

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza  
de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de  
Pucalá, Chiclayo, Lambayeque**

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

**AUTOR**

**Carlos Eduardo Chero Sanchez**

**ASESOR**

**Manuel Alejandro Borja Suarez**

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>

**Chiclayo, 2023**

**Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque**

PRESENTADA POR:

**Carlos Eduardo Chero Sanchez**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR:

Cesar Eduardo Cachay Lazo

PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza

SECRETARIO

Manuel Alejandro Borja Suarez

VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, quién me ha brindado sabiduría para poder llevar a cabo mi carrera universitaria y para poder alcanzar mis metas trazadas.

A mis padres Graciela y Juan, que siempre me han apoyado no sólo económicamente sino también inculcándome valores y buenas enseñanzas para poder llevar a cabo mi formación académica y tener un buen futuro profesional.

A mis hermanas Claudia y Giovanna, que me han apoyado siempre alentándome a seguir adelante y aconsejándome para tener un buen futuro.

## **Agradecimientos**

A mi asesor el Ing. Manuel Borja Suárez por guiarme en la realización de mi proyecto de investigación.

A los docentes de mi casa de estudios, quienes me han brindado sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

A los amigos que me han apoyado a lo largo de mi carrera universitaria, académica y moralmente; como son Cinthia, Xiomara, Francisco, y especialmente Tíffany con quien he compartido conocimientos y experiencias en el desarrollo de nuestras investigaciones.

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

7%

2

[repositorio.uss.edu.pe](https://repositorio.uss.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

3

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

4

[repositorio.urp.edu.pe](https://repositorio.urp.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

5

[idoc.pub](https://idoc.pub)

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

7

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

8

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

1%

9

[repositorio.unj.edu.pe](https://repositorio.unj.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

# Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>14</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>15</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>19</b>
Antecedentes del problema .....	19
Bases teóricas – científicas .....	21
Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBC).....	21
Propiedades físicas de la CBC .....	21
Composición química de la CBC .....	22
La CBC como material puzolánico .....	22
Puzolana .....	22
Clasificación de las puzolanas.....	23
Cemento Portland .....	24
Tipos de cementos .....	24
Cementos puzolánicos.....	24
Concreto .....	25
Resistencia a la compresión del concreto.....	25
Permeabilidad del concreto .....	25
Absorción capilar del concreto.....	25
Porosidad de la pasta .....	25
Tipos de poros .....	25
Porosidad de los agregados .....	27
Material cementicio suplementario .....	27
Normativa.....	28
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>29</b>
Tipo de investigación .....	29
Diseño de investigación .....	29
Población, muestra, muestreo.....	29
Población y muestra .....	29
Criterios de selección .....	31
Operacionalización de variables.....	32
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
Técnicas.....	32

Instrumentos .....	32
Procedimientos .....	33
Preparación de la ceniza para usarse en el diseño .....	33
Ensayo para determinar la densidad del cemento (NTP 334.005) .....	33
Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.037) .....	34
Ensayo de contenido de humedad total evaporable del agregado por secado (NTP 339.127).....	34
Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso (NTP 400.021) .....	34
Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017) .....	34
Ensayo de contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea (NTP 339.152).....	34
Ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles en suelos y agua subterránea (NTP 400.042).....	34
Ensayo de resistencia al desgaste por abrasión en agregados en la máquina de los ángeles (NTP 400.019).....	35
Realización de probetas cilíndricas de concreto y curado.....	35
Ensayo de la determinación del slump en el concreto fresco (NTP 339.035) .....	36
Ensayo de temperatura del concreto (NTP 339.184) .....	36
Ensayo de peso unitario del concreto (NTP 339.080).....	36
Ensayo para determinar el contenido de aire en el concreto fresco, por el método de presión (NTP 339.080).....	36
Ensayo de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas (NTP 339.034).....	36
Ensayo de resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica (NTP 339.084).....	37
Ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto endurecido (NTP 339.187).....	37
Verificación del color del concreto con CBC .....	38
Estrategia de análisis de datos .....	38
Etapa I: Recopilación de información necesaria para la investigación .....	38
Etapa II: Obtención de los materiales .....	38
Etapa III: Ensayos y procedimientos realizados .....	38
Etapa IV: Análisis y procesamiento de resultados obtenidos .....	39
Aspectos éticos.....	39
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>40</b>
Resultados de procedimientos y ensayos realizados a la CBC .....	40
Recolección de la ceniza .....	40
Limpieza de la ceniza.....	41

