTENCIA ALA COMPRESION	118
4.3.2	ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS	122
4.3.2.1	ENSAYO DE SUCCION	122
4.3.2.2	ENSAYO DE ABSORCION	124
4.3.2.3	ENSAYO DE DENSIDAD	126
4.4	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PRISMAS: PILAS Y MURETES	129
4.4.1	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA (PILAS)	129
4.4.2	ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA	131

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	133
5.2	RECOMENDACIONES	135

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1	BIBLOGRAFIA	136
------------	--------------------	------------

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla N°01. REQUISITOS QUÍMICOS OPCIONALES DEL CEMENTO PORTLAND	13
Tabla N°02. REQUISITOS QUÍMICOS DEL CEMENTO PORTLAND	14
Tabla N°03. REQUISITOS FÍSICOS DEL CEMENTO PORTLAND	15
Tabla N°04. REQUISITOS FÍSICOS OPCIONALES DEL CEMENTO PORTLAND	16
Tabla N°05. REQUISITOS FÍSICOS DE LAS PUZOLANAS	24
Tabla N°06. REQUISITOS QUÍMICOS DE LAS PUZOLANAS	30
Tabla N°07. MODIFICACIONES DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVES DE LA CALCINACIÓN	31
Tabla N°08. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)	45
Tabla N°09. CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA	50
Tabla N°10. GRANULOMETRIA DE LA ARENA GRUESA	79
Tabla N°11. TIPOS DE MORTERO	80
Tabla N°12. MÉTODOS PARA DETERMINAR $f'm$ Y $v'm$	81
Tabla N°13. INCREMENTO $f'm$ Y $v'm$ POR EDAD	82
Tabla N°14. RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERIA	83
Tabla N°15. FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'm$ POR ESBELTEZ	84
Tabla N° 16. FACTORES DE CORRECCIÓN ALTURA/ESPESOR PARA LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA	103
Tabla N° 17 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL	111

Tabla N° 18	PROPIEDADES DEL AGREGADO GLOBAL	112
Tabla N° 19	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA FINA	112
Tabla N° 20	PROPIEDADES DE ARENA FINA	112
Tabla N° 21	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO PREPARADO	113
Tabla N° 22	PROPIEDADES DEL AGREGADO PREPARADO	113
Tabla N° 23	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA GRUESA	114
Tabla N° 24	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO PREPARADO A ESCALA	115
Tabla N° 25	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE GRADACION DEL AGREGADO PREPARADO Y AGREGADO PREPARADO A ESCALA	116
Tabla N° 26	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA GRUESA A ESCALA	116
Tabla N° 27	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE GRADACION DE LA ARENA GRUESA Y ARENA ESCALADA	117
Tabla N° 28	ENSAYO DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE LAS LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ALAMOS"	117
Tabla N° 29	ENSAYO DE ALABEO DE LAS UNIDADES CON DIFRENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	117
Tabla N° 30	ENSAYO VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LAS UNIDADES DE LAS LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ALAMOS"	118
Tabla N° 31	ENSAYO VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LAS UNIDADES CON DIFRENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	118
Tabla N° 32	RESUMEN RESULTADO DE LOS ENSAYOS CLASIFICATORIOS	121
Tabla N° 33	RESUMEN RESULTADO DE LOS ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS.	128

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura N°01. PROCESO INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR	34
Figura N°02. CUÑA PARA ENSAYO DE ALABEO	54
Figura N°03. MEDICIÓN DE CONCAVIDAD	55
Figura N°04. MEDICIÓN DE CONVEXIDAD	56
Figura N°05. MEDICIÓN DE CONVEXIDAD	56
Figura N°06. PREPARACIÓN DEL AGREGADO	73
Figura N°07: PREPARACIÓN DE LA MEZCLA	74
Figura N°08. MOLDEADO DE LADRILLO	
Figura N°09. PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA EL TENDIDO.	75
Figura N°10. TENDIDO DEL LADRILLO	76
Figura N°11. CURADO DEL LADRILLO	77
Figura N°12. ALMACENAMIENTO DE LOS LADRILLOS	77
Figura N°13. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL	84
Figura N°14. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL	86
Figura N°15. GEOMETRÍA DE PILAS	103
Figura N°16. GEOMETRÍA DE MURETES	106

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	PÁG.
Diagrama N°01. SUSTITUTOS MINERALES DEL CEMENTO PORTLAND	18
Diagrama N°02. MATERIALES PUZOLANICOS	22
Diagrama N°03. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES DE CONCRETO.	95

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	PÁG.
Gráfico N° 01. COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LA MUESTRA N°01 Y N°02 DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)	108
Gráfico N° 02. ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRA N°01 CBCA	109
Gráfico N° 03. ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRA N°02 CBCA	109
Gráfico N° 04. COMPARACION DE PORCENTAJES DE PUZOLANIDAD DE LA NTP 334.104 VS PORCENTAJES DE PUZOLANIDAD DE LA CBCA A LOS 7 Y 28 DIAS	110
Gráfico N° 05. CURVAS DE GRADACIÓN PARALELAS DEL AGREGADO PREPARADO	115
Gráfico N° 06. CURVAS DE GRADACIÓN PARALELAS DE LA ARENA GRUESA	116
Gráfico N° 07. COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES DE LAS LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ALAMOS"	119
Gráfico N° 08. COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA)	120
Gráfico N° 09. COMPARACIÓN DE PORCENTAJES DE SUCCIÓN EN UNIDADES DE LAS LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ALAMOS"	122
Gráfico N° 10. COMPARACIÓN DE PORCENTAJES DE SUCCION EN UNIDADES CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA)	123
Gráfico N° 11. COMPARACION DE PORCENTAJES DE ABSORCION EN UNIDADES DE LAS LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ALAMOS"	124
Gráfico N° 12. COMPARACION DE PORCENTAJES DE ABSORCION EN UNIDADES CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA)	125
Gráfico N° 13. COMPARACIÓN DE DENSIDAD EN UNIDADES DE LAS LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ALAMOS"	126
Gráfico N° 14. COMPARACIÓN DE DENSIDAD EN UNIDADES CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)	127

Gráfico N° 15.	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN PILAS. (ESFUERZO ÚLTIMO DE COMPRESIÓN) - LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ÁLAMOS"	129
Gráfico N° 16.	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN PILAS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA). (ESFUERZO ÚLTIMO DE COMPRESIÓN)	130
Gráfico N° 17.	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES. (ESFUERZO ÚLTIMO AL CORTE) - LADRILLERAS "LOS OLIVOS" Y "LOS ÁLAMOS".	131
Gráfico N° 18.	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES. (ESFUERZO ÚLTIMO AL CORTE)	132

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se analizaron las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto elaborados artesanalmente en Nuevo Chimbote. Se fabricaron ladrillos de concreto con porcentajes de 10%, 20% y 30% de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto del cemento Portland Tipo I, para ser comparados con los ladrillos provenientes de dos ladrilleras representativas de la localidad, con el fin de determinar la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilerías; empleando sustitutos puzolánicos que sean amigables con el medio ambiente y que reduzcan el uso del cemento Portland. De estas unidades de albañilería se determinó sus características mecánicas a los 28 días, se realizaron también los ensayos clasificatorios y no clasificatorios correspondientes. A la vez se efectuaron ensayos para determinar los esfuerzos admisibles de la albañilería, como el ensayo de compresión axial y el ensayo de compresión diagonal.

Para los tres porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar empleados, se encontró que las unidades de albañilería con el 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar presentaron un mejor comportamiento mecánico.

ABSTRACT

In the present thesis were analyzed the physical and mechanical properties of concrete bricks, handmade in Nuevo Chimbote. These bricks were made were partially made with percentages of 10%, 20% and 30% of bagasse ash from sugarcane, these percentages replaced to the Portland cement. These bricks were compared with the bricks of two representative brickyards of the locality, To determine the improved properties of masonry units produced with different percentages of bagasse ash.

These masonry units mechanical characteristics were determined at 28 days. Added to this, we made them the qualifying trials and no qualifying trials. At the same time tests were conducted to determine the allowable stresses masonry, such as axial compression test and compression test diagonal.

For the three percentages of bagasse ash of sugarcane bagasse, it was found that the masonry units with 10% bagasse ash had better mechanical behavior

INTRODUCCION

El presente trabajo de trabajo de investigación tiene la finalidad de demostrar que con el descubrimiento de nuevos compuestos se incrementan considerablemente las posibilidades para reducir el cemento en la mezcla de concreto, sin afectar su resistencia.

En Nuevo Chimbote, se fabrican artesanalmente ladrillos de concreto que no cuentan con características de calidad certificadas. Entonces la sustitución porcentual del cemento Portland por ceniza de bagazo de caña de azúcar sería una buena alternativa para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de estos ladrillos, logrando también la disminución del costo en su elaboración.

La utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, en la fabricación de ladrillos, contribuiría a reducir la contaminación, porque disminuiría el uso de cemento Portland, reduciendo la emisión de gases del efecto invernadero producidos en su fabricación. La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto agroindustrial que actualmente se emplea como fertilizante de los campos de cultivo, la presente investigación propone darle un uso dentro del ramo de la construcción.

Se realizaron diversos ensayos a las unidades de albañilería elaboradas con ceniza de bagazo de caña de azúcar; así como ensayos de compresión axial y compresión diagonal, para poder observar su comportamiento en la albañilería.



I. ASPECTOS GENERALES

1.1. ASPECTOS INFORMATIVOS

1.1.1. TITULO:

“UTILIZACIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA) COMO SUSTITUTO PORCENTUAL DEL CEMENTO EN LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO”

1.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

EXPERIMENTAL

1.1.3. UBICACIÓN

DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE

PROVINCIA : SANTA

DEPARTAMENTO : ANCASH

1.2. PLAN DE INVESTIGACIÓN:

1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Hoy en día, en el Perú existe una proliferación informal de viviendas, esta actividad perpetúa las condiciones de pobreza e insalubridad, construyendo “casas-tumba”. Una de las características de esta actividad es la falta de calidad en la construcción, ya que por lo general se realiza con materiales de bajo costo, de baja calidad y producidos artesanalmente. Uno de los productos más vulnerables y en el que se enfoca nuestro trabajo de investigación es el ladrillo, en su versión artesanal.

Así como en todo el país, en Nuevo Chimbote existen ladrilleras artesanales que se yerguen como los principales proveedores para la construcción local. El problema se agudiza aún más, cuando analizamos los ladrillos que producen, unidades de concreto con características por debajo de los estándares requeridos según la Norma E.070 del RNE y que no presentan ningún control de calidad certificado.

Frente a esta problemática, se plantea mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos a través del uso de materiales puzolánicos, que a su vez sean amigables con el medio ambiente y que ayuden a reducir la proporción del cemento en la mezcla, sin afectar su resistencia, además de optimizar sus propiedades. El bagazo de caña de azúcar, cuando es incinerado convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión.

Entonces la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) del Complejo Agroindustrial Cartavio, es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se utiliza como combustible, para sus calderas. Su propiedad como material cementante la hace idónea para ser utilizada como cemento puzolánico y los beneficios que añadiría al concreto la hacen ideal para nuestro propósito. Ante lo expuesto:

¿Qué porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) es ideal como sustituto del cemento Portland, para mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en Nuevo Chimbote?

1.2.2. OBJETIVOS

1.2.2.1. OBJETIVO GENERAL:

Elaborar ladrillos de concreto mediante la sustitución porcentual del cemento Portland, por un desecho agroindustrial como la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), que le proporcione mejores propiedades mecánicas a estas unidades.

1.2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el porcentaje ideal de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) en la elaboración de los ladrillos.
- Determinar las propiedades de los ladrillos elaborados mediante la sustitución del cemento por Ceniza de Bagazo de Caña De Azúcar (CBCA).
- Comparar los resultados obtenidos de los ladrillos de concreto con Ceniza de Bagazo de Caña De Azúcar (CBCA) y los ladrillos de concreto artesanales de Nuevo Chimbote.

1.2.3. JUSTIFICACION

Se logrará demostrar que la utilización de CBCA como sustituto parcial del cemento en el concreto puede mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto.

La importancia ecológica que conlleva el uso de CBCA como sustituto parcial del cemento Portland generará que se logre reducir la emisión de dióxido de carbono a la atmosfera. Es decir, disminuir gases invernaderos que provocan el efecto invernadero originados durante la fabricación del cemento.

El beneficio económico del uso de CBCA estará expresado en la disminución del costo del presupuesto para la fabricación de ladrillos de concreto y en el costo de los mismos.

1.2.4. HIPÓTESIS:

Si se conoce el porcentaje ideal al sustituir la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) por cemento Portland, se logrará mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en Nuevo Chimbote.

1.2.5. VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

- Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).

VARIABLE DEPENDIENTE

- Características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto producidos con CBCA como sustituto porcentual del cemento Portland.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. CEMENTO

Se define como cementos a los materiales pulverizados que por adición de una cantidad conveniente de agua forman una pasta aglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire y formar compuestos estables. Quedan excluida de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

2.1.1. 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". La primera especificación ASTM de cemento natural, la C 10, fue adoptada entre las primeras del ASTM en 1904, conjuntamente con la del cemento Portland C 09, que en 1941 paso a ser la ASTM C 150. La norma C 10 fue descontinuada en 1978 y adoptada en una nueva versión en el año 2006.

Los cementos están compuestos de diferentes materiales (componentes) que adecuadamente dosificados mediante un proceso de producción controlado, le dan al cemento las cualidades físicas, químicas y resistencias adecuadas al uso deseado.

2.1.2. CEMENTO PORTLAND

El cemento Portland es un aglomerante utilizado en obras de ingeniería civil, proveniente de la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan del 1% en peso del total y que la norma correspondiente determine que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker.

2.1.2.1. Clinker Portland

El Clinker es fabricado mediante un proceso que comienza por combinar una fuente de cal, tal como las calizas; una fuente de sílice y alúmina, como las arcillas; y una fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro. Una mezcla adecuadamente dosificada de los materiales crudos es finamente molida y luego calentada a una temperatura suficientemente alta, alrededor de los 1500 °C, a fin de que se produzcan las reacciones entre los componentes del cemento.

El producto obtenido del horno es conocido como Clinker del cemento Portland. Después de enfriado, el Clinker es molido con una adición de cerca del 6% de sulfato de calcio (yeso) para formar el cemento Portland.

2.1.2.2. Tipos de Cementos Portland

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.
- **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.
- **Tipo III:** Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

2.1.2.3. Requisitos Químicos

Cada uno de los tipos de cemento Portland debe cumplir los respectivos requisitos químicos prescritos en la Tabla 01. Los requisitos químicos opcionales se indican en la Tabla 02.

Tabla N°01: Requisitos Químicos Opcionales del Cemento Portland.

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPO DE CEMENTO					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Oxido de Aluminio, (Al ₂ O ₃), Max. %	NTP 334.086	-	6.0	6.0	-	-	-
Oxido de Férrico, (Fe ₂ O ₃), Max. %		-	6.0	6.0	-	6.5	-
Oxido de Magnesio, (MgO), Max. %		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Trióxido de Azufre, (SO ₃), D Max. %							
Cuando (C ₃ A), es 8% o menos		3.0	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
Cuando (C ₃ A), es más de 8%		3.5	F	F	4.5	F	F
Pérdida por Ignición, Max. %		3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Residuo Insoluble, Max. %		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato Tricálcico, (C ₃ S), Max. %	Véase Anexo A1	-	-	-	-	35	-
Silicato Dicálcico, (C ₂ S), Min. %		-	-	-	-	40	-
Aluminato Tricálcico, (C ₃ S), Max. %		-	8	8	15	7	5
Suma de C ₃ S + 4.75C ₃ A, Max. %		-	-	100	-	-	-
Aluminio-Férrico Tetracálcico, más dos veces Aluminato Tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A)), o Solución Sólida, (C ₄ AF+C ₂ F), como sea Aplicable, Max. %		-	-	-	-	-	25

FUENTE: Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) – MTC.

Tabla N°02. Requisitos Químicos del Cemento Portland.

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPO DE CEMENTO						OBSERVACIÓN
		I	II	II(MH)	III	IV	V	
Aluminato Tricálcico, (C ₃ A), Max. %	Véase anexo A1	-	-	-	8	-	-	Para Moderada Resistencia a los Sulfatos.
Aluminato Tricálcico, (C ₃ A), Max. %	Véase anexo A1	-	-	-	5n	-	-	Para Alta Resistencia a los Sulfatos.
Álcalis equivalentes, (Na ₂ O + 0.658K ₂ O), Max. %	NTT 334.086	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	Cemento de Bajo Contenido de álcali.

FUENTE: Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) – MTC.

2.1.2.4. Requisitos Físicos

Cada uno de los tipos de cemento Portland debe cumplir los respectivos requisitos físicos prescritos en la Tabla 03.

Tabla N°03. Requisitos Físicos del Cemento Portland.

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO NTP	TIPO DE CEMENTO					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Contenido de aire del Mortero Volumen %: Max. Min.	334.048	12 -	12 -	12 -	12 -	12 -	12 -
Finura, Superficie Específica, (m ² /kg) (Métodos Alternativos): Ensayo de Turbidímetro Min. Max.	334.072	150 -	150 -	150 245	- -	150 245	150 -
Ensayo de Permeabilidad al Aire. Min. Max.	334.002	260 -	260 -	260 430	- -	260 430	260 -
Expansión en Autoclave, Max. %	334.004	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Resistencia, no Menor que los Valores Mostrados Para las Edades Indicadas a Continuación: Resistencia a la compresión, MPa 1 día 3 días 7 días 28 días	334.051	- 12 19 -	- 10 17 -	- 10.0 7.0 17.0 12.0 -	12 24 - -	- - 7 17	- 8 15 21
Tiempo de Fraguado Ensayo de Vicat , 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: Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) – MTC.

Los requisitos físicos opcionales se indican en la Tabla 04.

Tabla N°04. Requisitos Físicos Opcionales del Cemento Portland.

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO NTP	TIPO DE CEMENTO				
		I y II	II(MH)	III	IV	V
Falso Fraguado, Penetración Final, Min., %	334.065	50	50	50	50	50
Calor de Hidratación 7 días, Max., KJ/Kg 28 días, Max., KJ/Kg	334.064	-	290	-	250	-
		-	-	-	290	-
Resistencia a la Compresión, 28 días, MPa.	334.051	28	28.0 22.0	-	-	-
Resistencia a los Sulfatos, 14 días Max., % de Expansión	334.065	-	-	-	-	0.04
Ensayo de Gillmore: Fraguado Inicial, Minutos, no Menor que: Fraguado Final, Minutos, no Mayor que:	334.056	60	60	60	60	60
		600	600	600	600	600
Prueba de Turbidímetro ... Min. ... Max.	334.072	150	150	---	150	150
		---	245	---	245	---

FUENTE: Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) – MTC.

2.1.3. MATERIALES DE SUSTITUCIÓN

La fabricación de Clinker Portland componente principal del cemento Portland implica una transformación química de materias primas en un horno a elevadas temperaturas. Este proceso genera importantes cantidades de CO₂. Es por ello que la sustitución de una parte del clinker por otros constituyentes minerales ha sido investigada desde hace mucho tiempo, tanto por razones económicas y ecológicas.

Estos constituyentes, a menudo calificados como secundarios, pueden ser casi inertes, como la caliza o la sílice, o reactivos, como las puzolanas naturales, las cenizas volantes, las escorias de horno alto, etc.

Con la elaboración de cemento Portland a partir de la utilización de sustitutos minerales en reemplazos parciales de Clinker Portland, la emisión de CO₂ se reduce proporcionalmente al reemplazo efectuado. Las ventajas de este tipo de cemento incluyen, razones de carácter económico, por el remplazo en porciones significativas de cemento se produce un abaratamiento del costo de producción al reducir importantes cantidades del Clinker puro de cemento por la adición del subproducto industrial y razones de tipo ecológico por los graves problemas que la producción de cemento origina en el entorno medio-ambiental.

El comportamiento de los materiales de sustitución es favorable en lo referente a la durabilidad en ambientes agresivos y la reducción del calor de hidratación. Sus inconvenientes se encuentran en la disminución de las resistencias iniciales, mayor exigencia de agua de mezcla y acentuada desecación, que requiere de un cuidadoso curado. En general, se reconoce que para el desarrollo de

estos cementos, se requieren de un importante esfuerzo de investigación científica y tecnológica.

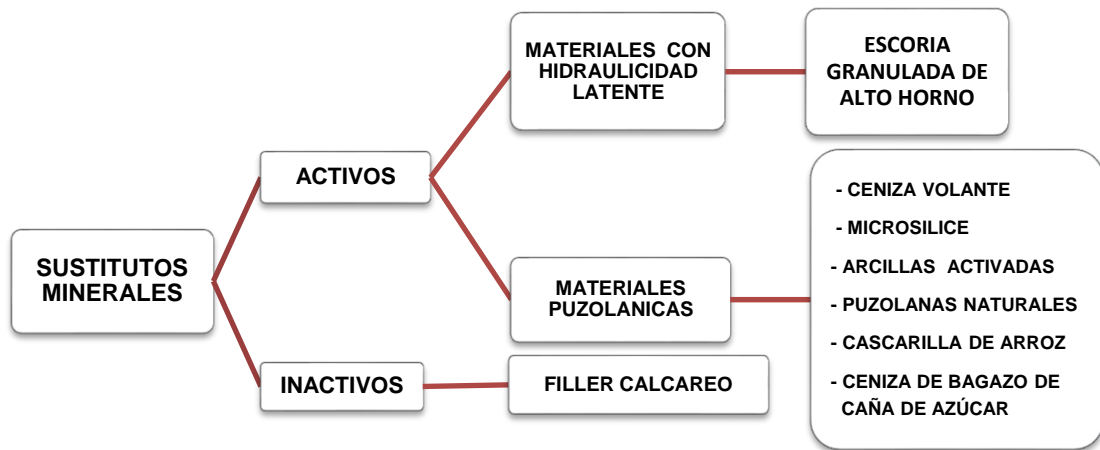


Diagrama N°01. Sustitutos Minerales del Cemento Portland.

2.1.4. MATERIALES PUZOLÁNICOS

Según la ACI 116-R, se define Puzolana como el material silíceo y aluminoso que en sí mismo posee escaso valor cementicio pero que, en forma finamente dividida y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas habituales formando compuestos que poseen propiedades cementicias.

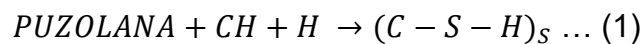
La puzolana está compuesta de fase vítrea en su mayor parte, siendo la fase cristalina muy pequeña, lo que hace que sean materiales de alta reactividad.

La puzolana por sí misma posee un valor cementante nulo o muy pequeño. Sin embargo finamente molida y en

presencia de humedad reacciona con el hidróxido cálcico (ACTIVADOR) a temperatura ambiente, dando lugar a una nueva formación de compuestos estables, poco solubles en el agua y que poseen características cementantes, es decir capaces de desarrollar resistencia por endurecimiento hidráulico.

Cuando una puzolana se usa en combinación con el cemento Portland, este, durante su hidratación, es la fuente de hidróxido cálcico que reacciona con los aluminosilicatos presentes en la puzolana para forman compuestos cementantes.

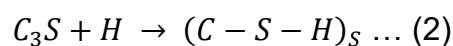
La reacción puzolánica puede representarse mediante:



Donde:

C-S-H : Silicatos de calcio hidratados de estequiometría no definida.

Por su parte la reacción de hidratación del cemento puede representarse por:



Las propiedades técnicas de los materiales con adiciones puzolánicas, se derivan, principalmente, de tres características de la reacción puzolánica.

La primera es que es una reacción lenta, al contrario que la reacción de hidratación del cemento que es rápida, por tanto, la velocidad de liberación del calor y el desarrollo de resistencias serán procesos más lentos.

La segunda es que es una reacción que consume hidróxido de calcio en vez de generarlo, lo que es importante para la durabilidad de las pastas hidratadas en ambientes ácidos.

La tercera es que al producirse en un tiempo posterior los productos de reacción rellenan, de forma muy eficiente, los espacios capilares que quedan después de la hidratación de los componentes del cemento. Así se mejora la impermeabilidad y la resistencia mecánica del sistema (Menor porosidad).

Los materiales puzolánicos o adiciones activas de mayor interés en la industria del cemento pueden dividirse en dos grandes grupos: naturales (Calcinados o no) 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 horno alto, las cenizas volantes y las arcillas calcinadas. En ambos grupos, existen productos que pueden tener un interés local más o menos grande.

Las puzolanas naturales son productos silíceos, debiendo este nombre al alto contenido en silicio y aluminio que tienen. Todas las puzolanas naturales (Calcinadas o no) y algunos subproductos industriales como las cenizas volantes de bajo contenido en calcio se adaptan a la definición dada de puzolana. Sin embargo, algunos materiales de adición (por ejemplo. cenizas volantes silicocálcicas y escorias) tienen un elevado contenido en óxido de calcio (desde el 10 % hasta el 40%).

Si parte de dicho calcio es disponible para la reacción puzolánica, el material llega a tener propiedades cementantes por si mismo. Cuando esto ocurre, el material no debe de ser considerado simplemente como una puzolana en el sentido que se le ha dado al término "puzolana", sino que es más apropiado denominarlo "puzolánico y cementante".

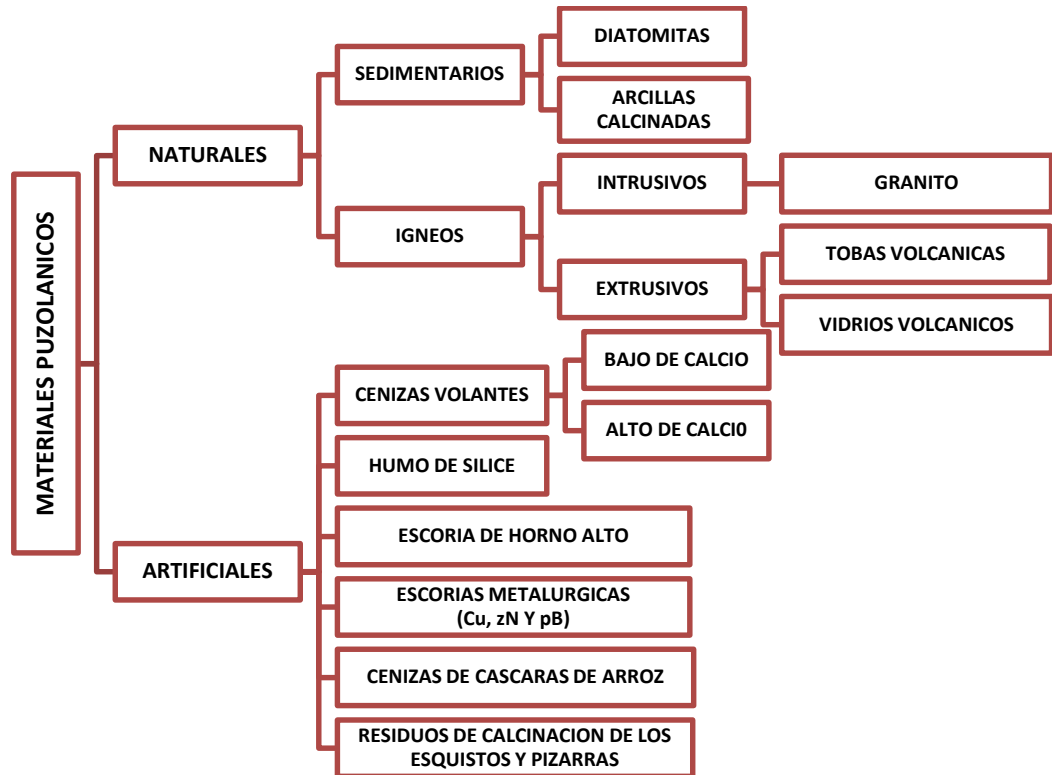


Diagrama N°02. Materiales Puzolanicos.

2.1.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS PUZOLANAS

2.1.5.1. Propiedades Físicas de las Puzolanas

Las características de las puzolanas provienen de su granulometría o estado de subdivisión, tienen formas muy diversas y sus dimensiones varían de acuerdo a su naturaleza y estructura; 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. Además son de fácil molienda y se mejora esta propiedad cuando está completamente seca.

La densidad aparente está comprendida entre 0.8 a 1.4 g/cm³ y su densidad real puede variar entre 2.30 a 2.80 g/cm³ lo que significa que tiene una densidad menor que la del cemento Portland.

2.1.5.2. Propiedades Químicas de las Puzolanas

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 puzolánico). 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.

2.1.6. REQUISITOS DE LAS PUZOLANAS

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

2.1.6.1. Requisitos Físicos:

Tabla N°05. Requisitos Físicos de las Puzolanas.

Requisitos	Clase		
	N	F	C
Fineza: Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 μm (N°325), %máx.	34	34	34
Índice de actividad resistente ^A			
Con cemento Portland, a 7 días, %mín. del control	75 ^B	75 ^B	75 ^B
Con cemento Portland, a 28 días, %mín. del control	75 ^B	75 ^B	75 ^B
Demanda de agua, máx., porcentaje del control	115	105	105
Estabilidad: ^C			
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:			
Densidad, máxima variación del promedio, %	5	5	5
Porcentaje retenido en 45 μm (N°325), variación máx., puntos de porcentaje del promedio	5	5	5

FUENTE: NTP 334.104

^A 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 ha 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 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.

^B La verificación del índice de actividad resistente a los 7 días o a los 28 días indicará el cumplimiento de la especificación.

^C Si la pzolana natural o ceniza volante representará más del 20% en masa del material cementoso en el diseño de la 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.

A continuación se describe el procedimiento de los ensayos físicos:

a) Densidad: esta propiedad será determinada de acuerdo con el procedimiento descrito en la NTP 334.005 o método del ensayo ASTM C 604.

b) Finura, Mediante Tamizado Humedo con Tamiz Normalizado de 45 μm (N° 325)

Procedimiento: Se determinará la cantidad de muestra retenida mediante tamizado húmedo con tamiz normalizado de 45 μm (N° 325) de acuerdo con la NTP 334.045, con las siguientes excepciones:

- Se calibrará el tamiz de 45 μm (N° 325) utilizando un cemento patrón, luego se procederá a calcular los factores de corrección del tamiz tal como se especifica en lo siguiente:

$$CF = std - obs \dots (3)$$

Donde:

- CF = Factor de corrección del tamiz, %.
- Std = El valor del residuo certificado para el cemento patrón, %.
- Obs = El valor del residuo observado para el cemento patrón, %.

- Calcular la finura de la ceniza volante o puzolana natural con aproximación del 0.1 % tal como sigue:

$$R_c = R_s + CF \dots (4)$$

Donde:

- R_c = Residuo del tamiz corregido, %
- R_s = Residuo observado para la muestra de ensayo, %
- CF = Factor de corrección del tamiz, %.

- 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.

c) Índice de Actividad Puzolánica Utilizando Cemento Portland NTP 334.066.

El índice de actividad puzolánica es un concepto utilizado por los especialistas del tema para

determinar cuán efectivo puede ser un material que se usa como puzolana.

Este ensayo consiste en la elaboración de cubos con cemento Portland (mortero patrón) y cubos con adición de Puzolana (CBCA), los mismos que serán sometidos a pruebas de compresión a 3,7,14 y 28 desde su elaboración.

Para la realización de este ensayo se utilizó: cemento Pacasmayo Tipo I (Peso Específico: 3.13 gr/cm^3), Arena Estandar Gradada NTP 334.097.

La arena que se utilizó para elaborar los especímenes deberá ser de sílice natural de granos redondeados y gradada en conformidad con los requisitos de la NTP 334.097.

- **Preparación de Especímenes**

Moldear los especímenes del mortero patrón y del mortero de ensayo de acuerdo con la NTP 334.051.

En el mortero de ensayo, reemplazar el 35% del volumen absoluto de la cantidad del cemento usada en el mortero patrón por un volumen absoluto equivalente de la muestra de ensayo.

- **Cantidad de Materiales**

Mortero Patrón

- Cemento: 250 gr.
- Arena Estandar Gradada: 687.5 gr

- X mL de agua para una fluidez entre 100% y 115%.

Mortero de Ensayo para CBCA

- Cemento: 162.5 gr.
- Arena Estandar Gradada: 687.5 gr.
- Muestra de puzolana (gr).

$$87.5 \times \frac{\text{densidad de la muestra}}{\text{densidad del cemento Portland}} \dots (5)$$

- Y mL de agua para una fluidez entre 100% y 115%.

Cantidad de materiales para hacer tandas de tres cubos.

- **Almacenamiento de los Especímenes**

Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados de su molde e inmersos en agua con cal hasta su ensayo.

- **Ensayo de la Resistencia a la Compresión**

Se determinó la resistencia a la compresión de los tres especímenes del mortero patrón y de los tres especímenes del mortero de ensayo a la edad de 28 días, según se especifica en la NTP 334.051.

- **Índice de Puzolanidad**

Según la NTP 334.051, establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, usando cubos de 50 mm de lado.

La resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50mm de lado, preparado con morteros consistentes de 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena dosificados en masa.

La cantidad de agua de amasado, deberá ser la que produzca una fluidez de 110 +/- 5 luego de 25 golpes. Los especímenes cúbicos de 50 mm de lado, son compactados en dos capas por apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados e inmersos en una solución de agua de cal 3 g/L, hasta su ensayo.

El cálculo del índice de puzolanidad con cemento Portland se determinó con la siguiente expresión:

$$INDICE DE ACTIVIDAD PUZOLÁNICA = \frac{A}{B} \times 100 \quad \dots \quad (6)$$

Donde:

A = Es el promedio de la resistencia a la compresión de los cubos del mortero de ensayo, en MPa (kg/cm²)

B = Es el promedio de la resistencia a la compresión de los cubos del mortero de patrón, en MPa (kg/cm²)

2.1.6.2. Requisitos Químicos

Tabla N°06. Requisitos Químicos de las Puzolanas.

Composición Química	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), % mín.	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO ₃), % 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 ^A	6,0

FUENTE: NTP 334.104

^A 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.

a) 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 :

$$\text{Contenido de humedad, \%} = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100 \dots(7)$$

Donde :

A= Pérdida de masa durante el secado.

B= Masa seca.

b) Pérdida por Calcinación:

Procedimiento: Determinar la pérdida de calcinación de acuerdo a los procedimientos señalados en la NTP 334.086.

Calcular la pérdida por calcinación a una aproximación de 0.1%, tal como sigue:

$$\text{Pérdida por Calcinación, \%} = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100 \dots (8)$$

Donde :

A = la pérdida de masa entre 105 °C y 750 °C.

B = masa de la muestra seca utilizada (libre de humedad)

- c) **Dióxido de Silicio, Óxido de Aluminio, Óxido de Hierro, Óxido de Calcio, Óxido de Magnesio, Trióxido de Azufre, Óxido de Sodio y Óxido de Potasio:** Determinar los porcentajes de estos óxidos de acuerdo con los procedimientos señalados en la NTP 334.086 para materiales que tiene un residuo insoluble mayor de 1 %.

2.2. 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. La actividad puzolánica de un material es su resistencia, combinada con su durabilidad.

2.2.1. LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERÚ

La caña de azúcar es originaria de la India y fue introducido al Perú por los españoles. Fue uno de los principales productos exportados antes de 1990, y abarcó aproximadamente 117 mil has. Actualmente sólo representa el 3.6 % de VBP, el 2.4% del empleo y las exportaciones.

La caña de azúcar en el Perú se cultiva en la costa, selva y valles interandinos. Sin embargo, es en la costa donde se localiza la mayor área sembrada, debido a que presenta condiciones climáticas y edáficas únicas, que permite sembrar y cosechar durante todo el año, y obtener rendimientos excepcionales. El "boom" de la industria azucarera en el Perú, responde a la producción de solamente a 90,000 ha por ello la importancia de las empresas azucareras agroindustriales. El mayor uso industrial de la caña de azúcar es para la producción de azúcar y de las 90,000 hectáreas sembradas de caña de azúcar le corresponde a los 10 Ingenios azucareros el 65% y el 35% restante a los sembradores particulares.

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

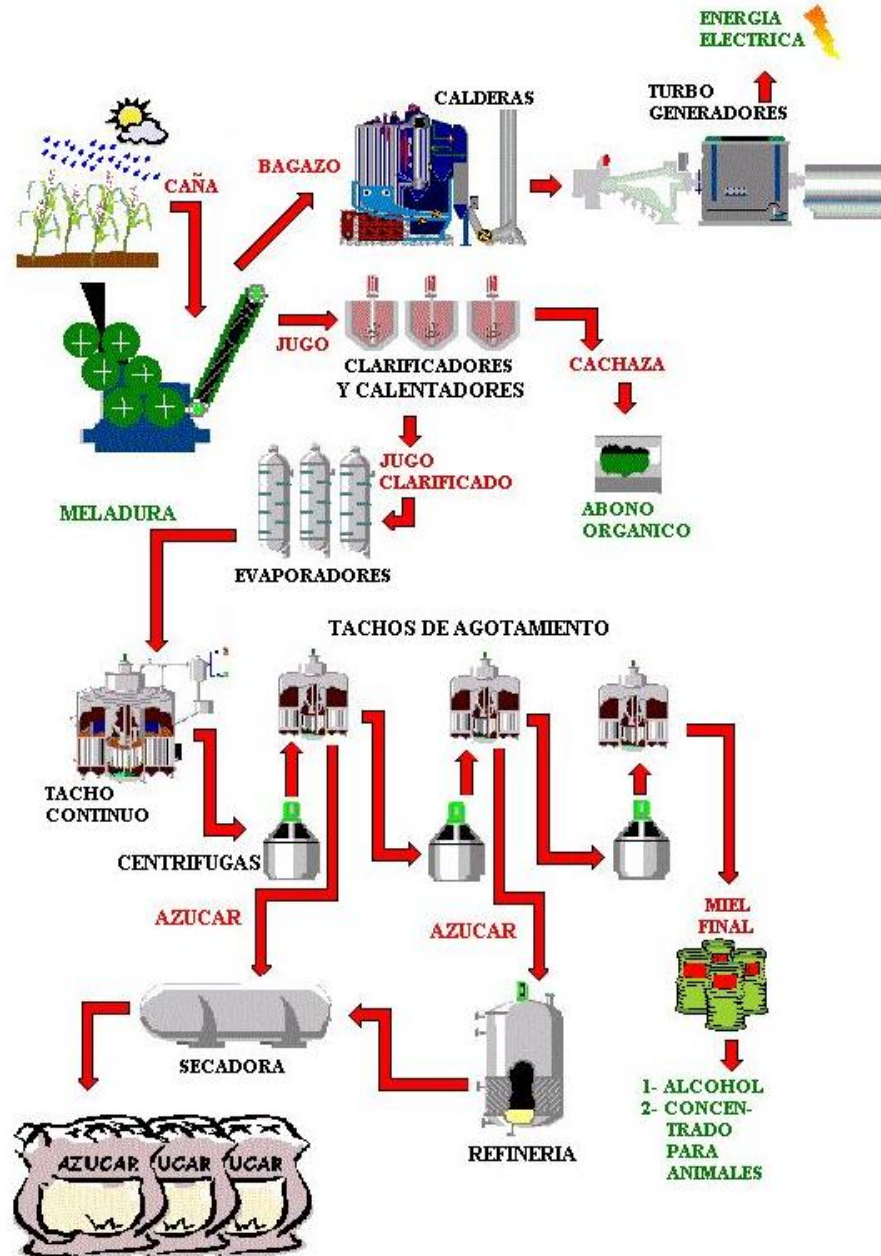
Agroindustrial Laredo S.A.A., Agro Pucala S.A.A., Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., Empresa Agroindustrial Tuman S.A.A., Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A., Agro Industrial Paramonga S.A.A. y Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca.

2.2.2. PROCESO INDUSTRIAL DE LA OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)

El proceso de obtención de la CBCA empieza con la llegada 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 extracción se hace generalmente en un molino que pasa la caña entre tres o cuatro masas de acero, que exprimen los tallos y sacan todo el jugo. El residuo sólido fibroso se llama bagazo y es usado para hacer papel y para quemar en las calderas, como combustible. Estas calderas alcanzan temperaturas de 800°C a 1000°C.

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. Conforme el proceso de obtención de azúcar continúe, la producción de ceniza continúa, puesto que el bagazo es usado como

combustible de las calderas y estas tienen un funcionamiento continuo y permanente.



FUENTE: Tesis "Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a base de CBCA como Árido en Aplanados en Muros", Hernández, 2011.

Figura N°01. Proceso Industrial de la Caña de Azúcar.

2.2.3. 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.

Los residuos que se producen durante la elaboración del azúcar son el bagazo de caña, la ceniza y la cachaza. Se estima que el bagazo equivale al 26 – 27 % del total de la caña, la cachaza se genera en un porcentaje de 4 % y la ceniza en un 2 %.






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 carbón (C), 6.35 % de hidrógeno (H), 49.7 % de oxígeno (O) y 1.4 % de ceniza.



La aplicación de utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico obedece a varios factores. El primero en listar es la gran cantidad que se puede obtener de los ingenios azucareros. La producción de ceniza es constante, su aplicación como puzolana obedece a su composición química, ya que los óxidos fundamentales SiO_2 , Al_2O_3 , y Fe_2O_3 representan aproximadamente el 70 por ciento de su composición, los que producen la actividad puzolánica. La composición de la ceniza varía según la edad de la caña y edad, tipo de suelo y cantidad de fertilizantes.

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, como se detalla en la Tabla 07.

Tabla N°07. Modificaciones del Bagazo de Caña de Azúcar a través de la Calcinación.

MODIFICACIONES DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVES DE LA CALCINACIÓN	
	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 mas 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.

FUENTE: Tesis: "Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de Concreto Hidráulico", Ríos 2011.

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.

2.2.4. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO

El estudio de las cenizas del bagazo de caña de azúcar (CBCA), se ha realizado en países como Brasil, India, Alemania, con resultados significativos al intentar crear un cemento puzolánico para modificar las propiedades del cemento. Los avances son significativos desde la utilización de la CBCA como aditivo para el concreto autocompactable. Ahora las investigaciones están orientadas a crear un nuevo cemento puzolánico, que cumplan con las normas internacionales.

En la investigación que se realizó en Cuba (2002) se trata de describir con modelos científicos, con conductividad eléctrica, la reacción puzolónica en la hidratación del CBCA en el concreto. Esto es fundamental, porque conocer la reacción que provoque sobre el concreto o mortero, puede tener resultados favorables a ambientes agresivos.

Se realizó una investigación en colaboración con países como Brasil, España y Cuba (2008), donde se analizó la actividad puzolónica de la CBCA y sus efectos físicos en el mortero o concreto. Concluyendo que la morfología, temperatura de calcinación, tamaño de las partículas y la

composición química de la CBCA, son factores que pueden afectar la actividad puzolánica.

Otro factor que favorece es la utilización de la CBCA con el efecto llamada de microrelleno, las partículas de finas puzolanas pueden instalarse entre los cristales del clínker, es decir, el acomodo de las partículas de CBCA en el concreto ocurre cuando se mezclan todos los componentes del mortero con agua y se logra la pasta.

Recientemente en Brasil, un estudio demostró que el comportamiento químico esta asociado con el físico, la influencia de la CBCA sobre el hidróxido de calcio en presencia de agua. Confirma que el alto contenido de sílice sobre los morteros afecta la resistencia, fluidez, adhesión, etc. La distribución de los tamaños de las partículas de las CBCA, si es fina, puede aumentar la densidad de la mezcla como la reactividad química de las cenizas, debido al aumento de la superficie específica.

Según el estudio "Caracterización Electroquímica De Concretos Modificados con CBCA." Cuyo objetivo fue medir la velocidad de corrosión del acero embebido en concretos binarios con ceniza de bagazo de caña de azúcar, sustituyendo el cemento en una proporción no

mayor al 20% de su peso total, con el fin de disminuir la velocidad de corrosión en los aceros de concreto armado. (González, 2009).

Se emplearon técnicas electroquímicas para el estudio del acero de refuerzo embebido en concreto, mediante señales eléctricas y el análisis de la respuesta del sistema. El diseño de la mezcla se realizó para un concreto que sería sometido a ambientes marinos, que quedaría expuesto a la humedad, en un clima donde no existe congelación. La resistencia a la compresión fue de $f'c$ de 300 kg/cm² a los 28 días, usando cemento Portland Tipo I con un recubrimiento de 4 cm y distancia entre varillas de refuerzo de 5 cm. (González, 2009).

La resistencia fue elegida con la finalidad de crear un concreto en condiciones relativamente desfavorables, con una red de poros extensa, y de esta manera promover el ingreso de iones cloruro. Las mezclas binarias fueron expuestas a Cloruro de Sodio (NaCl) durante 4 meses (120 días). Se realizaron 5 mezclas diferentes, en las que se sustituyo del 5% al 20% del peso de cemento Portland (CPC); mezcla B(5%CBCA-95%CPC), mezcla C(10%CBCA-90%CPC), mezcla D(15%CBCA-85%CPC), mezcla E(20%CBCA-80%CPC) y la mezcla A(100%CPC), la cual se manejó como referencia para todos los

resultados obtenidos y como un punto de comparación para el comportamiento de las otras mezclas. (González, 2009).

Como resultados se obtuvo que la mezcla cuyo desarrollo fue el más eficiente y que presentó una mejor evolución y resistencia a los medios de cloruro de sodio (NaCl) al 3,5% y sulfato de sodio (Na_2SO_4) al 3,5%; es la mezcla C (90%CPC-10%CBCA) ya que presentó las velocidades de corrosión menores a todas las mezclas binarias y también obtuvo un mejor comportamiento completamente notable que la mezcla control. (González, 2009).