Ensayo granulométrico de la CBC .....	41
Tamizado de la ceniza .....	42
Densidad de la CBC .....	43
Visualización de la CBC en microscopio.....	43
Resultados de los ensayos de laboratorio realizados los agregados.....	45
Análisis granulométrico del agregado grueso .....	45
Análisis granulométrico del agregado fino .....	46
Contenido de humedad del agregado grueso y fino .....	47
Grado de absorción y peso específico del agregado grueso y fino .....	47
Pesos unitarios volumétricos .....	49
Ensayo de contenido de sales solubles en el agregado grueso y fino .....	50
Ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles en el agregado grueso y fino.....	51
Ensayo de resistencia al desgaste en el agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles.....	52
Diseño de mezcla de concreto patrón.....	52
Incorporación de la CBC en el diseño de mezcla.....	54
Resultados de los ensayos de laboratorio realizados al concreto .....	55
Resultados de ensayos de asentamiento del concreto fresco.....	55
Resultados de ensayo de temperatura del concreto .....	56
Resultados de ensayos de peso unitario del concreto.....	57
Resultados de ensayos de contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión .....	58
Resultados de ensayos de resistencia a la compresión del concreto .....	59
Resultados de ensayos de resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral.....	64
Resultados de ensayos de densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido .....	66
Resultados de la verificación de color del concreto con CBC .....	68
Resultados del análisis comparativo económico entre el concreto convencional y el concreto con CBC .....	68
Discusión.....	72
Formas de recolección y quemado de CBC .....	72
Propiedades de la CBC.....	72
Propiedades de los agregado grueso y fino .....	72
Resistencia a la compresión del concreto.....	73
Resistencia a la tracción del concreto .....	74
Porcentaje de vacíos en el concreto endurecido.....	74
Evaluación del comportamiento del concreto con CBC .....	75

<b>Conclusiones .....</b>	<b>76</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>79</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>80</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>80</b>

## Lista de anexos

<b>Anexo N° 01: Hoja técnica de la CBC .....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo N° 02: Hoja de seguridad de la CBC .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo N° 03: Informe de laboratorio de ensayo de granulometría a la CBC .....</b>	<b>86</b>
<b>Anexo N° 04: Informe de laboratorio de ensayo de densidad de la CBC .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo N° 05: Informe de laboratorio de ensayos de los agregados y diseño de mezcla ..</b>	<b>90</b>
<b>Anexo N° 06: Informe de laboratorio de ensayo de resistencia a la compresión del concreto .....</b>	<b>113</b>
<b>Anexo N° 07: Informe de laboratorio de ensayo de ensayo de resistencia a la tracción del concreto .....</b>	<b>118</b>
<b>Anexo N° 08: Informe de laboratorio de ensayo de densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido .....</b>	<b>123</b>
<b>Anexo N° 09: Certificados de calibración de los equipos utilizados en los ensayos .....</b>	<b>128</b>

## Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> Composición química de la CBC, [1], [6] .....	22
<b>Tabla 2:</b> Tipos de cementos.....	24
<b>Tabla 3:</b> Muestras para ensayo de resistencia a la compresión del concreto .....	30
<b>Tabla 4:</b> Muestras para ensayo de resistencia a la tracción del concreto .....	30
<b>Tabla 5:</b> Muestras para ensayo de determinación de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto endurecido .....	30
<b>Tabla 6:</b> Muestras para ensayo de la medición del asentamiento del concreto.....	31
<b>Tabla 7:</b> Muestras para ensayo de determinación del contenido de aire en el concreto fresco, aplicando el método de presión .....	31
<b>Tabla 8:</b> Operacionalización de variables .....	32
<b>Tabla 9:</b> Variables intervinientes .....	32
<b>Tabla 10:</b> Granulometría de la CBC.....	42
<b>Tabla 11:</b> Datos para ensayo de la densidad de la CBC.....	43
<b>Tabla 12:</b> Datos del ensayo de granulometría del agregado grueso .....	45
<b>Tabla 13:</b> Datos del ensayo de granulometría del agregado fino .....	46
<b>Tabla 14:</b> Datos para ensayo de grado de absorción y peso específico del agregado grueso .	48
<b>Tabla 15:</b> Datos para ensayo de grado de absorción y peso específico del agregado fino.....	48
<b>Tabla 16:</b> Datos para el ensayo de peso unitario suelto seco del agregado grueso .....	49
<b>Tabla 17:</b> Datos para el ensayo de peso unitario suelto seco del agregado fino .....	49
<b>Tabla 18:</b> Datos para el ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso .....	50
<b>Tabla 19:</b> Datos para el ensayo de peso unitario compactado del agregado fino .....	50
<b>Tabla 20:</b> Datos y resultados del ensayo de sales solubles en el agregado grueso .....	51
<b>Tabla 21:</b> Datos y resultados del ensayo de sales solubles en el agregado fino.....	51
<b>Tabla 22:</b> Datos y resultados del ensayo de cloruros y sulfatos solubles en el agregado grueso .....	51
<b>Tabla 23:</b> Datos y resultados del ensayo de cloruros y sulfatos solubles en el agregado fino	52
<b>Tabla 24:</b> Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra .....	52
<b>Tabla 25:</b> Dosificación en peso de la mezcla de concreto patrón .....	53
<b>Tabla 26:</b> Dosificación en volumen de la mezcla de concreto patrón.....	53
<b>Tabla 27:</b> Materiales por metro cúbico en condiciones húmedas para las muestras con y sin CBC.....	54
<b>Tabla 28:</b> Dosificación en peso para las muestras con y sin CBC .....	54
<b>Tabla 29:</b> Resultados de asentamiento para la mezcla patrón.....	55
<b>Tabla 30:</b> Resultados de asentamiento para la mezcla patrón con 6% de CBC.....	55
<b>Tabla 31:</b> Resultados de asentamiento para la mezcla patrón con 12% de CBC.....	55
<b>Tabla 32:</b> Resultados de asentamiento para la mezcla patrón con 18% de CBC.....	55
<b>Tabla 33:</b> Resultados de ensayo de temperatura para cada muestra .....	56
<b>Tabla 34:</b> Datos de peso unitario de la muestra de concreto patrón.....	57
<b>Tabla 35:</b> Datos de peso unitario del concreto patrón con 6% de CBC.....	57
<b>Tabla 36:</b> Datos de peso unitario del concreto patrón con 12% de CBC.....	57
<b>Tabla 37:</b> Datos de peso unitario del concreto patrón con 18% de CBC.....	57
<b>Tabla 38:</b> Resultados de contenido de aire del concreto fresco .....	59
<b>Tabla 39:</b> Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón.....	60
<b>Tabla 40:</b> Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón con 6% de CBC...	60
<b>Tabla 41:</b> Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón con 12% de CBC.	60
<b>Tabla 42:</b> Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón con 18% de CBC.	61

<b>Tabla 43:</b> Resultado de la resistencia a la tracción por compresión diametral para las muestras con y sin CBC .....	64
<b>Tabla 44:</b> Resultados del ensayo de densidad, absorción y porcentaje de vacíos para las muestras de concreto endurecido con y sin CBC .....	66
<b>Tabla 45:</b> Análisis de costo unitario para la recolección de la CBC .....	69
<b>Tabla 46:</b> Análisis de costo unitario para la limpieza y tamizado de la CBC .....	69
<b>Tabla 47:</b> Cálculo del precio unitario de la CBC .....	70
<b>Tabla 48:</b> Análisis de costo unitario para una partida de concreto convencional .....	70
<b>Tabla 49:</b> Análisis de costo unitario para una partida de concreto con 6% de CBC.....	71
<b>Tabla 50:</b> Comparación de las características del agregado grueso entre esta investigación y la de [10].....	72
<b>Tabla 51:</b> Comparación de las características del agregado fino entre esta investigación y la de [10] .....	73
<b>Tabla 52:</b> Porcentaje real para la resistencia a la compresión de la investigación de [10] .....	74