También se han realizado investigaciones empleando la CBCA como agregado fino, tal como se demuestra en el estudio "Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de Concreto Hidráulico". El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento mecánico y físico de un concreto hidráulico, influenciado por la sustitución porcentual del agregado fino, por un desecho agroindustrial como lo es la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). (Ríos, 2011).

Se realizó el diseño de mezcla para un concreto con resistencia a la compresión de $f'c$ 350 kg/cm^2 a los 28 días,

usando cemento Portland Tipo I. La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) fue utilizada en esta ocasión como árido fino. La manera en que se implementó la dosificación, es a base de sustitución porcentual. (Ríos, 2011).

Los porcentajes utilizados de CBCA fueron de 5% y 10% del peso del agregado fino. Se elaboraron tres tipos de concretos, A(100%AF), este concreto se elaboró como referencia para comparar la evolución de los otros concretos modificados de manera porcentual en sustitución del agregado fino (arena), B(95%AF-5%CBCA) este tipo de concreto contó con el 95 % de componente de agregado fino y 5% en sustitución de CBCA y el C(90%AF-10%CBCA) tuvo un remplazo de 10% de su peso de arena por CBCA. (Ríos, 2011).

Con respecto a los ensayos de resistencia mecánica, se encontró que la sustitución parcial de CBCA por agregado fino, no fue benéfica, ya que los concretos con el 5 y 10% de CBCA alcanzaron resistencias menores con respecto a un concreto convencional. Sin embargo, el concreto con un 5% de CBCA a los 60 días desarrolló una resistencia casi a la de diseño (335 kg/cm^2). Teniendo en cuenta la porosidad total, los concretos con CBCA, presentan

resultados muy parecidos a los del concreto convencional, aunque inferiores. (Ríos, 2011).

Analizar el comportamiento mecánico y físico en la sustitución de árido por cenizas de bagazo de caña de azúcar para aplanados sobre muros, fue el objetivo de la investigación "Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a Base de CBCA como Árido en Aplanados en Muros". (Hernández, 2011).

La proporción del mortero para el aplanado fue: 1 volumen de cemento + 5 volumen de cal +20 cubeta con capacidad de 19 lts de arena. Se elaboraron tres morteros con diferentes porcentajes de sustitución, uno de los morteros fue hecho con el 100% de arena, este mortero sirvió como muestra patrón. Se realizó morteros con 50% de CBCA como sustituto de la arena y con el 100% de CBCA como árido. (Hernández, 2011).

Se hicieron tres mezclas para 24 especímenes cada uno, haciendo un total de 72 especímenes, 66 para la prueba mecánica de resistencia a la compresión y 6 especímenes para las pruebas físicas como la densidad y porosidad. (Hernández, 2011).

Estos especímenes fueron ensayados para la determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos, se observó la reducción de la resistencia a la compresión puede ser de 40% y 80% utilizando 50% CBCA y 100% CBCA, respectivamente, como árido para el mortero. En los morteros que contenían más CBCA se reducía considerablemente con la resistencia a compresión. Se concluyó que esto se debía a varios factores como propia la dureza del árido con la arena silícica, la ceniza causaba porosidad, es decir, pequeños huecos que hace mas factible la ruptura por compresión. (Hernández, 2011).

Asimismo, la densidad aparente disminuyó considerablemente con la introducción de la CBCA a causa de los poros del mortero. (Hernández, 2011).

En la Tabla N°08 se muestran otras investigaciones de la CBCA.

Tabla N°08. Trabajos de Investigación de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)

TRABAJO	AUTOR(ES)	PAIS	AÑO
Utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial de cemento portland en morteros, obtenida en el ingenio de Mahuixtlan.	M.C Héctor Eduardo Hernández Martínez	México	2007
Efecto electroquímico de dos tipos de puzolanas de origen industrial y agrícola en concretos modificados.	Ing. Rafael Magaña Cruz	México	2010
Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto a base de microtecnología con CBCA.	Ing. Aldo Vega Contreras	México	2009
Caracterización electroquímica de concretos modificados con CBCA.	Ing. Orlando González Martínez	México	2009
Rudimentary, low tech incinerators as a means to produce reactive pozzolan out of sugar cane straw	J.F. Martirena Hernandez, B.Midenford	Cuba	2005
	M. Gehrke, R.L. Day		
	P. Roque, L. Martínez,		
	S. Betancourt		
Una alternativa ambientalmente compatible para disminuir el consumo de cemento Portland: El aglomerante cal-puzolana como adición mineral activa en hormigón.	J.F. Martirena Hernández,	Cuba	2005
	L. Martínez, S. Betancourt,		
	J.M.D. Montes de Oca		
Comportamiento técnico-económico y durable del aglomerante cal-puzolana como sustituto parcial del cemento Portland Ordinario en mezclas para elaborar bloques de hormigón	J.F. Martirena Hernández	Cuba	2005
	L. Martínez Rodríguez		
Aglomerante puzolánico formado por cal y ceniza de paja de caña de azúcar: La influencia granulométrica de sus componentes en la actividad aglomerante	L. Martínez Rodríguez	Cuba	2007
	R. Quintana Puchol		
	J.F. Martirena Hernández		
Efecto de la sustitución parcial de cemento Portland por (CBCA) en la durabilidad de concretos expuestos a cloruros y sulfatos.	Arq. Sabino Márquez Montero	Mexico	2010
Evaluación de CBCA como sustituto parcial de cemento Portland en concreto hidráulico, obtenida en el Ingenio de la Concepción.	Ing. Rodríguez Galán Alonso	Mexico	2010

FUENTE: TESIS: "Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico"

2.3. ALBAÑILERÍA

2.3.1. DEFINICIÓN

Según la NTP E.070 la albañilería o mampostería es el material compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

2.3.2. CLASIFICACIÓN

La albañilería se clasifica de dos maneras:

2.3.2.1. Clasificación por su Función Estructural

Los muros se clasifican en Portantes y No Portantes.

Los muros No Portantes son los que no reciben carga vertical, como por ejemplo: los cercos, los parapetos y los tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente ante cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje. Mientras que los cercos son empleados como elementos de cierre en los linderos de una edificación (o de un terreno) los tabiques son utilizados como elementos divisorios de ambientes en los edificios; en tanto que los parapetos son usados como barandas de escaleras, cerramientos de azoteas, etc.

En nuestro medio, los tabiques son generalmente hechos de albañilería, esto se debe a las buenas

propiedades térmicas, acústicas e incombustibles de la albañilería. Por lo general, en estos elementos se emplea mortero de baja calidad y ladrillos tubulares denominados "pandereta", cuya finalidad es aligerar el peso del edificio, con el consiguiente decrecimiento de las fuerzas sísmicas.

Los Muros Portantes son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, contenida en su plano, tanto vertical como lateral y tanto permanente como eventualmente.

2.3.2.2. Clasificación por la Distribución del Refuerzo

De acuerdo a la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en:

a) Muros No Reforzados o de Albañilería Simple:

Son aquellos muros que carecen de refuerzo; o que teniéndolo, no cumplen con las especificación mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado. De acuerdo a la Norma E-070, su uso es limitado a construcciones de un piso.

b) Muros Reforzados o Albañilería Estructural

De acuerdo con la disposición del refuerzo, los muros se clasifican en: Muros Armados, Muros Laminados y Muros confinados.

b.1) Muro de Albañilería Armada: Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.

b.2) Muro de Albañilería Confinada: Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerara como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

2.4. COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA

Los componentes presentes en la albañilería, ya sea esta Armada o Confinada son: las unidades de albañilería, el mortero, el grout y el concreto. A continuación se describirán tanto las unidades de albañilería así como el mortero.

2.4.1. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

2.4.1.1. DEFINICIÓN

Son ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca alveolar o tubular.

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares, o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia específica y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

2.4.1.2. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las siguientes características indicadas en la Tabla 01, de la Norma E-070.

Tabla N°09. Norma E-070 / Tabla 1. Clase de Unidad de
Albañilería.

TABLA 1					
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'b$ mínimo en MPa (kg/cm²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Mas de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P¹	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP²	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

FUENTE: RNE – E 070.

¹Bloque usado en la construcción de muros portantes.²Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

A. CLASIFICACIÓN SEGÚN PORCENTAJE DE HUECOS

A nivel internacional, las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por disposición que estos tengan; de la siguiente manera:

- **Unidades Sólidas o Macizas:** son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 25% del área de la sección bruta. Sin embargo, los experimentos indican que es posible emplear unidades hasta con 33% de

vacíos, más allá del cual su comportamiento se torna muy frágil.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones es la unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

- **Unidades Huecas:** son aquellas donde el área neta (en la cara de asiento) es menor al 75% del área bruta. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones.
- **Unidades Tubulares:** son las que tienen sus alveolos o perforaciones dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento; en este tipo clasifican los ladrillos panderetas, utilizados en los tabiques.

B. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU MATERIA PRIMA

Las unidades de albañilería según su materia prima pueden ser hechas de arcilla (unidades cerámicas), de sílice-cal (unidades silico calcáreas) y de concreto.

C. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE FABRICACIÓN

Según esta clasificación las unidades pueden ser industriales (unidades fabricadas utilizando máquinas y

cantidades de gran volumen) y artesanales (unidades fabricadas utilizando solo recursos humanos, unidades con dimensiones no muy uniformes).

2.4.1.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA EN RELACIÓN A SU UTILIZACIÓN EN LA ALBAÑILERÍA

Conocer las propiedades de las unidades es necesario básicamente para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como de su durabilidad ante el intemperismo. Sin embargo, no puede afirmarse que la mejor unidad proporcione necesariamente la mejor albañilería.

Las propiedades de la unidad que están asociadas con la **resistencia de la albañilería** son:

- Resistencia a la Compresión y Tracción.
- Variabilidad Dimensional y Alabeo.
- Succión.

Las propiedades de la unidad que están relacionadas con la **durabilidad de la albañilería** son:

- Resistencia a la Compresión y Densidad.
- Eflorescencia, Absorción y Coeficiente de Saturación.

A. Propiedades Físicas

- Variación Dimensional
- Alabeo
- Densidad
- Porcentaje de Huecos
- Presencia de impurezas, grietas y vitrificaciones

B. Propiedades Mecánicas

- Resistencia a la Compresión (f'_c)
- Resistencia a la Tracción (f'_b_t)
- Succión (% en peso de agua absorbida)
- Absorción y Coeficiente de Saturación
- Eflorescencia

2.4.1.4. PRUEBAS

A. Muestreo

El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones – E.070.

Según NTP 399.604, para el propósito de los ensayos, unidades enteras de albañilería de concreto

serán seleccionadas utilizando una tabla de estadística de números aleatorios.

B. Pruebas Clasificatorias

b.1) Variación Dimensional.- para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la norma NTP 399.604.

Aparatos.- regla metálica graduada en divisiones de 1,0 mm.

Muestra.- 10 unidades.

Procedimiento.- para cada unidad se medirá y registrará, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura (H) en la longitud de cada cara y la longitud (L) en la altura media de cada cara.

b.2) Alabeo:

Aparatos.- Dos cuñas de acero graduadas a medio milímetro de las características que indica la Figura 02.

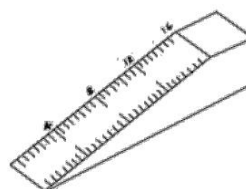


Figura N°02. Cuña para ensayo de alabeo.

Muestra.- Estará constituida por ladrillos secos enteros, pueden usarse los mismos ladrillos usados en la determinación de dimensiones.

Procedimiento.- Según el alabeo se presenta como concavidad o convexidad, seguir el procedimiento que para cada caso se detalla a continuación en las dos caras mayores del ladrillo.

- *Medición de concavidad.-* Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo.

Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima. Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido. Ver Figura 03.

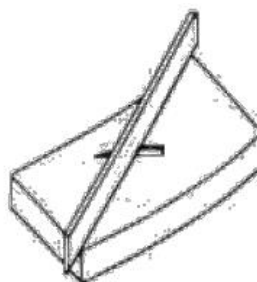


Figura N°03. Medición de concavidad

- *Medición de convexidad.-* Se emplea alternativamente uno de los procedimientos siguientes:

Se coloca al borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida Ver Figura 04.

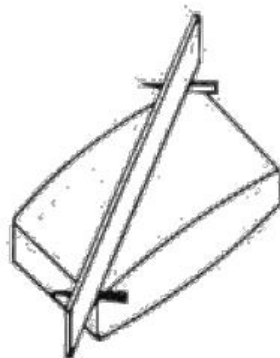


Figura N°04. Medición de convexidad.

Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana, se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida. Ver Figura 05.



Figura N°05. Medición de Convexidad.

Expresión de resultados.- Se indica el promedio de los valores correspondientes a concavidad y/o convexidad obtenidos en milímetros enteros.

b.3) Resistencia a la Compresión:

Aparatos.- Cualquier máquina de las empleadas en el laboratorio para ensayos de compresión, debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen. Dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico, pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínimo de 12,5 cm.

El corte se hará por cualquier método que no los destroce y que dé superficies planas y paralelas.

Recubrimiento de la muestra.- Si las caras del espécimen presentan irregularidades se rellenan con una capa de cemento Portland, que se dejará fraguar 24 horas, antes de aplicar el

recubrimiento, por medio de uno de los dos procedimientos que se detallan a continuación.

- *Recubrimiento de yeso*

Se aplica una capa delgada de pasta de yeso cocido extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme. Se repite el procedimiento en la otra cara del espécimen.

Se comprueba de que ambas caras sean aproximadamente paralelas y se espera por lo menos 2 h, antes de efectuar el ensayo.

Se aplica la carga cuidando que la velocidad del cabezal de la máquina no sea mayor de 1,27 mm/min.

Expresión de resultados.- Se calcula la resistencia a compresión con la siguiente ecuación:

$$F_b = \frac{P}{A} \quad \dots(9)$$

en donde:

F_b = es la resistencia a la compresión del ladrillo en kg/cm^2 .

P = es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en kg.

A = es el promedio de las áreas brutas superior e inferior del espécimen en cm^2 .

C. Pruebas No Clasificatorias

c.1) Densidad:

Aparatos.-

- Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita calcular pesos con una precisión de 0,5 g.
- Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.
- Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Muestra.- Estará constituida por 5 unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas y registradas.

Procedimiento.- Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose (P1). Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire, manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas. Se coloca el espécimen en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo, disponiéndolo de modo que el líquido pueda

circular libremente por los costados, manteniéndolo durante 3 h en ebullición.

Se pesa el espécimen sumergido (P5), equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido. Se retira el espécimen del recipiente secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesa (P4).

Expresión de resultados.-

- El volumen del espécimen será:

$$V = P4 - P5 \dots(10)$$

en donde:

V = es el volumen en centímetros cúbicos.

P4 = es la masa del espécimen saturado (5 horas de ebullición), en gramos.

P5 = es la masa del espécimen saturado sumergido, en gramos.

P1 = es la masa del espécimen seco, en gramos.

- La densidad será:

$$D = \frac{P1}{V} \dots(11)$$

en donde:

D = es la densidad del espécimen en gramos por centímetros cúbicos.

c.2) Absorción:

Aparatos.-

- Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.

- Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.

- Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Muestra.- Estará constituida por 5 unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas y registradas.

Procedimiento.- Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose (P1). Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.

Se introducen los especímenes secos en un recipiente lleno de agua destilada, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 h, asegurando que la temperatura del baño esté comprendida entre 15°C y 30°C. Transcurrido el lapso indicado, se retiran los especímenes del baño, secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan (P3).

Los especímenes deben pesarse dentro de los 5 min a partir del instante en que se extraen del recipiente.

Expresión de resultados.- El contenido de agua absorbida se calcula con la ecuación siguiente:

$$A = \frac{(P3-P1)}{P1} \times 100 \dots(12)$$

en donde:

A = es el contenido agua absorbida, en porcentaje.

P1 = es la masa del especimen seco, en gramos.

P3 = es la masa del especimen saturado luego de 24 h de inmersión en agua fría, en gramos.

c.3) Absorción máxima:

Aparatos.-

- Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.
- Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.
- Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Muestra.- Estará constituida por 5 unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas y registradas.

Procedimiento.- Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose (P1).

Se sumergen los especímenes en un recipiente lleno de agua destilada a una temperatura comprendida entre 15°C y 30°C disponiéndolo de modo que el líquido pueda circular libremente por los costados. Se calienta gradualmente el agua hasta alcanzar el punto de ebullición en 1 h y se deja hervir a partir de ese momento durante 5 h.

Al término del lapso indicado, se enfría el recipiente hasta una temperatura comprendida entre 15°C y 30°C por pérdida natural de calor.

Se retira el espécimen del recipiente y se seca el agua superficial con un trapo húmedo y luego se pesa (P4). El espécimen debe pesarse dentro de los 5 min a partir del instante en que se extrae del recipiente.

Expresión de resultados.- El contenido de agua absorbida se calcula con la ecuación siguiente:

$$A_m = \frac{(P_4 - P_1)}{P_1} \times 100 \dots(13)$$

en donde:

B = es el contenido agua absorbida, en porcentaje.

P1 = es la masa del especimen seco.

P4 = es la masa del especimen saturado luego de 5 horas de ebullición, en gramos.

c.4) Coeficiente de saturación:

Expresión de resultados.- El coeficiente de saturación por cada especimen se calcula con la ecuación siguiente:

$$CS = \frac{P_3 - P_1}{P_4 - P_1} \dots(14)$$

en donde:

CS = es el coeficiente de saturación.

P1 = es la masa del especimen seco, en gramos.

P3 = es la masa del especimen saturado luego de 24 h de inmersión en agua fría.

P4 = es la masa del especimen saturado por ebullición 5 h.

c.5) Succión:

Aparatos.-

- Bandeja o recipiente para agua, con una profundidad interior de no mayor de 12,5 mm y de un largo y ancho tales que resulte un área de no menor de 2 000 cm².

La base de la bandeja debe ser plana y horizontal. Se debe incorporar a la bandeja un

dispositivo que permita mantener el nivel de agua 0,25 mm por encima de los soportes.

- Soporte para los ladrillos, se usará dos barras idénticas de metal no corrosible, con sección rectangular de 5 mm de altura y de un ancho no mayor de 10 mm.
- Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.
- Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.
- Cronómetro, calibrado en segundos, que indique un período de 1 minuto.

Muestra.- Estará constituida por 5 unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas y registradas.

Procedimiento.- Se secan los especímenes. Se miden con una precisión de 1 mm, el largo y ancho de la superficie del espécimen que estará en contacto con el agua. Se pesa el espécimen con una aproximación de 0,5 g. Se monta la bandeja para la prueba, en la sala de

temperatura constante. Se horizontaliza el fondo de la bandeja mediante un nivel de burbuja.

Se coloca el espécimen encima de los soportes contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el período de contacto, $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ se mantiene el nivel de agua en el original agregando agua según sea necesario.

Al final del tiempo de contacto, se saca el espécimen y se seca el agua superficial con un trapo húmedo.

Se pesa el espécimen con una precisión de 0,5 g. La pesada se realiza en un lapso no mayor de 2 min después de su retiro del contacto con el agua.

Expresión de resultados.- La diferencia en peso en gramos entre la pesada final y la inicial, es el peso de agua absorbida por el ladrillo durante un minuto de contacto con el agua. Si el área de contacto del ladrillo no difiere en $\pm 2,5\%$ de 200 cm^2 , se dará como resultado el aumento de peso en gramos.

Si el área del espécimen difiere en más de 2,5% de 200 cm² se corregirá el peso mediante la fórmula siguiente:

$$S = \frac{200 \times W}{L \times b} \quad \dots(15)$$

en donde:

W = es el aumento de peso (P2 – P1), en gramos.

L = es el largo promedio de la superficie de contacto, en centímetros.

b = es el ancho promedio de la superficie de contacto, en centímetros.

A = es el aumento de peso corregido, en gramos.

c.6) Eflorescencia:

Aparatos.-

- Bandeja metálica, que permita operar con una profundidad de agua de por lo menos 25mm.
- Cámara de humedad, que permita operar con una humedad relativa comprendida entre el 30% y 70%, estando exenta de corrientes de aire y que mantenga una temperatura de 24°C ± 5,5°C.
- Horno, provisto de libre circulación de aire y que permita mantener constante una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Muestra.- Estará constituida por ladrillos enteros.

Procedimiento.- Se ensayarán los especímenes en series de 6 a 10 ladrillos separados en dos grupos de 3 ladrillos o 5 ladrillos, que se acondicionarán y ensayarán del modo siguiente:

- Se colocan los especímenes de canto dentro de una bandeja en grupos de ladrillos espaciados entre sí, con intervalos no menores de 5 cm.
- Se coloca en forma similar el otro grupo de especímenes dentro de la bandeja y se agrega agua destilada por los bordes del recipiente, asegurando que la profundidad del líquido sea aproximadamente 2,5 cm.
- Se llevan ambas series de especímenes en sus respectivas bandejas a la cámara de humedad y se mantienen durante 7 días.
- Se retiran ambos recipientes de la cámara al cabo del lapso indicado y se hace escurrir los especímenes. Se llevan ambas series de especímenes al horno dejándolas secar entre 110°C y 115°C durante 24 h.
- Se vacía y se limpia los recipientes luego de cada prueba. Con un periodo de 72 horas de secado se preparan los especímenes para otros

ensayos (compresión, módulo de rotura o absorción) que pueden ejecutarse posteriormente.

- No se recomienda ensayar simultáneamente ladrillos de diferentes fuentes por la contaminación de sales entre ellos.

Informe.- Después de secar y enfriar los especímenes a la temperatura ambiente se reúnen formando cada pareja original y se comparan entre sí, examinando principalmente el aspecto de las caras y de los vértices. Si no hubiera diferencias apreciables a simple vista se clasifica cada espécimen como "Sin eflorescencia".

Si hay diferencias se observa los especímenes a una distancia de 3 m con una iluminación no menor de 150 lúmenes por metro. Si en estas condiciones no se aprecian diferencias, se clasifica el espécimen como "Ligeramente eflorescida" y si por el contrario, hay diferencias perceptibles, se clasificarán como "Eflorescida".

2.4.1.5. FABRICACIÓN ARTESANAL DE LADRILLOS DE CONCRETO EN NUEVO CHIMBOTE

Actualmente en Nuevo Chimbote existen dos cooperativas de ladrilleras artesanales, "Los Olivos" y "Los Alamos", cada una con un aproximado de 14 ladrilleras integrantes.

Estas ladrilleras artesanales son las principales fuentes de abastecimiento de unidades de albañilería de concreto a las ferreterías y a los consumidores directos como pobladores en Nuevo Chimbote, con una producción aproximada de 4 mil ladrillos semanales por cada una.

Estas producen ladrillos macizos "King Kong", "Pandereta" y unidades alveolares.

2.4.1.5.1. Materiales para la Elaboración de Ladrillos de Concreto

- a) **Cemento:** para la elaboración de los ladrillos, los fabricantes usan cemento Pacasmayo Tipo I.
- b) **Agregado:** este material es comprado directamente de volquetes, los mismos que visitan las ladrilleras ofreciéndolo, por lo cual los fabricantes no conocen la procedencia del mismo.

El hormigón es inspeccionado y adquirido a través de solo una revisión visual realizada por el dueño de las ladrilleras.

- c) **Agua:** se emplea agua potable para la elaboración de ladrillos, es adquirida de las cisternas y almacenada en pozas de concreto.

2.4.1.5.2. Dosificaciones para la Fabricación de Ladrillos Artesanales de Concreto

Dosificación es el término que se utiliza para definir las proporciones de los agregados, agua y cemento que conforman la mezcla para la elaboración de la unidad.

En campo se pudo observar que para la fabricación de los ladrillos de concreto artesanales se utilizan dos dosificaciones; que a continuación describimos:

- **Dosificación 1:** con esta dosificación obtenemos el "ladrillo comercial".

La dosificación en volumen de sus cantidades es: 1:11 + 120 lts de agua aproximadamente. Esta dosificación la podemos expresar como 4 carretilladas de

agregado preparado por una bolsa de cemento, más 6 baldes con agua. Obteniéndose aproximadamente 200 ladrillos, cuyas dimensiones son 22x13x8 cm.

- **Dosificación 2:** La dosificación en volumen de sus cantidades es de 1:8 + 80 lts de agua aproximadamente, la misma que equivale a 4 carretilladas de agregado preparado por una bolsa de cemento, más 4 baldes de agua. Dosificación de la cual se obtiene 160 ladrillos, de dimensiones 22x13x8 cm, este ladrillo es llamado "ladrillo especial", y solo es elaborado a pedido.

2.4.1.5.3. Proceso de Fabricación de Ladrillos Artesanales de Concreto

El proceso para la fabricación de ladrillos de concreto del tipo macizo "King Kong" consta de 6 fases, las que se describen a continuación:

a) Preparación del agregado:

Con la finalidad de eliminar las partículas mayores a $\frac{3}{4}$ pulgada, el agregado es pasado a través de un tamiz con aberturas de $\frac{3}{4}$ pulgada, hasta obtener la cantidad

necesaria, aproximadamente 5 carretilladas.

Una vez cernido el material se humedece y se le agrega una cantidad de arena fina, esta cumple la función de ligante dentro de la mezcla. Las cantidades de arena fina adicionada dependen del criterio del fabricante. Este procedimiento se realiza un día antes de la elaboración de los ladrillos.



Figura N°06. Preparación del agregado.

b) Preparación de la mezcla:

Una bolsa de cemento es adicionado al agregado preparado y empieza el mezclado, empleando una lampa. Para lograr la homogenización de la mezcla se considera dar dos vueltas a los materiales de un lado a otro, luego se incorpora el

agua en el centro del hoyo de la mezcla, se cubre el agua con el material seco de los costados, para luego mezclar uniformemente. La mezcla húmeda debe voltearse por lo menos tres vueltas.



Figura N°07: Preparación de la mezcla.

c) Moldeado de ladrillos:

Obtenida la mezcla se procede a colocarla dentro del molde metálico, con ayuda de la lampa, se enrasa con la misma. Una vez enrasado se procede a la compactación mediante una cuña metálica que tiene en su base la forma del ombligo del ladrillo, esta se golpea con una comba de 6 libras aprox., hasta que se percibe que la cuña a penetrado uniformemente.



Figura N°8. Moldeado de ladrillo.

d) Tendido de ladrillos:

Una vez compactado los ladrillos, se procede a realizar el tendido de estos, para lo cual es necesario una superficie que este nivelada y rociada con arena fina. Sobre esta superficie se desmoldan y colocan los ladrillos en hileras.



Figura N°9. Preparación del terreno para el tendido.



Figura N°10. Tendido del ladrillo.

e) Curado de ladrillos:

El curado de los ladrillos consiste en mantenerlos húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia. El primer curado de ladrillos se realiza después de 2 a 3 horas del tendido.

Por el periodo de 3 a 4 días es realizado el curado de forma constante, las veces que sea necesario, al menos tres veces al día como mínimo.



Figura N°11. Curado del ladrillo.

f) Almacenamiento de ladrillos:

Después del curado, los ladrillos se dejan secar 1 día en posición de canto. Después de este tiempo se procede a apilar los ladrillos en rumas de 125 unidades. Esta actividad se realiza con mucho cuidado, evitando golpear o dañar las unidades.



Figura N°12. Almacenamiento de los ladrillos

2.4.2. MORTERO

2.4.2.1. DEFINICIÓN

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

2.4.2.2. COMPONENTES

La descripción de los componentes se realiza desde un punto de vista volumétrico, destacando principalmente tres: aglomerante (cemento), arena y agua; y un cuarto de poca presencia volumétrica.

A. Aglomerante

También llamado ligante, los materiales aglomerantes del mortero pueden ser: Cemento Portland o cemento adicionado normalizado y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

- **El cemento Portland**, este componente confiere al mortero sus principales propiedades de acuerdo a la naturaleza de este, en los que destacan:

- *La Finura del Molido:* influencia directamente en la resistencia a la compresión del mortero, esencialmente en las resistencias iniciales.
- *La Dosificación en Cemento:* condiciona la relación agua/cemento, parámetro que determina la resistencia a la compresión del mortero de manera inversa.

B. El Agregado

Será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3, de la Norma E-070.

Tabla N°10. Norma E-070 / Tabla 3. Granulometría de la Arena Gruesa

TABLA 3 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4.75 mm)	100
Nº 8 (2.36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1.18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0.60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0.30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0.15mm)	2 a 15
Nº 200 (0.075 mm)	menos de 2

FUENTE: RNE – E 070

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.

C. Agua

Desempeña un papel importante, durante el amasado del mortero como también en el curado en obra, su cantidad debe ser suficiente para la hidratación del cemento y mojado de la arena, sin conducir a un exceso, no debe contar con agentes dañinos que afecten las propiedades del mortero a armadura. Debe ser potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

2.4.2.3. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes ver la Tabla 4, de la Norma E-070.

2.4.2.4. PROPORCIONES

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4, de la Norma E-070.

Tabla N°11. Norma E-070 / Tabla 4. Tipos de Mortero.

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	hasta 6	Muros No Portantes

FUENTE: RNE – E 070

- Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos.
- De no contar con cal hidratada normalizada, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

2.4.3. PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA

2.4.3.1. Resistencia de Prismas de la Albañilería

La resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y a corte (v'_m) se determinará de manera empírica o mediante prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según la Tabla 07, de la Norma E-070.

Tabla N°12. Norma E-070 / Tabla 7. Métodos Para Determinar f'_m Y v'_m .

TABLA 7 MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m Y v'_m									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

FUENTE: RNE – E 070

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.

Según la Norma E-070 los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá aumentándola por factores mostrados en la Tabla 08 de la Norma E-070.

Tabla N°13. Norma E-070 / Tabla 8. Incremento f'_m y v'_m por Edad.

TABLA 8			
INCREMENTO f'_m y v'_m POR EDAD			
	Edad	14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1.10	1.00

FUENTE: RNE – E 070

La resistencia característica en las pilas f'_m y v'_m en los muretes, se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

El valor v'_m para el diseño no será mayor de $0.319 (f'_m)^{1/2}$ en MPa o de $(f'_m)^{1/2}$ en Kg/cm².

En el caso de realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 09 de la Norma E-070, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

Tabla N°14. Norma E-070 / Tabla 9. Resistencias Características de la Albañilería.

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
	Dédalo	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

FUENTE: RNE – E 070

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(**) El valor f'_b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de f'_c = 13,72 MPa (140 kg /cm²). El valor f'_m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10 de la Norma E-070

Tabla N°15. Norma E-070 / Tabla 10. Factores de Corrección de $f'm$ por Esbeltez.

TABLA 10 FACTORES DE CORRECCION DE $f'm$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

FUENTE: RNE – E 070

2.4.3.2. Esfuerzos Admisibles de la Albañilería

a) Resistencia a la compresión de la albañilería

La resistencia a la compresión de la albañilería podrá determinarse por:

- Ensayos de pilas con materiales y tecnología a usar en obra.

Las pilas estarán compuestas por el numero entero de unidades de albañileria necesarios para obtener un coeficiente de esbeltez (altura/espesor) del orden de aproximadamente tres (3), debiéndose tener especial cuidado en mantener su verticalidad.

La disposición del ensayo será mostrada en la Figura N°13.

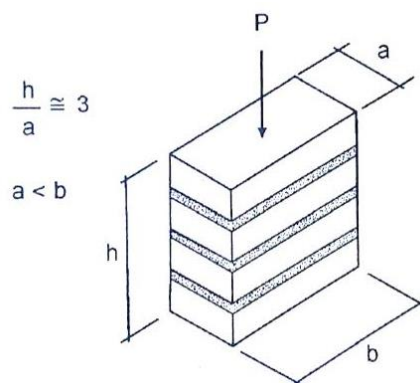


Figura N°13. Ensayo de compresión axial.

El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número mínimo de pilas a ensayar será de tres (3).

Mediante estos ensayos se obtiene el esfuerzo último f'_m en compresión de la pila, considerándose aquel valor que sobrepasa en 2 de la 3 pilas ensayadas.

Es esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtendrá con la siguiente expresión:

$$f_m = 0.25 f'_m \quad \dots(16)$$

Donde:

f'_m = esfuerzo de compresión último de la pila.

- Alternativamente cuando no se realicen ensayos de pilas, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible:

$$f_m = 2.0 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots(17)$$

b) Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será: $1.25 f'_m$.

c) Resistencia al corte de la albañilería

La resistencia al corte de la albañilería se podrá determinar por:

- Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra.

La disposición del ensayo será la mostrada en la figura 14.

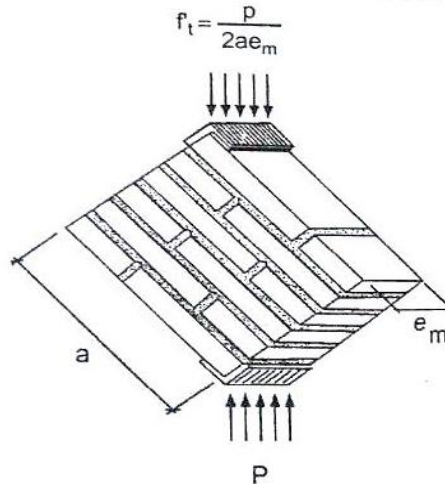


Figura N°14. Ensayo de compresión diagonal.

Se ensayarán un mínimo de tres (3) especímenes. El esfuerzo admisible al corte del muro (v_m) se obtendrá con la expresión:

$$V_m = 0.25f'_t \quad \dots(18)$$

Donde:

f'_t = esfuerzo último del murete de ensayo.

Este valor será sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

- Alternativamente cuando no se realicen ensayos de muretes, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$$V_m = 0.25 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots(19)$$

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.
- Agregado global.
- Arena gruesa.
- Arena fina.
- Cal.
- Yeso.

3.1.2. Equipos

- Espectrofotómetro.
- Contador de Centelleo y de Flujo.
- Tamiz Normalizado De 45 μm (N° 325).
- Juego de tamices.
- Balanza GP – 20K.
- Meza de flujo.
- Horno eléctrico.
- Maquina Abrasión los Angeles.
- Maquina de ensayos de compresión.
- Tamizadora Eléctrica.
- Vernier.
- Regla metálica de 1m.

- Fiolas.
- Probeta graduada.
- Molde cúbico de madera.
- Moldes de cúbicos de 5x5x5cm.
- Moldes rectangulares de acero para ladrillos 22x13x8 cm.
- Moldes rectangulares de acero para ladrillos a escala, 7.30x4.30x2.70 cm.
- Comba de 6 lb aprox.
- Badilejos.
- Varilla metálica.
- Eclímetro o nivel de mano.
- Palas.
- Carretilla buggy.
- Cocina a gas de dos hornillas.
- Cocina eléctrica.
- Bandejas metálicas.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

3.2.1.1. 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 :

$$\text{Contenido de humedad, \%} = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100 \dots \quad (20)$$

Donde :

A= Pérdida de masa durante el secado

B= Masa seca

- **Pérdida por Calcinación:** Este ensayo se mandó a realizar en los laboratorios BISA. Se realizó de acuerdo a los procedimientos señalados en la NTP 334.104. (Revisar Anexo 02)

B. Análisis Físico.

- **Densidad:** Se determinó la densidad de la muestra de acuerdo con el procedimiento descrito en la NTP 334.005, este ensayo fue realizado por SENSICO, dando como resultado que la densidad de la ceniza de bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) es de 2.08 gr/cm³. (Revisar Anexo 03).
- **Finura, Mediante Tamizado Humedo Con Tamiz Normalizado De 45 μm (N° 325):** Se determinó la cantidad de muestra retenida mediante tamizado húmedo con tamiz normalizado de 45 μm(N° 325) de

acuerdo con la NTP 334.045, con las siguientes excepciones:

- Se calibró el tamiz de $45 \mu m$ (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:

$$CF = std - obs \dots (21)$$

Donde:

- CF = Factor de corrección del tamiz, %, (incluir un signo negativo cuando sea apropiado),
- Std = El valor del residuo certificado para el cemento patrón, %.
- Obs = El valor del residuo observado para el cemento patrón, %.

- Calcular la finura de la ceniza volante o puzolana natural con aproximación del 0.1 % tal como sigue:

$$Rc = Rs - CF \dots (22)$$

Donde:

- Rc = Residuo del tamiz corregido, %
- Rs = Residuo observado para la muestra de ensayo, %
- CF = Factor de corrección del tamiz, %.

- 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.

3.2.1.2. Índice de Actividad Puzolánica Utilizando Cemento Portland (NTP 334.066)

Este ensayo consiste en la elaboración de cubos con cemento Portland (mortero patrón) y cubos con adición de Puzolana (CBCA), los mismo que serán sometidos a pruebas de compresión a 3,7,14 y 28 desde su elaboración. Para la realización de este ensayo se utilizó: cemento Pacasmayo Tipo I (Peso Específico: 2.13 gr/cm³), Arena Estandar Gradada NTP 334.097.

- **Preparación de Especímenes**

Moldear los especímenes del mortero patrón y del mortero de ensayo de acuerdo con la NTP 334.051.

En el mortero de ensayo, reemplazar el 35% del volumen absoluto de la cantidad del cemento usada en el mortero patrón por un volumen absoluto equivalente de la muestra de ensayo.

- **Almacenamiento de los Especímenes**

Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados de su molde e inmersos en agua con cal con 3gr/L, hasta su ensayo.

- **Ensayo de la Resistencia a la Compresión**

Se determinó la resistencia a la compresión de los tres especímenes del mortero patrón y de los tres especímenes del mortero de ensayo a la edad de 28 días, según se especifica en la NTP 334.051.

- **Índice de Puzolanidad**

Ensayo realizado según la NTP 334.051.

En esta norma se establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, usando cubos de 50 mm de lado.

La resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, se determinó llevando a la rotura especímenes de 50mm de lado, preparado con morteros consistentes de 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena dosificados en masa. La cantidad de agua de amasado, deberá ser la que produzca una fluidez de 110 +/- 5 luego de 25 golpes.

Los especímenes cúbicos de 50 mm de lado, son compactados en dos capas por apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados de su inmersos en agua de cal con 3 g/L, hasta su ensayo. El cálculo del índice de puzolanidad con cemento Portland se determinó con la siguiente expresión:

$$\text{Índice de actividad puzolanica} = \frac{A}{B} \times 100 \quad \dots (23)$$

Donde:

A = Es el promedio de la resistencia a la compresión de los cubos del mortero de ensayo, en MPa (kg/cm²)

B = Es el promedio de la resistencia a la compresión de los cubos del mortero de patrón, en MPa (kg/cm²)

3.2.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

3.2.2.1. Granulometría (ASTM D-75)

Este ensayo fue realizado tanto al material global, arena fina, como a la arena gruesa empleada en la elaboración de mortero. También se empleo este ensayo para la obtención de la arena normalizada (NTP 334.097) para la realización del ensayo de puzolanidad.

3.2.2.2. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (ASTM C-127/NTP400.021 Y ASTM C- 128/NPT 400.022)

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 (gr/cm³).

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B+S-C} \quad \dots (26)$$

$$\text{Peso específico aparente(S. S. S.)} = \frac{B}{B+S-C} \quad \dots (27)$$

$$\text{Peso específico Nominal} = \frac{A}{B+A-C} \quad \dots (28)$$

$$\text{Porcentajes de Absorción} = \frac{S-A}{A} \times 100 \quad \dots (29)$$

3.2.2.3. Peso Unitario Suelto y Compactado

Fórmulas

$$P_{USS} = \frac{1000(P_{mm} - P_m)}{V_m}; P_{UC} = 1000(P_{mmc} - P_m)/V_m \quad \dots (30)$$

Donde:

P_m = Peso de molde en gramos

P_{mm} = Peso de molde mas muestra

V_m = Volumen del molde, en cm^3

P_{USS} = Peso unitario suelto seco, en kg/m^3

P_{UC} = Peso unitario compactado, en kg/m^3

P_{mmc} = Peso del molde mas muestra compactada, en gramos.

Este ensayo se repitió tres veces tanto para el peso unitario suelto como para el compactado, estos datos se promediaron.

3.2.2.4. Contenido de Humedad (ASTM C-566/NPT 400.021)

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

$$W = \frac{M_w \times 100 (\%)}{M_s} ; M_w = P_1 - P_2 ; M_s = P_1 - P_{tara} \dots (31)$$

M = Contenido de humedad, (%)

M_w = Peso del agua, en gramos.

M_s = Peso de las partículas sólidas, en gramos.

P_1 = Peso de la tara mas muestra húmeda, en gramos.

P_2 = Peso de la tara mas muestra seca, en gramos.

P_{tara} = Peso de la tara, en gramos.

3.2.3. METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

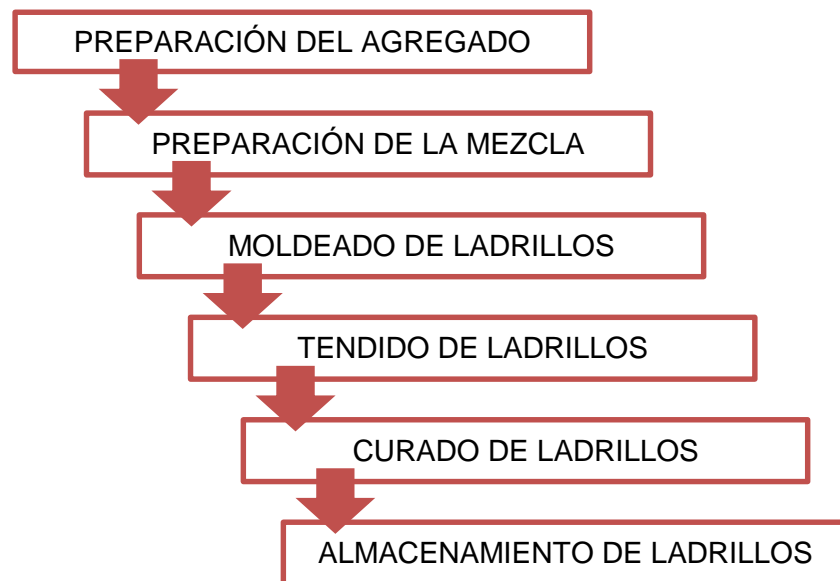


Diagrama N°03. Proceso de Fabricación de Ladrillos Artesanales de Concreto.

3.2.4. METODOLOGÍA DE MODELADO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA A ESCALA 1:3

Debido a la falta de equipos necesarios para realizar los ensayos de Compresión Diagonal de Muretes de Albañilería, se planteó la realización de muretes a escala 1:3, para lo cual, fue necesario elaborar ladrillos a la misma escala.

El material empleado para la elaboración de los ladrillos a escala 1:3 también fueron escalados a través del Método de Gradación Paralela. Este método tiene como objetivo escalar la granulometría del material original a una curva granulométrica de menor tamaño de partículas, de tal forma que tenga el mismo coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de gradación (Cc), asumiendo que se mantienen las mismas características propias

de las partículas. Como son la dureza , forma y peso específico de los sólidos.

Para lograr el correcto modelo a escala que represente al prototipo (ladrillo a escala natural) se realizó los siguientes cálculos:

3.2.4.1. Cálculo de Factores de Escala:

Necesitamos tres factores de escala independientes para relacionar mecánicamente al modelo y al prototipo. Para la realización de estos cálculos consideraremos al prototipo al ladrillo en escala natural con dimensiones de 22x13x8 cm. Nuestro modelo será nuestro ladrillo a escala 1:3 de dimensiones 7.2x4.3x2.6 cm.

- **Longitud**

$$\lambda = \frac{l_m}{l_p} \dots (32)$$

Largo

$$\lambda = \frac{7.2}{22} = 0.33 = \frac{1}{3} \dots (33)$$

Ancho

$$\lambda = \frac{4.3}{13} = 0.33 = \frac{1}{3} \dots (34)$$

Altura

$$\lambda = \frac{2.6}{8} = 0.33 = \frac{1}{3} \dots (35)$$

Un modelo es geoméricamente similar si todas las dimensiones lineales del modelo son λ veces las equivalentes en el prototipo.

- **Masa**

$$\mu = \frac{m_m}{m_p} \dots (36)$$

Masa promedio de ladrillos a escala natural = 4409.13 gr.

Masa promedio de ladrillos a escala 1:3 = 195 gr.

$$\mu = \frac{195}{4409.13} = 0.044 \dots (37)$$

- **Área**

$$A = \frac{A_m}{A_p} = \frac{7.2 \times 4.3}{22 \times 13} = \frac{30.96}{286} = 0.108 \dots (38)$$

$$A = \lambda^2 = 0.33^2 = 0.108$$

- **Volumen**

$$V = \frac{V_m}{V_p} = \frac{7.2 \times 4.3 \times 2.6}{22 \times 13 \times 8} = \frac{80.496}{2288} = 0.034 \dots (39)$$

$$A = \lambda^3 = 0.33^3 = 0.034$$

- **Esfuerzo**

$$\sigma = \frac{\mu}{\lambda \tau^2} = \frac{0.044}{0.33 \times 0.222^2} = 2.70 \dots (40)$$

Con estos factores a escala calculados se continuó con los ensayos respectivos. Estos datos nos serán de mucha utilidad para interpretar los resultados obtenidos de las diferentes pruebas.

3.2.4.2. Antecedentes

Según la investigación titulada, "Estudio experimental de la fisuración de la fábrica de ladrillo bajo solicitaciones de tracción y cortante en modelos reducidos", cuyo objetivo fue proporcionar modelos de ensayo y resultados

experimentales que permitan conocer mejor los procesos de agrietamiento de la fábrica de ladrillo bajo tensiones normales de tracción y tangenciales. (Reyes, 2008).

Los ensayos se realizaron con dos tipos de probeta: 1) la probeta compacta con doble entalla solicitada a compresión asimétrica, y 2) la probeta de flexión con entalla solicitada bajo carga asimétrica aplicada en tres puntos. (Reyes, 2008).