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Clasificación de las puzolanas [9] .....	23
<b>Figura 2:</b> Frasco de Le Chatelier con CBC y kesorene.....	33
<b>Figura 3:</b> Moldeo de probetas cilíndricas de concreto .....	35
<b>Figura 4:</b> Curado de probetas .....	35
<b>Figura 5:</b> Probeta posicionada para ensayo de tracción .....	37
<b>Figura 6:</b> Muestra para ensayo de porcentaje de vacíos.....	38
<b>Figura 7:</b> CBC en botadero informal de la empresa agroindustrial .....	40
<b>Figura 8:</b> Ubicación de botadero cercano al distrito de Pucalá.....	40
<b>Figura 9:</b> Elección de tamiz óptimo para limpieza .....	41
<b>Figura 10:</b> Curva granulométrica de la CBC .....	42
<b>Figura 11:</b> Muestra de CBC .....	43
<b>Figura 12:</b> Muestra de cemento junto a la muestra de CBC .....	43
<b>Figura 13:</b> Mezcla de CBC y agua.....	44
<b>Figura 14:</b> Mezcla de CBC y agua sin reacción.....	44
<b>Figura 15:</b> Mezcla de cemento y agua .....	44
<b>Figura 16:</b> Mezcla de cemento y agua reaccionando .....	44
<b>Figura 17:</b> Mezcla de cemento y CBC sin agua.....	45
<b>Figura 18:</b> Mezcla de cemento, CBC y agua .....	45
<b>Figura 19:</b> Curva granulométrica del agregado grueso.....	46
<b>Figura 20:</b> Curva granulométrica del agregado fino .....	47
<b>Figura 21:</b> Comparación de resultados del ensayo de asentamiento.....	56
<b>Figura 22:</b> Comparación del peso unitario del concreto .....	58
<b>Figura 23:</b> Medidor tipo B (Olla Washington) .....	58
<b>Figura 24:</b> Comparación del contenido de aire del concreto fresco.....	59
<b>Figura 25:</b> Comparación entre $f'_c$ teórico y $f'_c$ patrón.....	61
<b>Figura 26:</b> Comparación de porcentaje de $f'_c$ teórico y $f'_c$ patrón .....	62
<b>Figura 27:</b> Comparación de la resistencia a la compresión entre las muestras con CBC y la patrón.....	62
<b>Figura 28:</b> Porcentajes de la resistencia a la compresión respecto al $f'_c$ patrón para las muestras con CBC .....	63
<b>Figura 29:</b> Resistencia a la compresión a la edad de 28 días para muestras con y sin CBC ..	64
<b>Figura 30:</b> Comparación de la resistencia la tracción a la edad de 28 días para las muestras con y sin CBC .....	65
<b>Figura 31:</b> Resultados de la densidad global seca.....	66
<b>Figura 32:</b> Resultados de la absorción después de la inmersión en agua.....	67
<b>Figura 33:</b> Resultados del volumen de vacíos en el concreto endurecido con y sin CBC.....	67
<b>Figura 34:</b> Visualización de la parte expuesta del concreto para las muestras con y sin CBC .....	68
<b>Figura 35:</b> Visualización de la parte interna del concreto para las muestras con y sin CBC..	68

## Resumen

En la presente investigación se planteó utilizar la ceniza de bagazo de caña, proveniente de una empresa agroindustrial azucarera, como material cementicio suplementario, en reemplazo parcial del cemento en porcentajes de 6%, 12% y 18%, en la elaboración de muestras de concreto  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , evaluando las propiedades mecánicas, de resistencia a la compresión a la edad de 7, 14 y 28 días, resistencia a la tracción a los 28 días; así como las propiedades físicas de densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido a la misma edad de 28 días; además se evaluaron también las propiedades del concreto en estado fresco. Para poder evaluar si la ceniza influía de manera positiva en el concreto se comparó una muestra de concreto convencional y otras muestras por cada porcentaje correspondiente.

Una vez realizados los ensayos pertinentes se tuvo como resultado para la resistencia a la compresión que las muestras con ceniza en su composición descendieron en un 4% para el porcentaje menor, 11% para el intermedio y 21% para el mayor respecto a la muestra convencional; en cuanto a la resistencia a la tracción ocurrió una disminución de esta a mayor porcentaje de ceniza. Otra propiedad evaluada fue el porcentaje de vacíos en su estado endurecido el cual para las muestras con ceniza aumentó su porosidad.

En conclusión, la ceniza de bagazo de caña no tuvo un comportamiento de material cementicio suplementario, ni puzolánico, pues no optimizó las propiedades del concreto estudiadas.

**Palabras clave:** ceniza, bagazo, caña, concreto y cementicio.

## Abstract

In the present investigation it was proposed to use the ash of cane bagasse, from an agro-industrial sugar company, as supplementary cementitious material, in partial replacement of the cement in percentages of 6%, 12% and 18%, in the elaboration of concrete samples  $f=c = 175$  Kg/cm<sup>2</sup>, evaluating the mechanical properties, compressive strength at the age of 7, 14 and 28 days, tensile strength at 28 days; as well as the physical properties of density, absorption and percentage of voids in hardened concrete at the same age of 28 days; in addition, the properties of fresh concrete were also evaluated. In order to assess whether the ash had a positive influence on the concrete, a conventional concrete sample and other samples were compared for each corresponding percentage.

Once the relevant tests were carried out, the result for the compressive strength was that the samples with ash in their composition decreased by 4% for the lower percentage, 11% for the intermediate and 21% for the greater than the conventional sample; as for tensile strength occurred a decrease in this to higher percentage of ash. Another property evaluated was the percentage of voids in their hardened state which for ash samples increased their porosity.

In conclusion, the ash of cane bagasse did not have a behavior of supplementary cementitious material, nor pozzolanic, because it did not optimize the properties of the concrete studied.

**Keywords:** ash, bagasse, cane, concrete and cementitious.

## Introducción

En la edad antigua, las grandes e imponentes sociedades como la romana, egipcia y griega realizaban construcciones con materiales con propiedades puzolánicas como rocas volcánicas, ópalo, piedra pómez y ceniza, los cuales son capaces de reaccionar con la cal ante el agua formando productos con propiedades cementantes. Actualmente, el cemento, presente en el concreto, es uno de los materiales más utilizados en el área de construcción civil, pero se están buscando alternativas para reducir la cantidad de este, debido a que [1] afirma que al producir cemento este se convierte en una fuente de emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para la atmósfera, el cual es un gas potencial para el efecto invernadero, además de ser muy costoso, por lo cual, según estudios actuales realizados existen materiales puzolánicos como escorias de alto horno, las cenizas volantes, la microsílíce y las cenizas de residuos de empresas agroindustriales, que pueden sustituir parcialmente al cemento y así mitigar el impacto ambiental ocasionado por la demanda de este, además de hacer las mezclas de concreto más económicas.

Utilizar estos nuevos recursos no convencionales para reemplazar parcialmente al cemento Portland, reduciría parte de la producción de CO<sub>2</sub> y la minería necesaria para producir cemento, además de optimizar la gestión de residuos generados, evadiendo su vertido o disposición incorrecta, así mismo se estaría economizando el costo de las obras civiles.

En el ámbito internacional, existen grandes países productores de azúcar, siendo uno de estos Brasil, en el cual el sector industrial según [1] se originan alrededor de 3 a 4 millones de empleos, ya sean de manera directa o indirectamente, esto hace que el rubro de la producción de azúcar tenga una gran significancia para el país de Brasil, favoreciendo así a las comercializaciones nacionales e internacionales, lo cual sería muy provechoso pues representa el 2.4 % del PBI . Estas cifras referencian la importancia económica que tiene este sector en el país e incrementan la necesidad de más investigación para hacer un uso consciente de los residuos producidos por este sector. Por otra parte, según [2] en Colombia, una de las industrias más consolidadas y de gran importancia es la producción de azúcar, específicamente en el territorio que comprende el valle geográfico del río Cauca, se cuenta con un área sembrada de 225 560 hectáreas que se distribuye en 13 ingenios azucareros, los cuales producen un total de 6.5 millones de toneladas de bagazo de caña, por lo tanto, Colombia proporciona una gran fuente de ceniza de bagazo de caña ya que este es un subresiduo de esta industria, el cuál puede ser considerado material puzolánico además de ser muy fino físicamente debido su manera en la que se produce, por lo que su disposición final no suele ser la adecuada además de que le

causa graves problemas a los lugares que albergan estas azucareras, debido a que se convierte en un factor contaminante, puesto que muchas veces son almacenadas en botaderos informales contaminando el medio ambiente. En [3] se manifiesta que al ser Colombia uno de los principales productores de bagazo de caña en el mundo y por lo tanto de ceniza de bagazo de caña, justifica que se tome este residuo contaminante para que se realicen investigaciones que reincorporen a este en el ciclo de los materiales, para así promover una economía circular.

A nivel nacional, Perú cultiva caña de azúcar en todas sus regiones naturales, sembrando y cosechando a lo largo del año, y a la mayor parte de la caña de azúcar se le da un uso agroindustrial produciendo azúcar y alcohol. En [4] se enuncia que en el año 2019 la industria del azúcar en el Perú estaba en ascenso y consignada a autoabastecerse en los años posteriores. Según [4], en mayo del 2019 la producción de caña de azúcar fue de 10.6 millones de toneladas métricas, luego de reivindicarse de las agresivas lluvias que generaron inundaciones, las cuales trajeron como consecuencia la disminución de la producción en la campaña del año 2018, esto supone un incremento en su producción en un 3%. En mayo del 2020 [4] aludió un aumento del 12 % en la producción del azúcar proveniente de la caña con respecto al año 2019. La (CBC) ceniza de bagazo de caña es uno de los residuos perennes de las empresas azucareras y su producción es continua junto con la producción de azúcar por lo que al generar grandes cantidades de azúcar se generan a la vez grandes cantidades de ceniza de bagazo de caña.

En Lambayeque, de todas sus empresas agroindustriales productoras de azúcar tres son las más importantes, cada una ubicada en los distritos de Pomalca, Tumán y Pucalá, “Según información de la Unidad de Comercio Exterior AREX-Lambayeque, la producción nacional del azúcar es en promedio de 10 millones 800 mil toneladas anuales, siendo la región La Libertad, la productora de más 5 millones de toneladas y Lambayeque más 3 millones de toneladas” [5], de los productores de azúcar de esta última región la mayoría son generadores de contaminación, debido a que tienen una mala gestión de uno de sus principales residuos inorgánicos, la ceniza de bagazo de caña de azúcar, la cual muchas veces tiene una deficiente y perjudicial disposición final.