Se ensayaron probetas de dos tamaños semejantes (razón de semejanza 2) y varias orientaciones de los tendeles, con el fin de ver cómo afecta la orientación de los tendeles en la propagación de las grietas. Los ensayos se realizaron con probetas a escala 1/4 de un muro de fábrica de ladrillo de una hoja a soga de medio pie de espesor. (Reyes, 2008).

Como ya se ha comentado no existen ensayos sobre fábricas de ladrillo que reproduzcan el comportamiento bajo sollicitaciones de tracción y cortante. Por lo que el objeto de la campaña experimental fue conseguir estos resultados experimentales. Con este fin se diseñó un programa de ensayos sobre probetas de fábrica de ladrillo a escala 1/4 de la fábrica real. (Reyes, 2008).

El empleo de probetas a escala tuvo como objetivo poder utilizar una máquina universal de ensayos hidráulica servo controlado. Una máquina de estas características aporta indudables ventajas, entre las que cabe destacar la velocidad de respuesta, disponer de unas condiciones de apoyo muy claras y usar una instrumentación de alta precisión. (Reyes, 2008).

Dos han sido las tipologías de ensayo propuestas para el estudio de la fisuración de la fábrica de ladrillo bajo tensiones normales y tangenciales. En ambos procedimientos de ensayo se ha conseguido la rotura estable de paredes de ladrillo. Con ellos ha sido posible obtener resultados experimentales de rotura de fábrica bajo sollicitaciones de tracción y cortante, que muestran una reducida dispersión experimental y pueden ser utilizados como referencia para contrastar la bondad de posibles modelos analíticos y numéricos para la fisuración de la fábrica bajo este tipo de sollicitación. (Reyes, 2008).

En todos los ensayos se ha puesto de manifiesto la fuerte dependencia que tienen las propiedades mecánicas de la fábrica con la orientación de sus tendeles, que actúan como planos de debilidad. Las resistencias han sido mayores cuanto mayor ha sido el ángulo formado entre la dirección de la grieta y la de las juntas horizontales, caso

en el que se producía el mecanismo de rotura mixto y la trayectoria de fisura cortaba bloques de ladrillo además de juntas de mortero. (Reyes, 2008).

Otra investigación que utiliza modelos a escala es: "Estudio del Comportamiento Sismo-Resistente de Muros de Mampostería Encadenada Mediante un Ensayo un Mesa Vibratoria." Aquí se buscaba diseñar estructuras de mampostería que permitan controlar el modo de falla, de manera que este sea a flexión. (Bustos, 2012).

Para realizar este estudio se seleccionó el proyecto de un edificio destinado a vivienda típica de la zona. El cual tenía un diseño estructural sismo-resistente utilizando muros de mampostería encadenados. Se realizó un análisis de semejanza, para definir el modelo a ensayar, las escalas seleccionadas para la longitud fue de $\frac{1}{2}$ y para la aceleración 1/1 y Como escalas derivadas, Tiempo: $ET = \frac{1}{2}$, Rigidez: $ER = \frac{1}{2}$, Masas y Pesos: $EM = \frac{1}{4}$, Fuerza de Inercia: $EFI = \frac{1}{4}$, Módulo de Elasticidad: $EE = 1/1$, Momentos: $EM = 1/8$, Esfuerzo Normal: $EN = \frac{1}{4}$, Secciones de Acero: $ES = \frac{1}{4}$. (Bustos, 2012).

Como resultado del comportamiento del modelo luego de construir y ensayar los modelos de muretes y pilas, concluyeron que la armadura es inferior a la que establece

la Normativa. Se dió la falla por flexión e incrementó el periodo del modelo de 0.1 seg a 0.13 seg. Se provocó una disminución en la pseudoaceleración, disminución del coeficiente sísmico, disipación de energía en el agrietamiento y disminución de rigidez, ductilidad de curvatura y agrietamiento del modelo. (Bustos, 2012).

Las estructuras de mampostería tienen un marcado comportamiento no lineal, que se muestra en los registros obtenidos durante el ensayo. Los procedimientos de análisis y diseño sísmico deben considerar las propiedades del material concordantes con el nivel de deformaciones esperado. Es posible diseñar estructuras de mampostería que permitan controlar el modo de falla de manera que este sea de flexión. Esta estructura se comportaría como un bloque rígido vinculado por barras ancladas a la fundación. (Bustos, 2012).

3.2.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

3.2.5.1. Ensayos Clasificatorios

La finalidad de estos ensayos es la de clasificar a las unidades desde el punto de vista estructural.

- Ensayo de variación dimensional.
- Ensayo de alabeo.
- Ensayo de resistencia a compresión.

3.2.5.2. Ensayos No Clasificatorios

Estos ensayos son indispensables para definir el procedimiento constructivo de los muros de albañilería.

- Ensayo de succión.
- Ensayo de absorción.
- Ensayo de porcentaje de ranuras.

3.2.6. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE PRISMAS: PILAS Y MURETES

3.2.6.1. Método de Ensayo para la Determinación de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería (Pilas)

Este método establece los procedimientos para la fabricación y ensayo de prismas de albañilería, y los cálculos para determinar la resistencia en compresión, utilizada para determinar el cumplimiento con la resistencia a la compresión especificada para la albañilería.

- **Resistencia a la Compresión de Albañilería**

Se calculará para cada prisma la relación h_p/t_p entre la altura (h_p) y la menor dimensión lateral (t_p) de este prisma. Se determinará el factor de corrección de la Tabla 1 (NTP 399.605). Para valores de h_p/t_p intermedios, el factor de corrección se calculará mediante interpolación lineal de los valores de la Tabla 1.

Tabla N° 16. Norma E-070 / Tabla 1. Factores de Corrección Altura/Espesor para la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería.

TABLA N° 1 FACTORES DE CORRECCIÓN ALTURA/ESPESOR PARA LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA							
h_p / t_p^A	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

FUENTE: NTP 399.605

^A h_p/t_p = Relación de la altura del prisma y las medidas menores laterales del prisma.

Multiplicar la resistencia del prisma de albañilería por el factor de corrección del prisma correspondiente.

Calcular la resistencia a la compresión de albañilería, f_{m_i} , para cada conjunto de prismas promediando los valores obtenidos.

- **Geometria**

Cada pila estaba compuesta por 3 ladrillos de Concreto, se usó una junta de 1.5 cm de espesor y un capping de 5 mm.

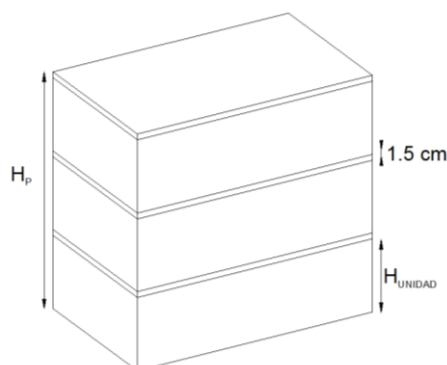


Figura N°15. Geometría de pilas.

- **Secuencia de Construcción**

La secuencia de construcción fue la siguiente

- Se seleccionaron los ladrillos eliminando los que tenían esquinas defectuosas o rajaduras, luego se limpiaron con una brocha eliminando las partículas sueltas propias de la arena rociada en la zona de tendido.

- Se mojaron las unidades 30 minutos antes del asentado.
- Se preparó suficiente mortero para usarse en 1 hora de trabajo, con una dosificación en volumen 1: 4 (cemento: arena). Empleando el cemento Tipo I Pacasmayo
- Para el asentado se colocó el primer ladrillo sobre una superficie horizontal con la cara ranurada hacia arriba para luego proceder a cubrirla con una capa de mortero, garantizando que la siguiente unidad asiente completamente sin formar vacío alguno.
- Con la ayuda de un nivel de burbuja se garantizó la verticalidad de las pilas además de ser empleado como escantillón.
- No realizándose ningún tipo de curado de juntas en especial.
- El capping fue con mezcla 1:1 yeso cemento, el cual sirvió para nivelar la cara liza de la primera unidad así como la cara ranurada da la última de cada pila

3.2.6.2. Método de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Albañilería

Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión diagonal (corte), en muretes de albañilería de dimensión mínima de 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal, originando de esa

manera una falla por tracción diagonal que hace el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga.

- **Esfuerzo Cortante**

Calcular el esfuerzo cortante en los muretes sobre la base del área bruta de la diagonal cargada, como sigue:

$$V_m = \frac{0.707 P}{A_b} \dots (24)$$

V_m = esfuerzo cortante sobre el area bruta, en MPa

P = carga aplicada, en N; y

A_b = area bruta del espécimen, en mm², calculada como sigue

$$A_b = \frac{l+h}{2} t \dots (25)$$

l = largo del murete, en mm

h = altura del murete, en mm; y

t = espesor total del murete

- **Geometría**

Los muretes estuvieron compuestos por 15 ladrillos de concreto, unidades distribuidas en seis hileras, las mismas que contaban con 2 ½ unidades. Se empleo una junta de 5 mm de espesor entre cada hilera.

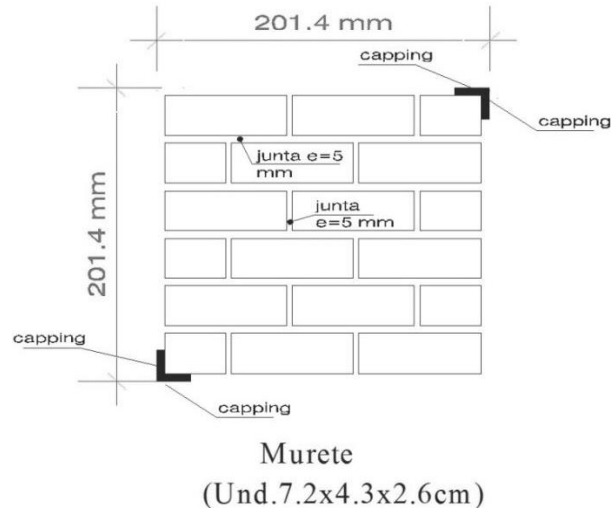


Figura N°16. Geometría de muretes.

- **Secuencia de Construcción**

La secuencia de construcción fue siguiente:

- Se seleccionaron los ladrillos eliminando por los que tenían esquinas defectuosas o rajaduras, luego se limpiaron con una brocha eliminando las partículas sueltas propias de la arena rociada en la zona de tendido.
- Se mojaron las unidades 30 minutos antes del asentado
- Se preparó suficiente mortero para usarse en 1 hora de trabajo, con una dosificación en volumen 1:4 (cemento: arena) empleando el cemento Tipo I Pacasmayo.
- Antes de asentar los ladrillos se colocó una cama de arena sobre la mesa de trabajo, la que sirvió para nivelar y asentar correctamente la primera hilada de ladrillos



- Para el asentado se colocaron los primeros ladrillos sobre la cama de arena, con la cara ranurada hacia arriba, para luego proceder a cubrirla con una capa de mortero, garantizando que la siguiente unidad asiente completamente sin formar vacío alguno.
- Con la ayuda de un nivel de burbuja se garantizó la verticalidad de los muretes además de ser empleado como escantillón en la construcción.
- No realizándose ningún tipo de curado de juntas en especial.
- El capping fue con mezcla 1:1 yeso cemento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

4.1.1. ANÁLISIS QUÍMICO

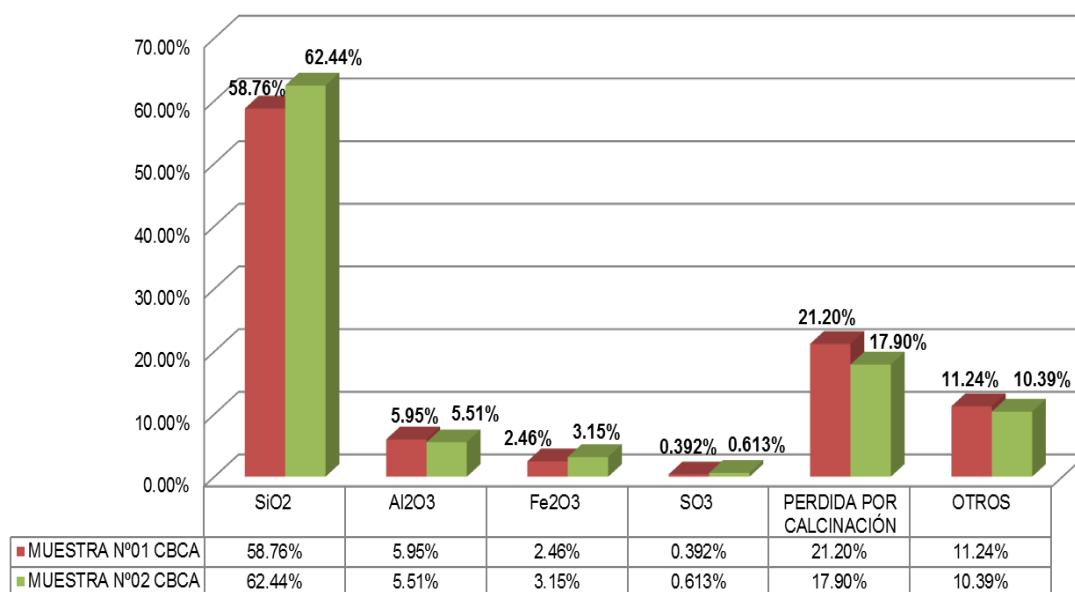


Gráfico N° 01: Comparación del Análisis Químico de la Muestra N°01 y N°02 de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)

Se tomaron dos muestras de ceniza en diferentes lotes y en diferentes tiempos, muestras de estas cenizas fueron enviadas a los Laboratorios BISA, para su análisis químico a través del método de Fluorescencia de Rayos X. (Revisar Anexo 02).

La muestra N°01 presenta un bajo contenido de sílice (SiO₂) 58.76 % en comparación a la muestra N°02 que presenta una concentración de 62.44% de SiO₂.

Para la clasificación química de CBCA se realizó la sumatoria de los óxidos que manda la Norma NTP 334.104:

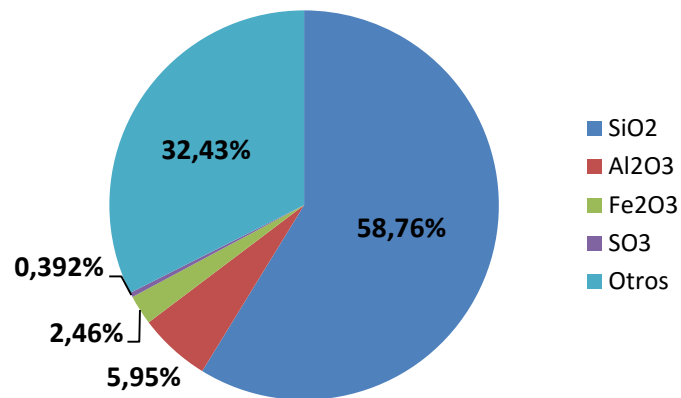


Gráfico N° 02. Análisis Químico de Muestra N°01 CBCA

La muestra N°1

✓ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 58.76 + 5.95 + 2.46 = 67.17\%$

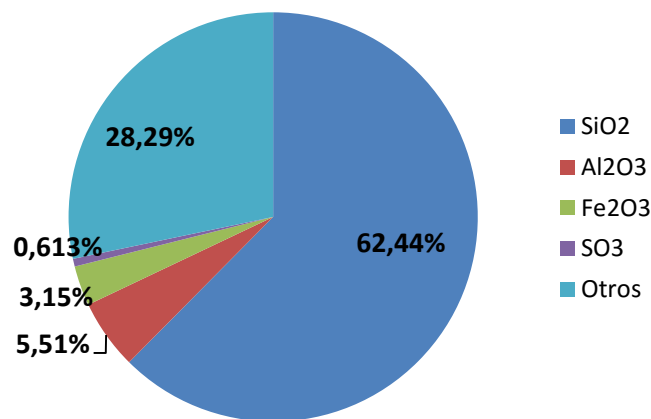


Gráfico N° 03. Análisis Químico de Muestra N°02 CBCA

La muestra N°2

✓ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 62.44 + 5.51 + 3.154 = 71.104\%$

La CBCA de la 1^o muestra es clasificada como una clase C, mientras que la CBCA de la 2^o muestra se clasificó como Clase F.

Para la investigación se tomó como muestra final la procedente de la segunda remesa, por tener mayor presencia de sílice (SO₂).

La pérdida por calcinación esta definida como la cantidad de materia que se pierde cuando esta es sometida a la calcinación, en ambas muestras el porcentaje de pérdida por calcinación (LOI) es muy elevado por encima de lo que la norma manda. Esta característica no fue una limitacion dentro de la investigación, pues el objetivo de la misma era el estudio de la ceniza calcinada en las calderas del ingenio Cartavio.

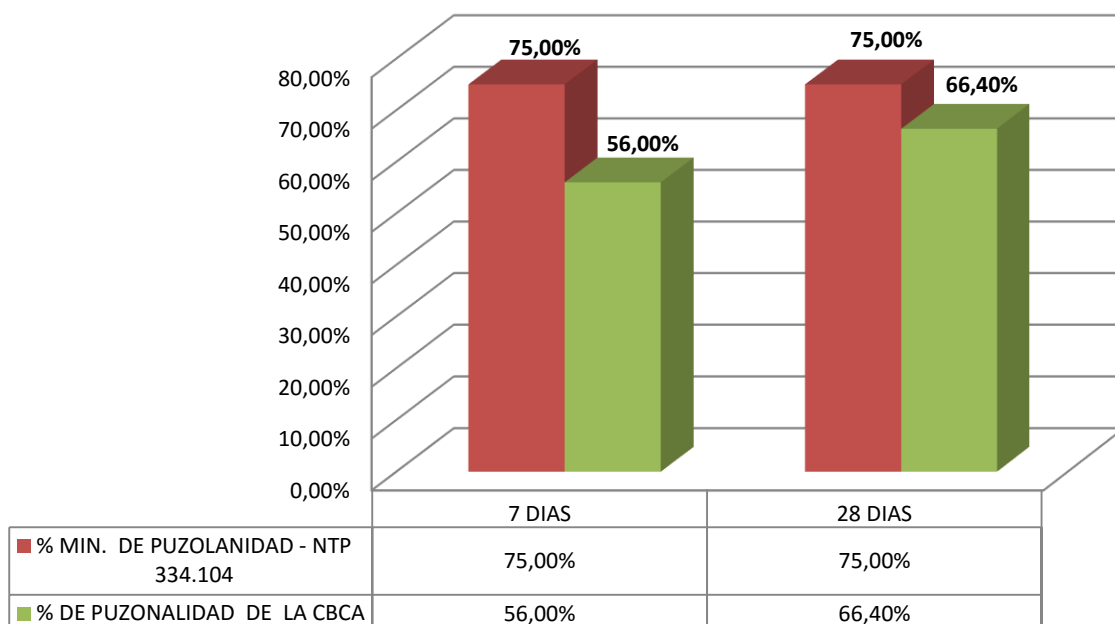


Gráfico N° 04. Comparacion de Porcentajes de Puzolanidad de la NTP 334.104 vs Porcentajes de Puzolanidad de la CBCA a los 7 y 28 Dias

La norma especifica que el índice de puzolanidad no debe ser inferior al 75% de la resistencia del mortero patrón, tanto a los 7 días como a los 28 días. La gráfica indica que el mortero elaborado con CBCA no cumplió los porcentajes mínimos a dichas edades. El mortero con CBCA a los 7 días alcanzó una puzolanidad de 56% y a los 28 días llega a 66.4%.

El índice de puzolanidad en una ceniza esta relacionado directamente a la fineza y al grado de calcinación de ésta, para obtener un mayor grado de puzolanidad se recomendaría seguir el proceso de calcinación de la CBCA o continuar con su molienda.

4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA (PROVEEDOR: LADRILLERA "LOS OLIVOS")

4.2.1. AGREGADO GLOBAL

Tabla N° 17. Análisis Granulométrico del Agregado Global.

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GLOBAL					
AGREGADO	: AGREGADO GLOBAL				
PROVEEDOR	: LADRILLERA LOS OLIVOS				
T. MAX. NOMINAL	1/2"				
PESO INICIAL	: 1995 gr				
TAMIZ PULGADAS	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA (mm)	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% PASA
3/4"	0.00	19.050	0.00000	0.00	100.00
1/2"	45.00	12.500	2.25564	2.3	97.74
3/8"	55.00	9.525	2.75689	5.01	94.99
N°4	410.00	4.760	20.55138	25.56	74.44
N°8	605.00	2.360	30.32581	55.9	44.11
N°16	390.00	1.180	19.54887	75.44	24.56
N°30	225.00	0.590	11.27820	86.72	13.28
N°50	95.00	0.300	4.76190	91.5	8.52
N°100	80.00	0.150	4.01003	95.5	4.51
N°200	65.00	0.074	3.25815	98.7	1.25
CAZOLETA	25.00		1.25313	100.0	0.00
PESO INICIAL SECO (gr)					1995.00

Tabla N° 18. Propiedades del Agregado Global.

PROPIEDADES DEL AGREGADO GLOBAL	
Peso Específico Del Agregado Global (gr/cm ³)	2.60
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1714.32
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1910.32
Contenido de Humedad (%)	0.47

4.2.2. ARENA FINA

Tabla N° 19. Análisis Granulométrico de Arena Fina.

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO					
AGREGADO	: Fino				
PROVEEDOR	: LADRILLERA LOS OLIVOS				
M.F.	: 1.53				
PESO INICIAL	: 2130 gr				
TAMIZ PULGADAS	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA (mm)	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMUL	% PASA
N°4	25.00	4.760	1.17	1.17	98.83
N°8	65.00	2.360	3.05	4.23	95.77
N°16	90.00	1.180	4.23	8.45	91.55
N°30	155.00	0.590	7.28	15.73	84.27
N°50	365.00	0.300	17.14	32.86	67.14
N°100	1220.00	0.150	57.28	90.14	9.86
N°200	180.00	0.074	8.45	98.59	1.41
CAZOLETA	30.00		1.41	100.00	0.00
PESO INICIAL SECO (gr)					2130.00

Tabla N° 20. Propiedades de Arena Fina.

PROPIEDADES DE LA ARENA FINA	
Peso Específico Del Agregado Fino (gr/cm ³)	2.18
Contenido de Humedad (%)	0.60

4.2.3. AGREGADO PREPARADO

Tabla N° 21. Análisis Granulométrico del Agregado Preparado

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO PREPARADO					
PROVEEDOR	: LADRILLERA LOS OLIVOS				
T. MAX. NOMINAL	1/2"				
PESO INICIAL	: 2106 gr				
TAMIZ PULGADAS	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA (mm)	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% PASA
3/4"	0.00	19.050	0.00	0.00	100.00
1/2"	50.00	12.500	2.37	2.37	97.63
3/8"	65.00	9.525	3.09	5.46	94.54
N°4	240.00	4.760	11.40	16.86	83.14
N°8	465.00	2.360	22.08	38.94	61.06
N°16	510.00	1.180	24.22	63.15	36.85
N°30	415.00	0.590	19.71	82.86	17.14
N°50	180.00	0.300	8.55	91.41	8.59
N°100	115.00	0.150	5.46	96.87	3.13
N°200	45.00	0.074	2.14	99.00	1.00
CAZOLETA	21.00		1.00	100.00	0.00
PESO INICIAL SECO (gr)					2106.00

Tabla N° 22. Propiedades del Agregado Preparado.