En el distrito de Pucalá, se generan grandes cantidades de ceniza de bagazo de caña, llegando a producir veinte toneladas por día, las cuales son llevadas a un botadero informal cercano al distrito contaminando así a este. Además, este residuo es arrastrado a través del viento a grandes distancias hasta llegar al núcleo urbano del distrito.

Asimismo, existen zonas en el distrito de Pucalá en las que las veredas, sardinales, accesos, aceras, y elementos ornamentales de parques, los cuales entran en la clasificación de elementos no estructurales, se encuentran en estado de deterioro, es por esto que en esta

investigación se propone el uso de la CBC, generada en este distrito, en mezclas de concreto que podrían usarse en la reconstrucción o mejoramiento de los elementos no estructurales de concreto que se encuentran en estado de deterioro y así mitigar dicho problema.

En esta investigación se pretende emplear la ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el concreto, este tiene propiedades tanto físicas como mecánicas las cuales son necesarias medir para garantizar su calidad, es por esto que nos surge la siguiente interrogante: ¿De qué manera influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el comportamiento del concreto para elementos no estructurales en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque?, esto conlleva a formularse una hipótesis, la cual expresa que la utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material cementicio suplementario influye positivamente en las características físicas y mecánicas del concreto para elementos no estructurales en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque.

Con el motivo de respaldar esta investigación se considera necesario presentar una justificación social, la cual enuncia que la utilización de CBC en mezclas de concreto, beneficiará a toda la población del distrito de Pucalá, puesto que se podrían aplicar estas mezclas en la elaboración del concreto para elementos no estructurales, así mismo una justificación ambiental, ya que al reutilizar este residuo industrial, se está contribuyendo a la sostenibilidad del distrito de Pucalá, puesto que se estaría utilizando lo que simplemente se desecha, muchas veces de manera errónea y contaminante para el ambiente, para fines de construcción civil, además de que se estaría disminuyendo la cantidad de este contaminante. Presenta también una justificación científica, ya que en esta investigación se busca proporcionar al mundo más conocimiento acerca de la CBC, sus propiedades puzolánicas y su función como material cementicio suplementario en mezclas de concreto para la elaboración de elementos no estructurales; también se ha buscado darle una justificación económica, dado que si la CBC sustituye parcialmente al cemento, se estaría reduciendo una cantidad de este, y a su vez disminuyendo el costo de la mezcla de concreto por lo que resultaría más rentable, además de que producir la CBC no resulta caro debido a que es un residuo industrial aprovechable. Además, se cuenta también con una justificación técnica, debido a que esta investigación pretende demostrar la influencia de la CBC evaluando las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con esta, como material cementicio suplementario.

Para responder la interrogante anteriormente mencionada y para validar la hipótesis formulada, se tiene como **objetivo principal** evaluar el concreto empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario para la elaboración de elementos no estructurales en el distrito de Pucalá, y como **objetivos específicos**, determinar las propiedades

físicas de la ceniza de bagazo de caña; determinar las características físicas de los agregados a utilizar en las mezclas de concreto; realizar el diseño de mezcla de un concreto convencional con una resistencia a la compresión de  $175 \text{ kg/cm}^2$ ; realizar el diseño de mezcla de concreto con diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario; evaluar las propiedades mecánicas del concreto con diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña mediante ensayos de resistencia a la compresión y tracción, además de las propiedades físicas a través de ensayos de densidad, absorción y porcentaje de vacíos; determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña para ser utilizado como material cementicio suplementario en la elaboración de las mezclas de concreto para elementos no estructurales; y el de realizar un análisis comparativo económico entre el concreto convencional y el concreto con el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña.

## Revisión de literatura

### Antecedentes del problema

**R. A. Berenguer, F. A. Nogueira Silva, S. Marden Torres, E. C. Barreto Monteiro, P. Helene y A. A. de Melo Neto.**

En [1] se prueba la influencia de las CBC, como material sustituyente para la preparación del mortero; en la cual se estudiaron dos orígenes la primera proveniente del uso de la caña como combustible para hornos de pizzerías sustituyendo a la madera y la segunda de la agroindustria de caña de azúcar. En primer lugar, se evaluó la composición química de ambas muestras, obteniéndose un alto contenido de sílice para ambas muestras, sin embargo, fue mayor en la proveniente de la empresa agroindustrial (84.86%), ya que la proveniente de los hornos de pizzerías presentaba 63.61 % de sílice en su composición. Además, se utilizaron la fluorescencia de rayos X (WDXRF) y la difracción de rayos X (XDR), con las cuales se indicó que las muestras tuvieron un 60% de puzolana y buena resistencia a la compresión; concluyendo que estos residuos usados como sustitutos parciales del cemento alcanzarían buenas resistencias a la compresión.