PROPIEDADES DEL AGREGADO PREPARADO	
Peso Específico Del Agregado Preparado (gr/cm ³)	2.50
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1747.35
Peso Unitario Compactado (kg/cm ³)	1978.62
Contenido de Humedad (%)	0.55

Se realizaron los ensayos respectivos para la determinación de las propiedades de los materiales áridos de ambas ladrilleras. Después de realizados se optó por utilizar los materiales de la ladrillera "Los Olivos", porque presentaban mejores propiedades. En las tablas anteriores se observan los resultados obtenidos del análisis.

Tabla N° 23. Análisis Granulométrico de la Arena Gruesa

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL ARENA GRUESA					
AGREGADO	: ARENA GRUESA				
PROVEEDOR	: LADRILLERA LOS OLIVOS				
M.F.	: 2.5				
PESO INICIAL	: 2015 gr				
TAMIZ PULGADAS	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA (mm)	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% PASA
3/4"	0.00	19.050	0.00000	0.00	100.00
1/2"	0.00	12.500	0.00000	0.0	100.00
3/8"	0.00	9.525	0.00000	0.00	100.00
N°4	0.00	4.760	0.00000	0.00	100.00
N°8	50.00	2.360	2.48139	2.5	97.52
N°16	370.00	1.180	18.36228	20.84	79.16
N°30	555.00	0.590	27.54342	48.39	51.61
N°50	615.00	0.300	30.52109	78.9	21.09
N°100	325.00	0.150	16.12903	95.0	4.96
N°200	85.00	0.074	4.21836	99.3	0.74
CAZOLETA	15.00		0.74442	100.0	0.00
PESO INICIAL SECO (gr)					2015.00

Tambien se realizó el análisis de la arena gruesa utilizada para la elaboración del mortero para los prismas de albañilería.

4.2.4. AGREGADO PREPARADO A ESCALA

Tabla N° 24. Análisis Granulométrico del agregado preparado a Escala

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO PREPARADO A ESCALA					
PROVEEDOR	:	LADRILLERA LOS OLIVOS			
PROP. EN VOLUMEN	:	1:4 AF:AG			
M.F.	:	3.53			
PESO INICIAL	:	1394.00			
TAMIZ PULGADAS	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA (mm)	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% PASA
N°4	0.00	4.760	0.00	0.00	100.00
N°8	440.00	2.360	31.56	31.56	68.44
N°16	370.00	1.180	26.54	58.11	41.89
N°30	300.00	0.590	21.52	79.63	20.37
N°50	130.00	0.300	9.33	88.95	11.05
N°100	85.00	0.150	6.10	95.05	4.95
N°200	55.00	0.074	3.95	99.00	1.00
CAZOLETA	14.00		1.00	100.00	0.00
PESO INICIAL SECO (gr)					1394.00

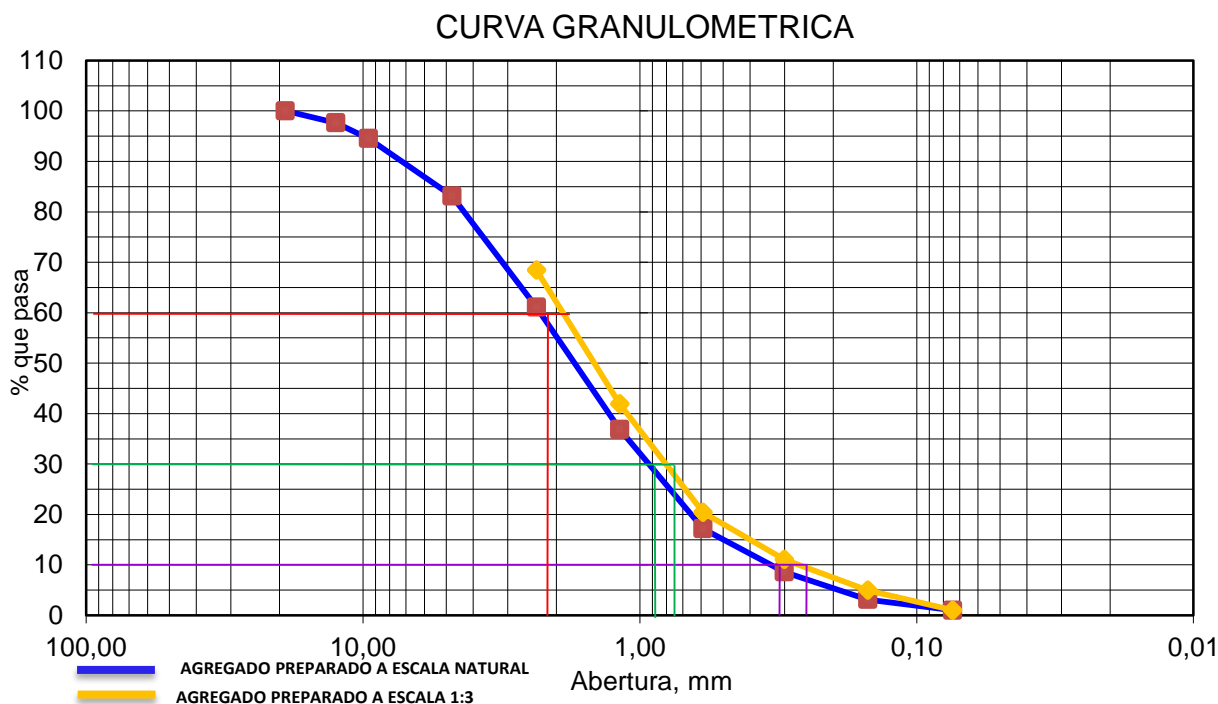


Gráfico N° 05. Curvas de Gradación Paralelas del Agregado Preparado.

Tabla N° 25. Coeficiente de Uniformidad y Coeficiente de Gradación del Agregado Preparado y Agregado Preparado a Escala.

	MATERIAL PREPARADO	MATERIAL PREPARADO ESCALADO
D60	2.350	1.900
D30	0.925	0.800
D10	0.334	0.275
CU	7.0	6.9
CC	1.1	1.2

Tabla N° 26. Análisis Granulométrico de la Arena Gruesa a Escala

ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA GRUESA A ESCALA

AGREGADO : ARENA GRUESA
 PROVEEDOR : LADRILLERA LOS OLIVOS
 M.F. : 2.02
 PESO INICIAL : 1717.00

TAMIZ PULGADAS	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA (mm)	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMUM.	% PASA
N°8	0.00	2.360	0.00	0.00	100.00
N°16	0.00	1.180	0.00	0.00	100.00
N°30	685.00	0.590	39.90	39.90	60.10
N°50	550.00	0.300	32.03	71.93	28.07
N°100	315.00	0.150	18.35	90.27	9.73
N°200	150.00	0.074	8.74	99.01	0.99
CAZOLETA	17.00		0.99	100.00	0.00
PESO INICIAL SECO (gr)					1717.00

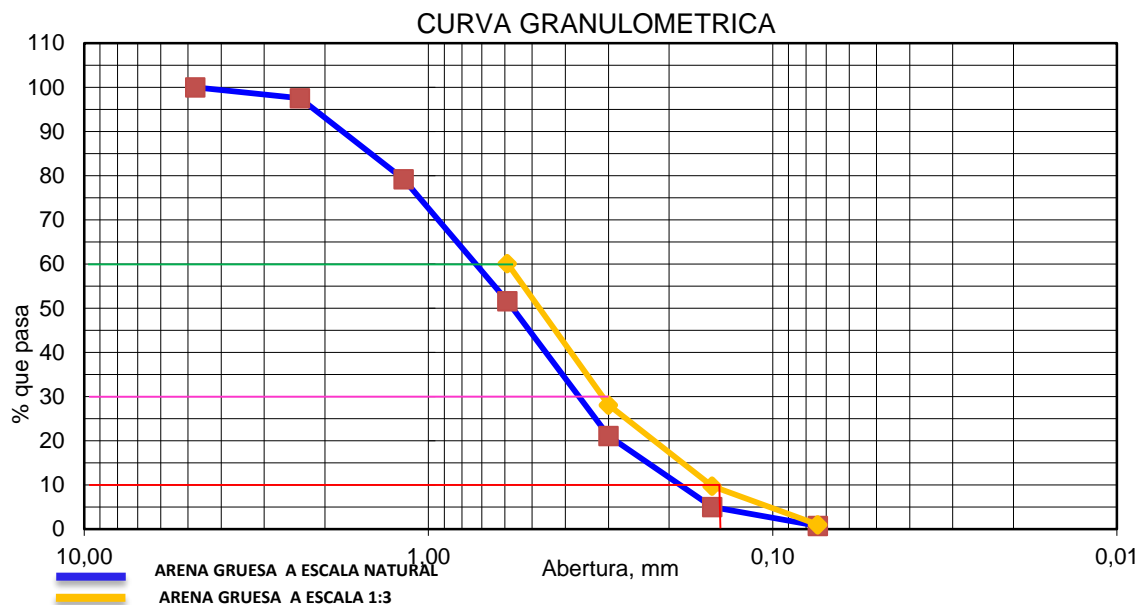


Gráfico N° 06. Curvas de Gradación Paralelas de la Arena Gruesa
Tabla N° 27. Coeficiente de Uniformidad y Coeficiente de Gradacion de la Arena Gruesa y la Arena Escalada.

	MATERIAL PREPARADO	MATERIAL PREPARADO ESCALADO
D60	0.725	0.590
D30	0.380	0.310
D10	0.185	0.155
CU	3.9	3.8
CC	1.1	1.1

4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS UNIDADES DE ABAÑILERÍA

4.3.1. ENSAYOS CLASIFICATORIOS

4.3.1.1. Ensayo de Alabeo:

Tabla N° 28. Ensayo de Alabeo de las Unidades de las Ladrilleras "Los Olivos" y "Los Alamos".

CARACTERISTICA		LADRILLERA "LOS OLIVOS"	LADRILLERA "LOS ALAMOS"
		ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL
Alabeo (mm)	Concavidad	2.10	2.00
	Convexidad	2.50	1.80

Tabla N° 29. Ensayo de Alabeo de las Unidades con Diferentes Porcentajes de ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

CARACTERISTICA		LADRILLERA "LOS OLIVOS"	LADRILLOS CON 10% CBCA	LADRILLOS CON 20% CBCA	LADRILLOS CON 30% CBCA
		ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL
Alabeo (mm)	Concavidad	2.10	1.90	1.80	2.10
	Convexidad	2.50	2.20	2.60	3.00

En las tablas N° 28 y 29 se puede observar que las unidades de albañilería no presentan un alabeo significativo por el contrario es bajo. Consideremos que esta característica es muy importante, a mayor alabeo

(concavidad o convexidad) del ladrillo conlleva a un aumento del espesor de la junta y puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacios en las zonas más alabeadas.

4.3.1.2. Ensayo de Variación Dimensional:

Tabla N° 30. Ensayo Variación Dimensional de las Unidades de las Ladrilleras "Los Olivos" y "Los Alamos"

CARACTERISTICA		LADRILLERA "LOS OLIVOS"		LADRILLERA "LOS ALAMOS"	
		ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA
Variacion dimensional (%)	Largo	0.31	2.64	0.66	1.72
	Ancho	0.94	4.69	1.47	3.27
	Altura	1.28	5.52	5.88	5.58

Tabla N° 31. Ensayo Variación Dimensional de las Unidades con Diferentes Porcentajes de ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

CARACTERISTICA		LADRILLERA "LOS OLIVOS"		LADRILLOS CON 10% CBCA		LADRILLOS CON 20% CBCA		LADRILLOS CON 30% CBCA	
		ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA
Variación dimensiona (%)	Largo	0.31	2.64	0.08	2.17	0.38	2.59	0.40	1.93
	Ancho	0.94	4.69	2.32	4.38	2.45	4.00	1.96	4.14
	Altura	1.28	5.52	0.63	5.45	1.02	5.62	0.23	5.55

Los ensayos de variación dimensional se realizaron tanto para las unidades de albañilería en escala natural como en los ladrillos a escala 1:3. Las unidades de albañilería a escala natural muestran porcentajes de variación pequeños, mientras que las unidades a escala presentan porcentajes de variación mucho mayores, tal y como se pueden observar en las tablas N°30 y 31. El porcentaje de variación de las unidades tiende a variar dependiendo del tipo de

molde que se emplee y el modo de elaboración de las unidades (influenceado por la experiencia del fabricante).

4.3.1.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión:

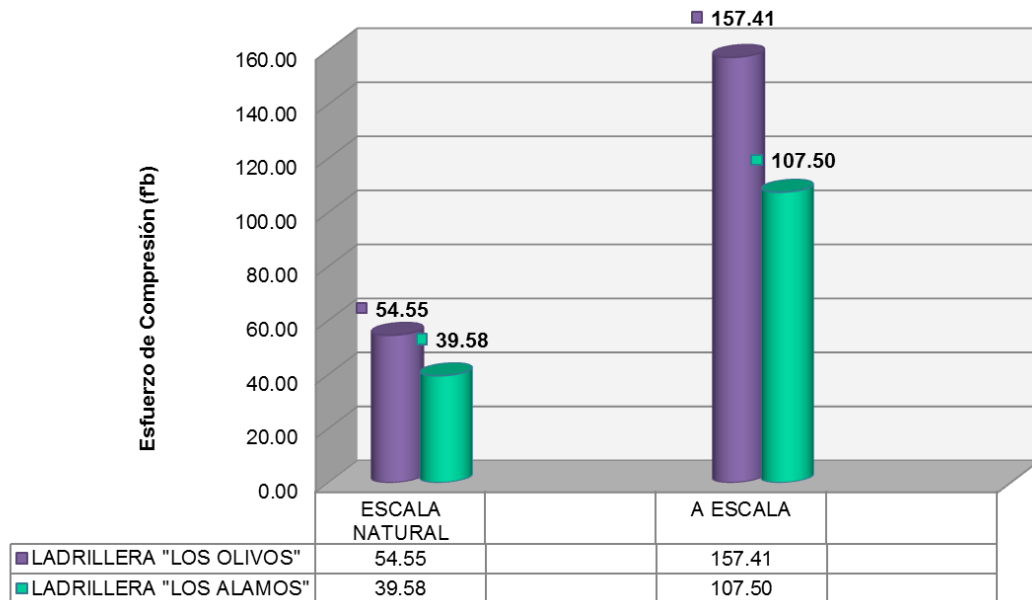


Gráfico N° 07. Comparación de Resistencias a la Compresión en Unidades Patrón de las Ladrilleras “Los Olivos y Los Álamos”

La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera “Los Olivos” (54.55 kg/cm^2) sobrepasa significativamente a las resistencias de las unidades de la ladrillera “Los Alamos” (39.58 kg/cm^2), cabe mencionar que se recogió información de parte del propietario de la ladrillera “Los Alamos”, que el material que los volquetes traen no cuentan con las propiedades idóneas, tal es el caso que la última producción de ladrillos fue fabricada con material que presentaba salitre. Por lo tanto nosotros inferimos que esa podría ser la causa de la baja resistencia de estas unidades. Si observamos las resistencias de las unidades elaboradas a escala 1:3 también se observa un notable desnivel “Los Olivos” (157.41 kg/cm^2) y “Los Alamos” (107.50 kg/cm^2). Estas unidades fueron elaboradas con los materiales de cada ladrillera

respectivamente. Por lo tanto se eligió las unidades de albañilería "Los Olivos" como especímenes patrón para su comparación con las unidades con CBCA.

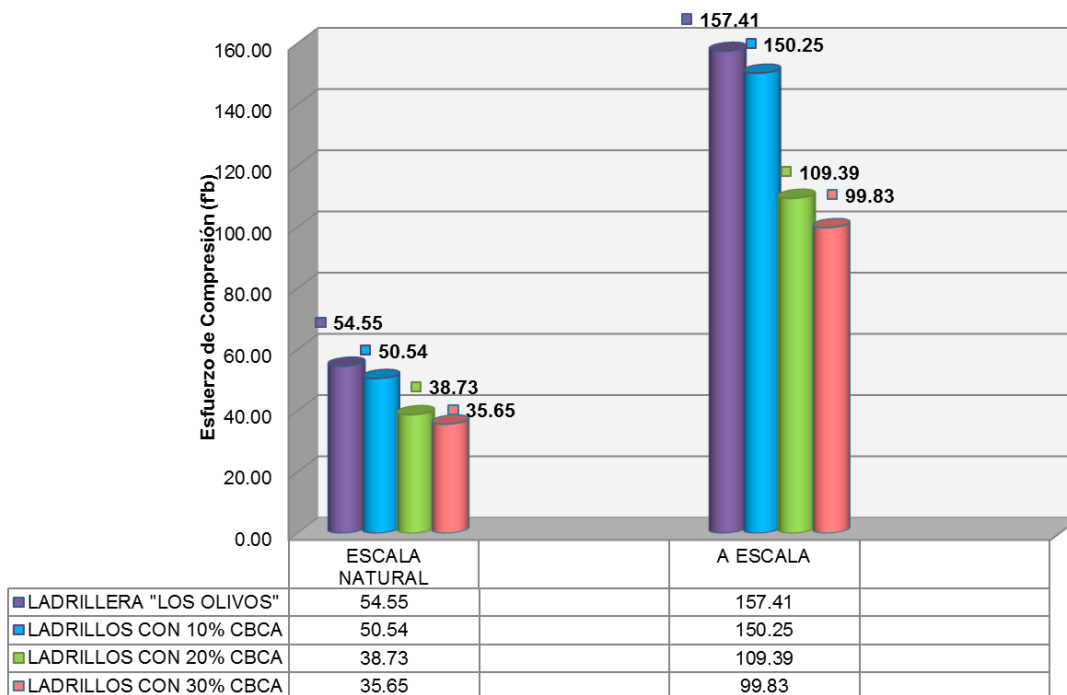


Gráfico N° 08. Comparación de Resistencias a la Compresión en Unidades con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).

En la gráfica se puede apreciar que a medida que aumenta la cantidad de CBCA en las unidades de albañilería, la resistencia disminuye. Solo para el 10% de CBCA se observa que la resistencia a la compresión de los ladrillos (50.54 kg/cm²) se mantiene similar a la resistencia de los especímenes patrón "Los Olivos" (54.55 kg/cm²). Entonces se puede inferir que a medida que la proporción de CBCA aumenta dentro del concreto para ladrillos, la resistencia de estas unidades disminuye.

Esta disminución de resistencia a la compresión también se puede observar en las unidades a escala 1:3. Haciéndose muy notoria en las unidades con 20% y 30% de CBCA, las que alcanzaron solo 109.39 kg/cm² y 99.83 kg/cm² frente a

157.41 kg/cm² que presentan los unidades de "Los Olivos" (unidades patrón) y 150.25 kg/cm² obtenida de las unidades con 10% de CBCA.

Tabla Nº 32. Resumen Resultado de los Ensayos Clasificatorios.

CARACTERISTICA		LADRILLERA "LOS OLIVOS"	LADRILLERA "LOS ALAMOS"	LADRILLOS CON 10% CBCA	LADRILLOS CON 20% CBCA	LADRILLOS CON 30% CBCA
		ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL	ESCALA NATURAL
Variación dimensional (mm)	Largo	0.31	0.66	0.08	0.38	0.40
	Ancho	0.94	1.47	2.32	2.45	1.96
	Altura	1.28	5.88	0.63	1.02	0.23
Alabeo (mm)	Concavidad	2.10	2.00	1.90	1.80	2.10
	Convexidad	2.50	1.80	2.20	2.60	3.00
Resistencia a compresion (kg/cm ²)		54.55	39.58	50.54	38.73	35.65

Finalmente como resultado del análisis de los ensayos clasificatorios; las unidades de albañilería de la ladrillera "Los Olivos" y las unidades con 10% de CBCA, se clasifican como Ladrillos de Tipo I, los respectivos valores obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión fueron determinantes para dicha clasificación, estas unidades fueron las únicas que alcanzaron un $f'c = 50$ kg/cm² como mínimo, tal y como manda la norma E-070. Los ladrillos con 20% y 30% de CBCA, así como las unidades de la ladrillera "Los Alamos" presentaron una resistencia a la compresión por debajo del mínimo establecido.

4.3.2. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS

4.3.2.1. Ensayo de Succión:

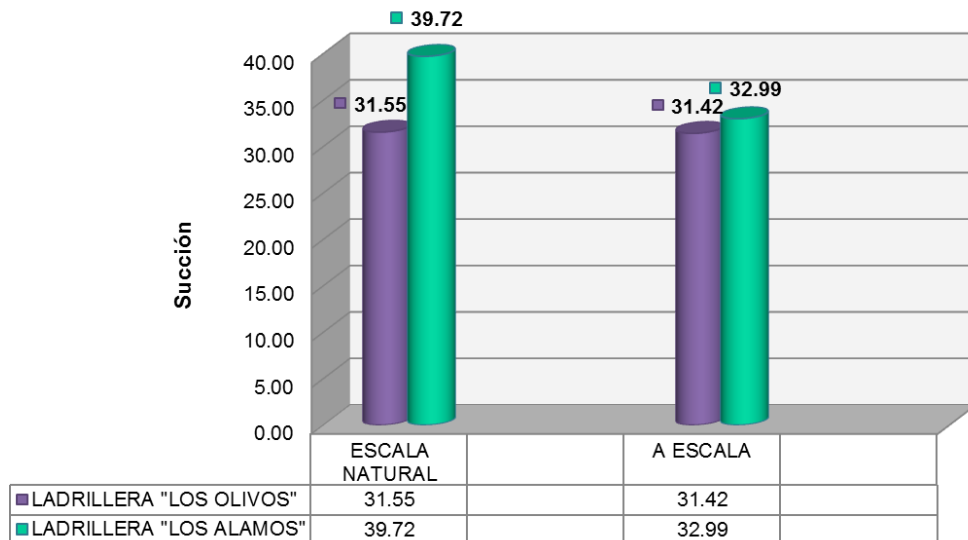


Gráfico N° 09. Comparación de Porcentajes de Succión en las Unidades de las Ladrilleras “Los Olivos” y “Los Álamos”

Las unidades de la ladrillera “Los Olivos” presentan una succión de 31.55 gr/cm²-min frente a 39.72 gr/cm²-min presentado por las unidades de la ladrillera “Los Alamos”. En las unidades a escala 1:3 también se observa una menor succión en las unidades de “Los Olivos” ante las unidades de “Los Alamos”, pero aquí es mucho menor la diferencia. Considerando que la succión es la capacidad de imbibición de agua por capilaridad mediante inmersión parcial del ladrillo. Esta debe estar comprendida entre 10 y 20 gr/cm²-min, se observa que las unidades de ambas ladrilleras no están dentro de este rango.