**Noorwirdawati Ali, Mohd Hazeeq Adhahuddinsa Mohd Sobri, Josef Hadipramana, Abdul Aziz Abdul Samad y Noridah Mohamad.**

En [6] se estudia la composición química de la CBC, en la que el autor resalta que esta contiene sílice ( $\text{SiO}_2$ ) en el rango de 59.90% a 84.1%, conjuntamente tiene otras propiedades dentro de su composición química que la clasifican como material puzolánico, además de que, para convertirse en ceniza, el bagazo de caña ha debido estar expuesto a temperaturas altas que le permitieron mostrar su reactividad puzolánica.

También se concluyó que la CBC tiene el potencial de ser un material cementicio suplementario el cual daría como resultado una mezcla de concreto óptima. En consecuencia, se podría realizar la producción de concreto sostenible y así mitigar el impacto generado para la industria de la construcción.

**D. . Y. Chulim Tec, A. Yeladaqui Tello y D. L. Trejo Arroyo.**

En [7], se utilizó la CBC tomada de la empresa azucarera San Rafael de Pucté, estado de Quintana Roo, México; y se realizó cuatro diseños de mezcla de concreto con tres tipos de tamaño de partícula (lo retenido por los tamices N°200 y N°250, y lo que pasó por el tamiz N°250), cada uno 10% de CBC reemplazando de manera parcial al cemento.

Se obtuvieron resultados en los que la resistencia a la compresión disminuyó en 4% para el concreto trabajado con lo que retuvo el tamiz N°200, en 3% para el de N°250, y en 1% para el realizado con la CBC que pasó por el tamiz N°250 y con reemplazo de 10% de esta. Si bien es cierto la resistencia a la compresión no alcanzó ni superó a la de la muestra sin CBC, se evidenció que mientras el tamaño de partícula fue menor esta aumentó.

### **J. J. L. Balladares Uriarte y Y. K. Ramírez Villacorta.**

En [8], se realizó un estudio en el que se planteó porcentajes de 5%, 10%, 15% de CBC en los testigos, para alcanzar un  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  y mejorar su  $f'c$  además de realizar comparaciones con un concreto convencional. En esta investigación [8] concluye que el uso de la CBC fue beneficioso al momento de diseñar las mezclas de concreto, puesto que el cemento y la ceniza poseen propiedades similares a las de un material puzolánico, en donde esta última no cambia las propiedades mecánicas del concreto, se obtuvo también una trabajabilidad buena al momento de la preparación del concreto, alcanzando una resistencia alta curando la probeta por 28 días; y el diseño de mezcla óptimo ocurre cuando se adiciona 5% de CBC alcanzando una resistencia superior a los demás diseños de mezclas con edades de 7, 14 y 28 días. Para su diseño de mezclas utilizaron el cemento portland tipo Ico (Pacasmayo) para todos los diseños de mezcla.

### **G. A. Jiménez Chávez.**

En el estudio de [9], se determinó la influencia de la CBC para una resistencia de  $210\text{ Kg/cm}^2$  adicionando distintos porcentajes de estas, las adiciones de CBC se incluyeron en porcentajes de 8%, 10% y 12%, el proceso de transformación de bagazo de caña a cenizas fue mediante la calcinación de manera controlada, por lo que se daría a lugar a una puzolana artificial, posteriormente se procedió a evaluar el comportamiento del concreto especialmente en su resistencia a la compresión, para lo cual se elaboraron y curaron probetas con adición en porcentajes de 8%, 10%, 12% y se hizo lo mismo para la mezcla patrón; analizando a estas a través de ensayos a edades de 7, 14 y 28 días, resultando a una edad de 28 días una resistencia a la compresión de  $245.18\text{ Kg/cm}^2$  para un porcentaje de adición de 8% de CBC; en cuanto a los demás porcentajes: se alcanzó una resistencia a la compresión de  $245.31\text{ Kg/cm}^2$  a una edad de curado de 28 días al adicionar 10% de CBC, y con una adición de 12% de CBC se alcanzó una resistencia de  $242.43\text{ Kg/cm}^2$  a una edad de 28 días.