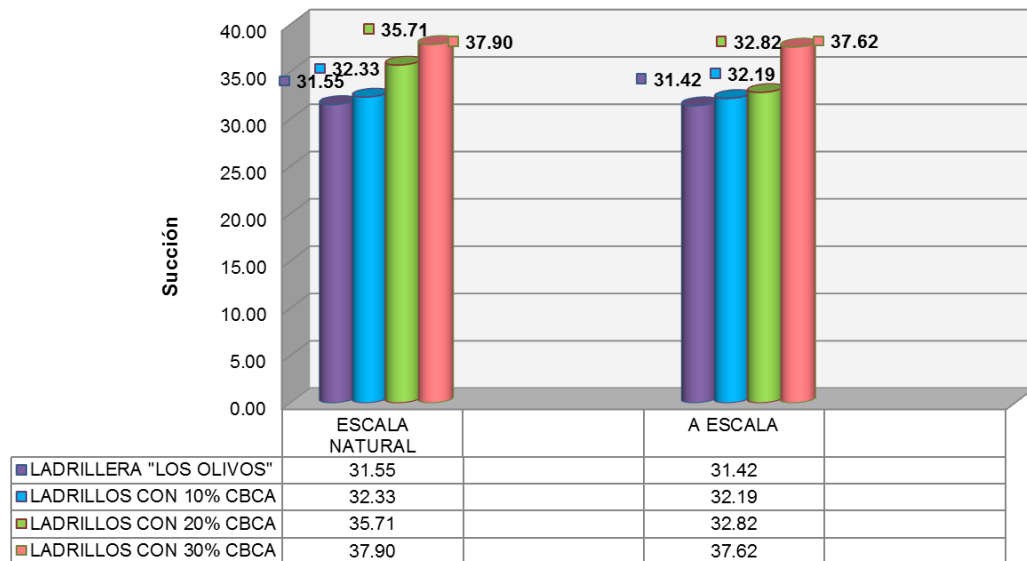


Gráfico N° 10. Comparación de Porcentajes de Succión en Unidades con Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar (CBCA)

El gráfico nos muestra que la succión aumenta a medida que la proporción de la CBCA aumenta, unidades patrón (31.55 gr/cm²-min), unidades con 10% CBCA (32.33 gr/cm²-min) la succión es similar pero esta fuera de los rangos permitidos 10 y 20 gr/cm²-min. Para las unidades con 20% y 30% de CBCA la succión sigue en aumento. De los resultados obtenidos se puede inferir que las unidades absorberán mayor cantidad de agua por tensión capilar cuando estas sean empleadas y podrían generar una deshidratación del mortero, es por ello que es aconsejable la práctica de sumergir brevemente en agua los ladrillos antes de su colocación y así no afectar la adherencia entre la unidad y mortero.

4.3.2.2. Ensayo de Absorción:

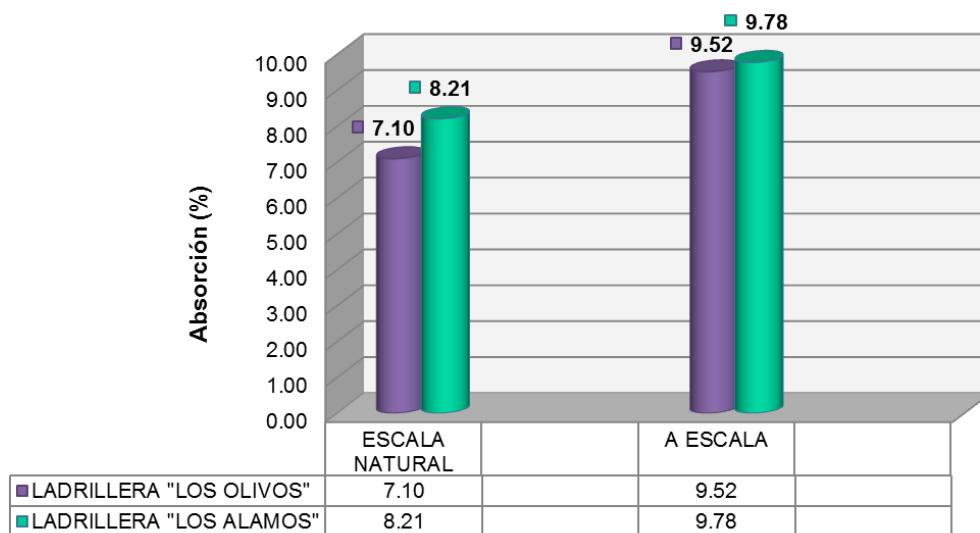


Gráfico N° 11. Comparación de Porcentajes de Absorción en Unidades de las Ladrilleras “Los Olivos” y “Los Álamos”.

Las unidades de albañilería de la ladrillera “Los Alamos” presenta un mayor porcentaje de absorción que las unidades de la ladrillera “Los Olivos”, lo que esta relacionado con los valores obtenidos en el ensayo de succión. Tanto la absorción como la succión son propiedades condicionadas por la porosidad. Por lo tanto las unidades con mayor capacidad de absorción son mucho mas porosas que aquellas con menor porcentaje de absorción. La absorción no debe sobrepasar del 22% y en la gráfica N°11 se puede observar que los porcentajes no sobrepasan este límite.

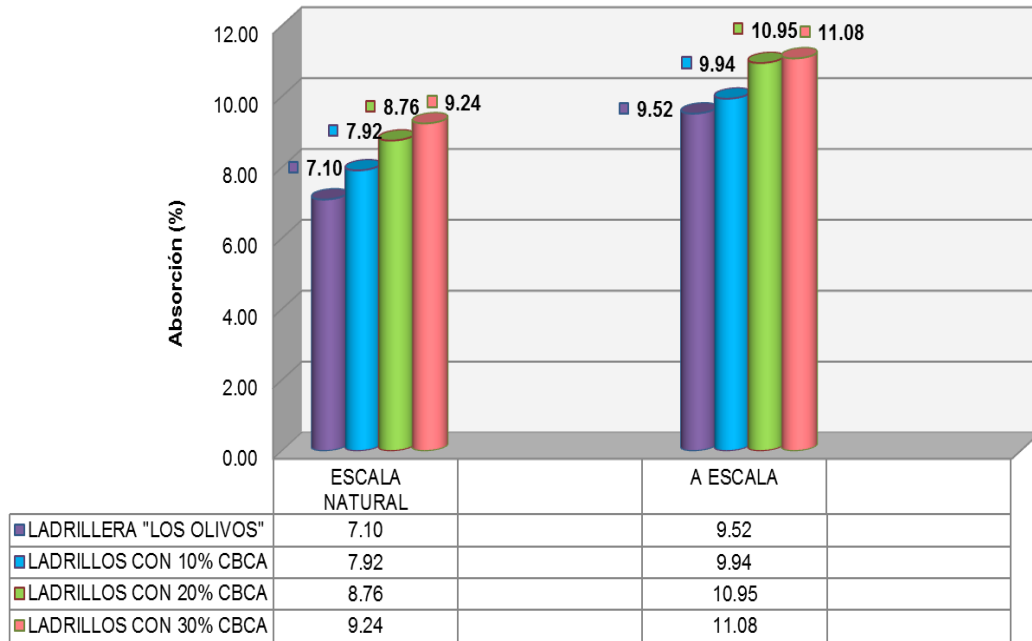


Gráfico N° 12. Comparación de Porcentajes de Absorción en Unidades con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)

La absorción en las unidades de albañilería con CBCA aumenta conforme va aumentando el porcentaje de CBCA, a mayor cantidad de CBCA mayor porosidad, la ceniza de bagazo de caña de azúcar genera pequeños huecos dentro de la mezcla, haciendo que las unidades aumenten su capilaridad y porosidad. Todas las unidades de albañilería presentan porcentajes de absorción menores al 22% que no se debe sobrepasar.

4.3.2.3. Ensayo de Densidad:

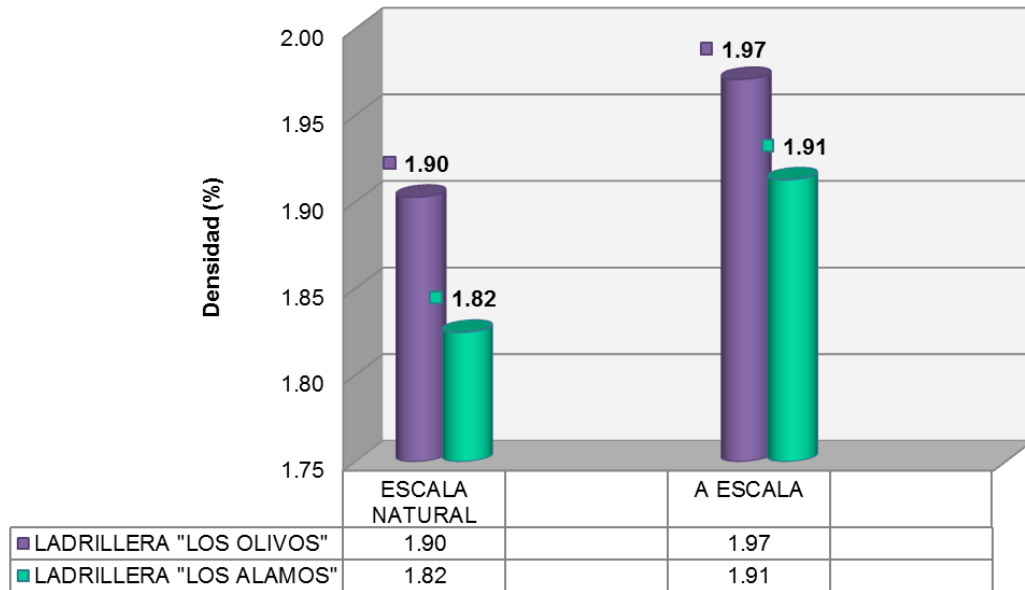


Gráfico N° 13. Comparación de Densidad en las Unidades de las Ladrilleras “Los Olivos” y “Los Álamos”.

El gráfico muestra que las unidades de albañilería de la ladrillera “Los Alamos” presenta menor densidad que las unidades de la ladrillera “ Los Olivos”. La densidad tiene una relación con la resistencia a la compresión a mayor densidad mayor resitencia, lo que se puede confirmar en el ensayo de compresión donde los ladrillos – “Los Olivos” presentaron mayor resistencia a la compresión que los ladrillos – “Los Alamos”.

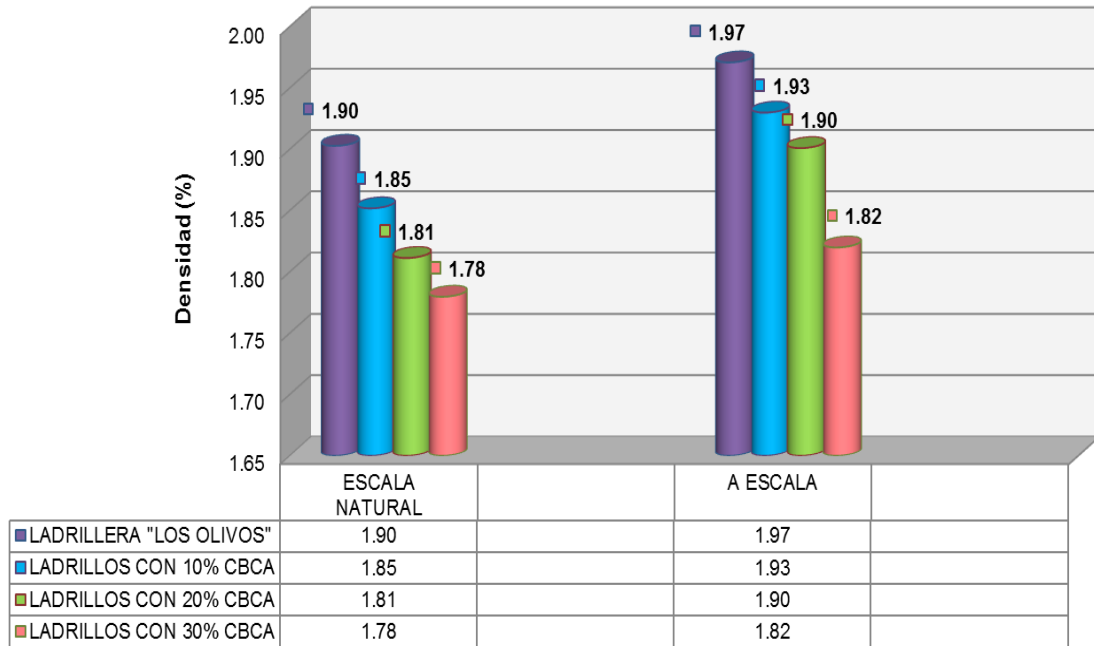


Gráfico N° 14. Comparación de Densidad en Unidades con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).

La cenizas en general son menos pesadas que el cemento, lo cual normalmente es una ventaja ya que como consecuencia, se obtendrían concretos más livianos. En la gráfica se observa que los ladrillos patrón – “Los Olivos” son mas densos que las unidades que contienen CBCA. Se observa también que a medida que la cantidad de CBCA en la aumenta en la mezcla la densidad disminuye, tal y como se observa en las unidades con 10%, 20% y 30% de CBCA.

Tabla Nº 33. Resumen Resultado de los Ensayos No Clasificatorios.

CARACTERISTICA	LADRILLERA "LOS OLIVOS"		LADRILLERA "LOS ALAMOS"		LADRILLOS CON 10% CBCA		LADRILLOS CON 20% CBCA		LADRILLOS CON 30% CBCA	
	ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA	ESCALA NATURAL	A ESCALA
Succión (gr/cm ² -min)	31.55	31.42	39.72	32.99	32.33	32.19	35.71	32.82	37.90	37.62
Absorción (%)	7.10	9.52	8.21	9.78	7.92	9.94	8.76	10.95	9.24	11.08
Porcentaje de ranuras (%)	49.20	20.92	41.85	24.89	48.24	21.97	47.90	21.47	47.89	21.11
Humedad (%)	2.49	2.65	3.50	2.87	3.38	2.62	3.04	2.61	3.24	2.77
Absorción Máxima (%)	9.97	11.13	9.92	13.23	10.17	9.98	11.12	11.97	11.20	12.22
Coefficiente de Saturación (%)	0.71	0.91	0.82	0.76	0.78	1.03	0.79	0.93	0.83	0.95
Densidad (%)	1.90	1.97	1.82	1.91	1.85	1.93	1.81	1.90	1.78	1.82

4.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PRISMAS: PILAS Y MURETES

4.4.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA (PILAS)

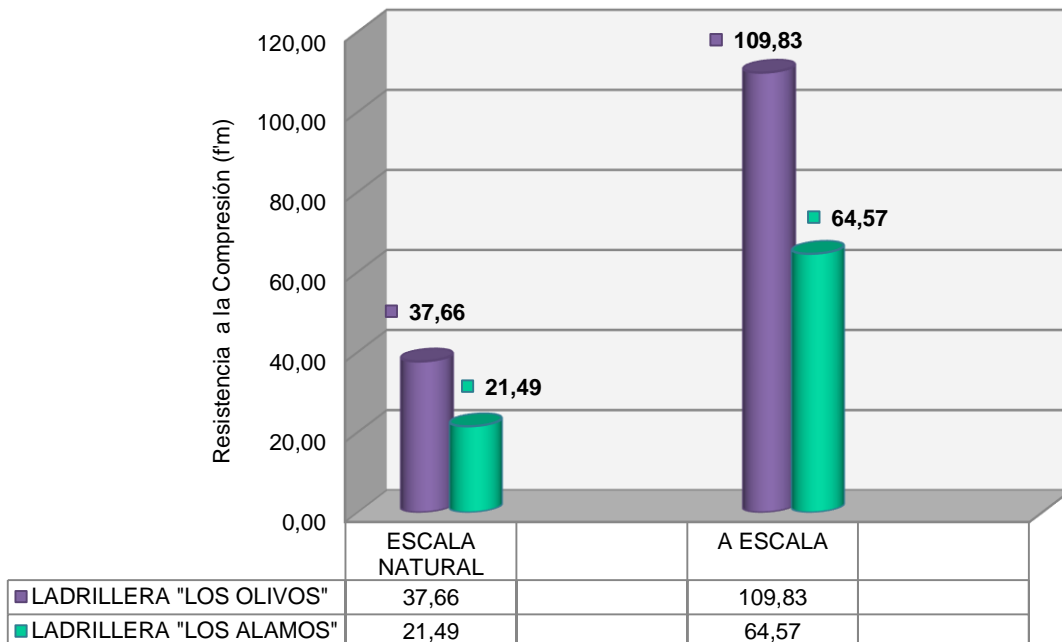


Gráfico N° 15. Comparación de Resistencias a la Compresión en Pilas. (Esfuerzo Último de Compresión) - Ladrilleras "Los Olivos" y "Los Álamos".

La falla en las pilas se produce por la interacción ladrillo-mortero. Al comprimirse la pila, el mortero que es menos rígido que el ladrillo, se expande lateralmente en mayor proporción, pero, como debe existir compatibilidad de desplazamientos laterales, se producirán tracciones laterales en el ladrillo que originan grietas verticales en la pila.

En la gráfica observamos que las pilas con ladrillos a escala natural - "Los Olivos" (37.66 kg/cm^2) presenta mayor resistencia a la compresión que las pilas con ladrillos a escala natural - "Los Alamos" (21.49 kg/cm^2). En las pilas elaboradas con ladrillos a escala 1:3 también se observa una gran variación de resistencias.

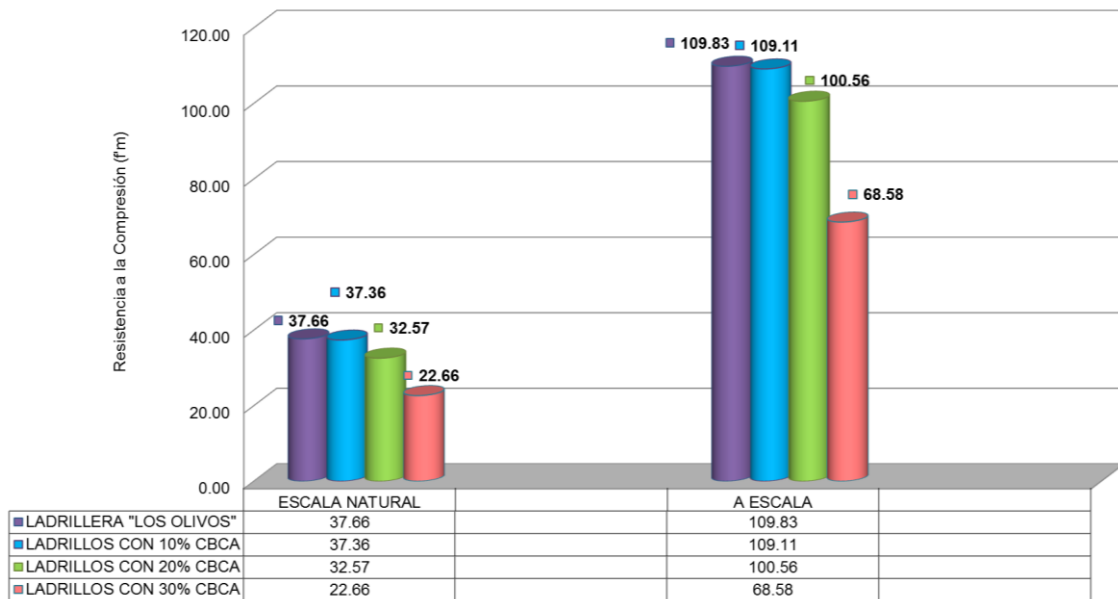


Gráfico N° 16. Comparación de Resistencias a la Compresión en Pilas con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA). (Esfuerzo Último de Compresión)

La resistencia de compresión en las pilas patrón "Los Olivos" (37.66 kg/cm²) es similar a la resistencia que presenta las pilas fabricadas con unidades de 10% de CBCA (37.36 kg/cm²). La gráfica muestra también que las pilas elaboradas con unidades con 20% (32.57 kg/cm²) y 30% (22.66 kg/cm²) de CBCA presentan menores resistencias a la compresión axial. Prismas ensayados a los 28 días.

4.4.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

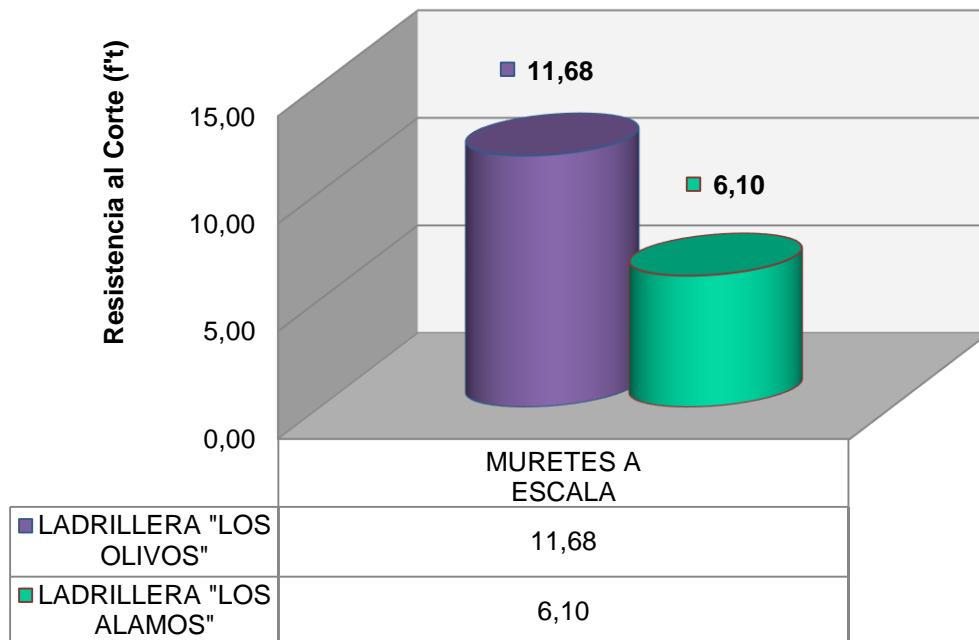


Gráfico N° 17. Comparación de Resistencias a la Compresión Diagonal en Muretes. (Esfuerzo Último al Corte) - Ladrilleras “Los Olivos” y “Los Álamos”.

La resistencia al corte de los muretes fabricados con ladrillos a escala 1:3 de la ladrillera “Los Olivos” (11.68 kg/cm²) poseen mayor resistencia al corte en comparación con los muretes elaborados con unidades a escala 1:3 de la ladrillera “Los Alamos” (6.10 kg/cm²), la resistencia al corte de los muretes esta relacionada con la adhesión que pueda presentar el mortero y la unidad de albañilería.

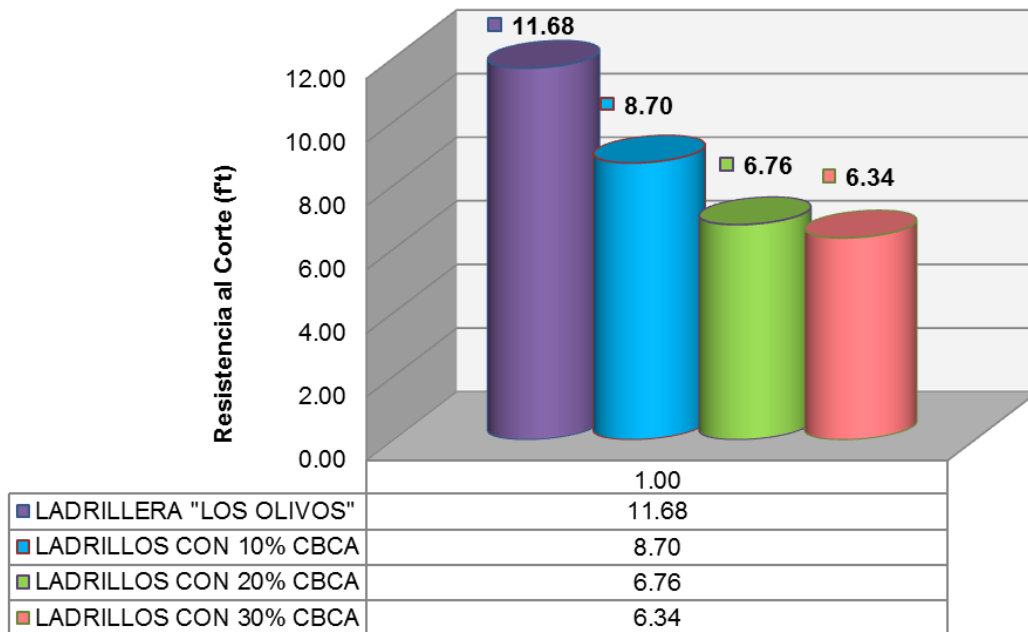


Gráfico N° 18. Comparación de Resistencias a la Compresión Diagonal en Muretes. (Esfuerzo Último al Corte)

Los muretes elaborados con unidades a escala 1:3 con las distintas dosificaciones de CBCA (10%CBCA – 8.70 kg/cm²), (20%CBCA – 6.76 kg/cm²), (10%CBCA – 6.34 kg/cm²) poseen menor resistencia al corte frente a la resistencia mostrada por los muretes elaborados con ladrillos a escala 1:3 sin CBCA - Ladrillera “Los Olivos” (11.68 kg/cm²).

V. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos demuestran que la sustitución del cemento Portland por los diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) utilizados (10%, 20% y 30%), no son los ideales para mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto, pero se obtuvo resultados similares a las unidades patrón con el uso del 10% de CBCA.
- Con respecto a los ensayos de resistencia a la compresión, se encontró que la sustitución parcial de CBCA por cemento, no fue benéfica en las unidades de albañilería con el 20% (38.73 kg/cm²) y 30%(35.65 kg/cm²) de CBCA , pues alcanzaron resistencias menores con respecto las unidades de albañilería patrón (54.55 kg/cm²) ("Ladrillera Los Olivos"). Sin embargo, las unidades de albañilería con un 10% de CBCA (50.54 kg/cm²) desarrolló una resistencia similar a las unidades patrón (54.55 kg/cm²).
- Las unidades de albañilería con CBCA tienden a ser menos densas que las unidades de albañilería patrón, a mayor porcentaje de CBCA utilizado menor densidad. Por ser una ceniza la CBCA causa porosidad y al ser menos pesada que el cemento, produce la disminución de la densidad.
- La absorción de las unidades de albañilería aumenta proporcionalmente al aumento del porcentaje de CBCA. La CBCA

aumenta la capilaridad en las unidades de albañilería. Por la naturaleza de ceniza de la CBCA y por la escasa humedad que posee absorbe cantidades superiores de agua.

- Se concluye que las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería están determinadas en su mayoría por el proceso de su fabricación.
- Los ladrillos de concreto fabricados actualmente en las ladrilleras artesanales de Nuevo Chimbote, se clasifican como unidades de clase I según la Norma Técnica E. 070 – RNE.
- El índice de puzolanidad es un factor determinante en la resistencia a la compresión de los concretos donde se empleen CBCA. Es un indicador de la reactividad resistente de la ceniza con el agua, cemento y cal. El índice de puzolanidad esta relacionado directamente a la fineza y al grado de calcinación de la ceniza.
- Las unidades a escala natural con 10% de CBCA empleadas en pilas, tuvieron mejor comportamiento frente a los esfuerzos de compresión axial a los que fueron expuestos, logrando una resistencia de compresión axial de 37.36 kg/cm² similar a la resistencia obtenida por los especímenes patrón "Ladrillera - Los Olivos" 37.66 kg/cm². La resistencia al corte que presentaron los muretes a escala 1:3 elaborados con unidades con 10% de CBCA (8.70 kg/cm²) fue menor que los obtenidos de los muretes patrón "Ladrillera - Los Olivos" (11.68 kg/cm²).

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe considerar la evaluación de este tipo de materiales de otros ingenios del país, cada ceniza de bagazo de caña de azúcar tiene diferentes propiedades.
- Se recomienda continuar la investigación con cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar con mayor tiempo de molienda.
- Los ensayos mecánicos deben ser realizados con una misma maquina de ensayo, para evitar variación en los resultados debido a periodos de descalibracion presentes en las maquinas según el laboratorio en el cual se emplean.
- Antes de la elaboración de los prismas se debe determinar el espesor de las juntas asi como la medida de las fracciones de unidades a emplear en el caso de los muretes de albañilería.
- Realizar la investigación de determinar los costos de producción de la CBCA refinada.
- Realizar los ensayos de compresión diagonal en muretes a escala real para obtener datos mas exactos y verosimiles.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. BIBLIOGRAFÍA

- San Bartolomé, Ángel (1998) Construcciones de Albañilería. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- González Martínez, O. (2006). Caracterización electroquímica de Concretos modificados con CBCA. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Veracruzana.
- Idalberto Águila, Milena Sosa. (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.
- Reyes Pozo, E. Casati Calzada, M. J. Gálvez Ruiz, Jaime C. (2008). Estudio Del Comportamiento Sismo-Resistente De Muros De Mampostería Encadenada Mediante Un Ensayo En Mesa. Materiales de construcción, ISSN 0465-2746, N°. 291, págs. 69-83.
- Reyes Pozo. E. (2008). Estudio experimental de la fisuración de la fábrica de ladrillo bajo solicitaciones de tracción y cortante en modelos reducidos. Materiales de construcción, ISSN: 0465-2746. Vol. 58, 291, 69-83.

- 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). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Veracruzana.
- Salvador Canales, E. (2006). Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe de Dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamientos de Concreto Armado (Tesis). Facultad de Ingeniería Civil. PUCP.
- San Bartolome Angel, QUIUN Daniel y Silva Wilson. (2011). Diseño y Construcción de Estructura Sismoresistentes de Albañilería. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Uriel Hernández, J.(2011). Comportamiento mecánico y físico del mortero a base de (CBCA) como árido en aplanados en muros (Tesis). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Veracruzana.
- NTP 334.045:2010 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 μm .
- NTP 334.051:2013 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

- NTP 334.055:2009 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica por el método de la cal.
- NTP 334.066:2013 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica utilizando cemento Portland.
- NTP 334.097:2006 CEMENTOS. Arena Normalizada. Requisitos.
- NTP 334.104:2011 CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones.
- NTP 334.104:2012 CEMENTOS. Adiciones minerales del cemento y concreto: puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Método de ensayo.
- NTP 399.601:2006 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de concreto. Requisitos.
- NTP 399.604:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
- NTP 399.605:2013 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.
- NTP 399.621:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

INFORME FOTOGRÁFICO

➤ ANÁLISIS DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR



Foto N°01: Ingenio Azucarero Cartavio, la ceniza de bagazo de caña de azucar es sacada en volquetes en estado húmedo y trasladada a los campos de cultivo .



Foto N°02: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar usada como fertilizante en los campos de cultivo de caña de azúcar.



Foto N°03: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) antes de ser puesta en el horno para su secado.

Foto N°04: Molienda de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) en la maquina de Abrasión Los Angeles, esta se realizo con las 12 bolas de acero. Se dió 20 mil vueltas a cada 5 kilogramos de CBCA.



Foto N°05: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) después del proceso de secado y molienda, lista para la realización de los ensayos respectivos.

Foto N°06: Realización del pesaje respectivo de la CBCA, para la obtención del contenido de humedad.



Foto N°07: Realización del ensayo de finura a la CBCA, mediante el tamizado húmedo, con tamiz N° 325.

Foto N°08: Elaboración de cubos de mortero para la obtención del Índice de Actividad Puzolánica. Metodo cemento Portland.

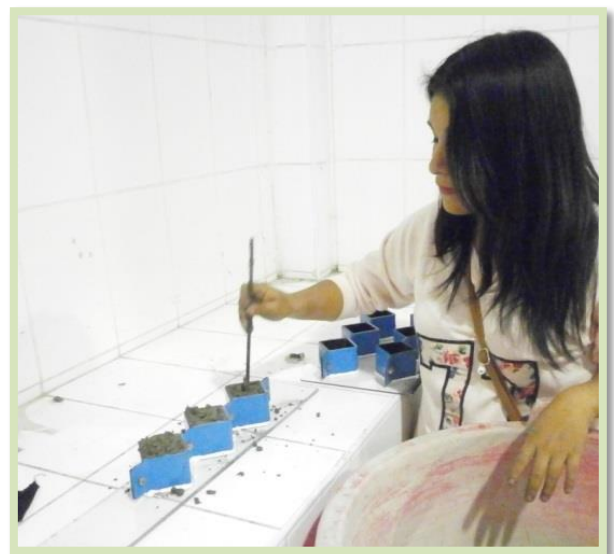




Foto N°09: Desencofrado de cubos de mortero. Después de 24 horas de su llenado. (Ensayo de Índice de Actividad Puzolanica)

Foto N°10: Curado de cubos de mortero, después de 24 horas de su llenado. Se mantuvieron en curado hasta el día de su respectiva roturas.



Foto N°11: se elaboraron 3 tandas de cubos de mortero, cada tanda estaba constituida por tres cubos de mortero patrón y tres cubos de mortero con CBCA.

Foto N°12: El ensayo de esfuerzo a compresión se realizó a los 3, 7, 14 y 28 días.



➤ **ANÁLISIS DE MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS**



Foto N°13: Proceso de selección de muestra representativa del agregado global mediante los procesos de cuarteo. (Material Ladrillera Los Alamos)

Foto N°14: Se efectuó el análisis granulométrico del agregado global y de la arena fina de las ladrilleras Los Alamos y Los Olivos.





Foto N°15: Se cálculo el contenido de humedad de los agregados de las ladrilleras Los Alamos y Los Olivos. Asi como de la arena empelada para el mortero.

Foto N°16: El porcentaje de Absorción fue calculado con el material que paso la malla N° 4 en el caso del agregado global.



Foto N°17: se calculó el peso especifico del los agregados de ambas ladrilleras y de la arena empleada para el mortero.

Foto N°18: Se efectuaron los ensayos para la obtención del peso unitario suelto y compactado del agregado global de la ladrillera Los Alamos y Los Olivos



➤ **PROCESO DE ELABORACIÓN DE LADRILLOS CON CBCA EN CAMPO**



Foto N°19: El agregado global es zarandeado, para separar las partículas de tamaños mayores a 2 pulgadas.

Foto N°20: Los agregados para la mezcla fueron pesados según las dosificaciones.





Foto N°21: Se pesó la cantidad de CBCA para cada dosificación.

Foto N°22: La CBCA fue mezclada previamente con el cemento Portland Tipo I, para evitar perdidas y para que se logre una correcta homegenización.



Foto N°23: Mediante una lampa se procede a realizar el mezclado de los materiales antes de agregar el agua, debe estar homegenizada.



Foto N°24: El agua empleada para la mezcla es agua potable, libre de material orgánico.

Foto N°25: Con la mezcla ya preparada se procede al llenado de los moldes de ladrillos mediante una lampa. Luego con una cuña y una comba se procede a compactar.



Foto N°26: Previo al tendido de los ladrillos se prepara la superficie sobre la cual se asentaran las unidades, esta debe estar nivelada y esparcida sobre ella arena fina.

Foto N°27: El tendido de los ladrillos se realizara sobre una superficie nivelada y libre, que a la vez permita tener a las unidades por el tiempo de su curado y la edad necesaria para poder ser almacenado.



Foto N°28: El primer curado de los ladrillos se realizó después de 3 horas de su tendido. Y se extendió por 3 días.

➤ **PROCESO DE ELABORACIÓN DE LADRILLOS A ESCALA CON CBCA EN LABORATORIO**



Foto N°29: La elaboración de ladrillos a escala, fue realizada con los materiales previamente escalados. El procedimiento fue el mismo que el usado en los ladrillos a escala natural.

Foto N°30: Se empleo las mismas dosificaciones que en los ladrillos a escala natural y con los mismos porcentajes de CBCA.



Foto N°31: Se hicieron 150 unidades a escala por cada dosificación.

➤ ENSAYOS CLASIFICATORIOS Y NO CLASIFICATORIOS DE LOS

LADRILLOS



Foto N°32: El ensayo de variación dimensional se realizó a 10 unidades. Se realizó con un vernier y una regla metálica.

Foto N°33: Tanto a los ladrillos a escala como los ladrillos a tamaño normal fueron medidos para saber cual es su variación dimensional.



Foto N°34: Se realizó la prueba de alabeo a los ladrillos de escala natural. Los ladrillos a escala no presentarn alabeo.

Foto N°35: se realizó el capeado de los ladrillos un día antes de la rotura de las unidades.



Foto N°36: Rotura de los ladrillos a escala natural, para encontrar el esfuerzo a compresión de estas unidades.

Foto N°37: Se realizó la rotura de los ladrillos a escala.





Foto N°38: Se calculó el contenido de humedad de los ladrillos a tamaño natural así como los escalados.

Foto N°39: Se realizó el ensayo de succión a cada 5 unidades. Estas fueron colocadas en una bandeja con agua por 1 minuto, posteriormente fue retirada y pesada.



Foto N°40: Los ladrillos escalados también fueron sometidos a la prueba de succión.

Foto N°41: Se colocó los ladrillos dentro de un recipiente con agua por 24 horas, para calcular su porcentaje de absorción.





Foto N°42: Se realizó el pesaje de las unidades sumergidas para obtención de la densidad.

Foto N°43: Los ladrillos a escala también fueron pesados sumergidos, para obtener su densidad.



Foto N°44: Para la realización de la prueba de eflorescencia se empelaron 6 unidades, de las cuales 3 fueron colocadas en un recipiente con 2.5 cm de agua.

Foto N°45: Cinco ladrillos fueron hervidos por 5 horas para poder calcular la Absorción Máxima.



➤ ELABORACIÓN DE PILAS Y MURETES



Foto N°46: Para poder obtener a resistencia a la compresión axial de la albañilería se elaboraron pilas tanto a tamaño natural como a escala.

Foto N°47: Se elaboraron muretes a escala 1:3 para la obtención de la resistencia al corte de la albañilería. Estos muretes tuvieron unas dimensiones de (20x20 cm) aproximadamente.



➤ **ENSAYOS DE COMPRESION AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL DE PILAS Y MURETES**



Foto N°48: Se ensayaron las pilas a escala y a tamaño natural para obtener el esfuerzo a la compresión axial de la albañilería, estas fueron rotas a los 28 días de su elaboración.



Foto N°49: Se ensayaron los a escala con unas dimensiones de 20x20 cm aproximadamente, con el fin de hallar la resistencia al corte de la albañilería, estas fueron rotas a los 28 días de su elaboración.



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Servicio Nacional de
Capacitación para la Industria
de la Construcción - SENCICO

"AÑO DE LA PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y DEL COMPROMISO CLIMÁTICO"

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE SENCICO
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

EXPEDIENTE N° : 68322 - 01 - 2014
PETICIONARIO : JARA RODRÍGUEZ RUTH HAYDEE
ATENCIÓN : SRTA. RUTH JARA RODRÍGUEZ
PROYECTO : UTILIZACIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)
COMO SUSTITUTO PORCENTUAL DEL CEMENTO EN LA ELABORACIÓN
DE LADRILLOS DE CONCRETO.
UBICACIÓN : NUEVO CHIMBOTE
FECHA DE RECEPCIÓN : SAN BORJA, 09 DE JULIO DEL 2014
FECHA DE CANCELACIÓN : SAN BORJA, 09 DE JULIO DEL 2014 (FACT. No. 040-038503)
FECHA DE EMISIÓN : SAN BORJA, 16 DE JULIO DEL 2014

INFORME (PÁGINA 1 DE 1)

Código : NTP 334.005:2011
Título : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento Portland.

Código : ASTM C 188 : 2009
Título : Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement.

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD (gr/mL)
Material Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	2.08

Nota : A Solicitud del peticionario, se utilizo como referencia la norma citada, para la realización del presente ensayo.

OBSERVACIONES:

- _Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- _El cliente proporciono al laboratorio la muestra a granel.
- _El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004: 1993).

Equipo Utilizado :

- _Balanza Utilizada : GP - 20K ,Calibrada con Metroil (Certificado de Calibración N° MC - 0031 - 2014)

TÉCNICO LAC-LEM : J.B.S

P.CH


ING. PATRICIA MESTANZA ACOSTA
Jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales (e)



INFORME DE ENSAYO**ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX) DE UNA MUESTRA****Para:****ROCIO DENISE PALACIOS AMBROCIO****Aprobado por:****Jefe de Laboratorio:** Erika Gabriel

Informe de Ensayo No: IL-003ES0014LB-000-50-0087			
REV	EDICION	EMITIDO PARA	FECHA
0	Primera	Información	03-Jun-14
Descargo de Responsabilidad: Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce.			

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	3
II. ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX).....	4
MUESTRA Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)	4

I. INTRODUCCION

A solicitud de la señorita Rocio Denise Palacios Ambrocio (domiciliada en Jr. Emancipación MZA.J Lote .3 A.H. - San Miguel), se ha realizado el Análisis Químico por Fluorescencia de Rayos X (FRX) de una muestra.

La muestra se declaró como ceniza de bagazo de caña de azúcar, encontrándose seca y en cantidad apropiada para el análisis a realizar. Fue recibida el 16 de mayo del presente año.

En el análisis químico por FRX se realizó la determinación semicuantitativa de los elementos desde el sodio ($Z=11$) al uranio ($Z=92$), los cuales fueron reportados como óxidos considerando la conversión estequiométrica por cada elemento. Los elementos que no se reportan no han sido detectados por el equipo, debido a que se encuentran por debajo del límite de detección del elemento respectivo. El método de preparación aplicado a la muestra fue pastilla prensada. Se reporta la pérdida por calcinación (LOI) de la muestra analizada.

II. ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)**INFORME DE ANÁLISIS**

Solicitado por : Srta. Rocio Palacios
Orden de Trabajo N° : OTL-003ES0014LB-000-50-094
Fecha de ensayo : 23-05-14
Fecha de emisión : 02-06-14

RESULTADO DE ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X**MUESTRA Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)****Análisis Químico
Semicuantitativo Standarless**

Fórmula	%
SiO₂	58.760
Al₂O₃	5.950
K₂O	4.021
CaO	3.547
Fe₂O₃	2.463
MgO	1.420
P₂O₅	1.360
SO₃	0.392
Na₂O	0.380
TiO₂	0.324
MnO	0.043
ZnO	0.027
Cr₂O₃	0.025
SrO	0.024
CuO	0.016
ZrO₂	0.014
Rb₂O	0.005
LOI	21.200

OBSERVACIONES:

- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de BISA.
- %: Porcentaje masa-masa (g/g)
- ppm: Relación masa-masa ($\mu\text{g/g}$)

CONDICIONES DE OPERACIÓN y ANÁLISIS:

Equipo:	ESPECTROFOTOMETRO
Ánodo	Rh (150 mADC, 4kW)
Temperatura de ambiente:	24 °C
Colimadores:	0.23° y 0.46°
Cristales:	PET, LIF200, XS-55, LIF220 y Ge
Detectores:	Contador de Centelleo y de Flujo

INFORME DE ENSAYO**ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)
DE UNA MUESTRA****Para:****ROCIO DENISE PALACIOS AMBROCIO****Aprobado por:****Jefe de Laboratorio:** Erika Gabriel

Informe de Ensayo No: IL-003ES0014LB-000-50-0126			
REV	EDICION	EMITIDO PARA	FECHA
0	Primera	Información	18-Jul-14
Descargo de Responsabilidad: Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce.			

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	3
II. ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX).....	4
MUESTRA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA)	4
III. ANEXOS.....	5

I. INTRODUCCION

A solicitud de la señorita Rocio Denise Palacios Ambrocio, con domicilio en Jr. Emancipación Mz. J Lote. 3 A.H - San Miguel, se ha realizado el Análisis Químico por Fluorescencia de Rayos X (FRX) de una muestra.

La muestra se recibió como material de ceniza de bagazo de caña de azúcar, encontrándose seca y en cantidad apropiada para los análisis a realizar. Fue recepcionada el nueve de Julio del presente año.

En el análisis químico por FRX se realizó la determinación semicuantitativa de los elementos desde el sodio ($Z=11$) al uranio ($Z=92$), los cuales fueron reportados como óxidos considerando la conversión estequiométrica por cada elemento. Los elementos que no se reportan no han sido detectados por el equipo, debido a que se encuentran por debajo del límite de detección del elemento respectivo. El método de preparación aplicado a la muestra fue pastilla prensada. Se reporta la pérdida por calcinación (LOI) de la muestra analizada.

II. ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)**INFORME DE ANÁLISIS**

Solicitado por : Srta. Rocio Palacios
Orden de Trabajo N° : OTL-003ES0014LB-000-50-135
Fecha de ensayo : 16-07-2014
Fecha de emisión : 16-07-2014

RESULTADO DE ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X**MUESTRA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA)****Análisis Químico
Semicuantitativo Standarless**

Fórmula	%
SiO ₂	62.440
Al ₂ O ₃	5.510
K ₂ O	3.555
CaO	3.410
Fe ₂ O ₃	3.154
MgO	1.320
P ₂ O ₅	1.090
SO ₃	0.613
Na ₂ O	0.499
TiO ₂	0.327
Cr ₂ O ₃	0.053
MnO	0.051
ZnO	0.030
SrO	0.026
CuO	0.025
ZrO ₂	0.018
Rb ₂ O	0.005
LOI	17.900

OBSERVACIONES:

- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de BISA.
- %: Porcentaje masa-masa (g/g)
- ppm: Relación masa-masa (µg/g).

III. ANEXOS

CONDICIONES DE OPERACIÓN y ANÁLISIS FRX:

Equipo:	ESPECTROFOTÓMETRO
Ánodo:	Rh (150 mADC, 4kW)
Temperatura de ambiente:	24 °C
Colimadores:	0.23° y 0.46°
Cristales:	PET, LIF200, XS-55, LIF220 y Ge
Detectores:	Contador de Centelleo y de Flujo