## **E. E. IDROGO PEREZ.**

En la investigación de [10], se realizó un estudio al concreto con un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> con porcentajes de CBC de 8 %, 10% y 15%, obteniéndose que para 8% se obtiene una resistencia 10.97% más alta que la mezcla patrón para una edad de 28 días, y para los porcentajes de 10 % y 15%, su resistencia a la compresión decayó en 10.76 % y 22.38% respectivamente.

### **Bases teóricas – científicas**

#### **Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBC)**

Se le puede definir como un residuo industrial de base inorgánica originado por las empresas azucareras, la cual se obtiene al verter el bagazo de caña por medio de una faja automática que se encuentra dentro de ductos hacia las calderas donde estas la transforman en CBC mediante un proceso de calcinación natural. Posteriormente, el vapor generado por la combustión en las calderas y por los ventiladores se conduce hacia las turbinas para generar corriente eléctrica y así mover los molinos en el trapiche que sirven para realizar el procesado del azúcar.

#### **Propiedades físicas de la CBC**

Las CBC son semejantes a un polvo muy fino que suele ser muy suave y que posee un color medianamente claro, en lo que respecta a sus propiedades y características físicas, suelen depender de factores como son la humedad, densidad y color.

##### **Humedad**

El porcentaje de humedad de la CBC depende en gran parte de cómo se depositan y de la forma en las que se recogen, ya que debe hacerse cuando se encuentre lo más seco posible.

##### **Densidad**

En esta investigación se le considera como densidad de la CBC a la relación que existe entre el peso de esta y el volumen que ocupa. Es un factor importante para utilizarse dentro del diseño de mezclas.

##### **Color**

El color de la CBC suele ser gris o negro, presentando en algunos casos un color marrón oscuro, debido a los óxidos de hierro que contiene.

## Composición química de la CBC

Se recopilaron datos de la composición química de las CBC a partir de las investigaciones de [1] y [6], los cuales se presentan en la siguiente tabla:

COMPOSICIÓN QUÍMICA	Ali (2017)	Berenguer (2018)
SiO <sub>2</sub>	72.00 %	84.86 %
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.98 %	1.91 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.96 %	3.83 %
CaO	6.50 %	2.96 %
MgO	1.98 %	2.54 %
k <sub>2</sub> O	1.93 %	1.38 %
Na <sub>2</sub> O	0.61 %	0.47 %
SO <sub>3</sub>	-	0.38 %
MnO	-	0.19 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0.38 %

*Tabla 1: Composición química de la CBC, [1], [6]*

En la tabla 1, se puede notar que la CBC presenta un alto contenido de sílice en el rango de 70% a 85%, lo cual es muy importante para que entre en la clasificación de material puzolánico.

### La CBC como material puzolánico

Estudios contemporáneos han comprobado que la CBC, la cuál es un residuo inorgánico de las industrias azucareras, tiene actividad puzolánica derivada de su alto contenido de sílice amorfa, gracias a esta las CBC pueden generar una reacción puzolánica con el hidróxido de calcio presente en el cemento. De acuerdo con [3] la composición química, especialmente la presencia de sílice amorfa en las CBC puede variar debido a diversos agentes como son el tipo de caña, la temperatura con la que se incineran, el clima, la zona geográfica, la existencia o no de un proceso de calcinación controlada, entre otros.

### Puzolana

Las puzolanas son materiales que en su composición presentan sílice y/o aluminio, estos últimos tienen propiedades cementantes escasas o nulas por sí solos, pero cuando se mezclan con hidróxido de calcio reaccionan químicamente y pueden llegar a formar compuestos que poseen propiedades cementantes, en presencia de agua.

El término puzolana también se aplica a otros productos naturales o artificiales con características similares, como son las cenizas volantes. En [1] se define a las

puzolanas como un subproducto de la quema del carbón en los hornos, como combustible para la generación de energía, de manera más concisa serían las partículas no combustibles removidas de los hornos. Además de carbón, los equipos de combustión pueden emplear bagazo de caña, en el caso de las empresas azucareras.

### Clasificación de las puzolanas

Las puzolanas se pueden clasificar en artificiales y naturales. Estas últimas suelen ser rocas que pueden ser halladas en la naturaleza, y para su aprovechamiento es necesario triturarlas, estas son las más utilizadas. La puzolana natural también puede existir en forma de escoria o ceniza. En cuanto a las puzolanas artificiales, estas se obtienen triturando y cociendo arcilla o rocas sedimentarias y luego enfriándolas rápidamente; también se pueden obtener a partir de cenizas volantes y escorias metalúrgicas las cuales son subproductos industriales.

En la siguiente figura, [9] realizó la clasificación de las puzolanas:

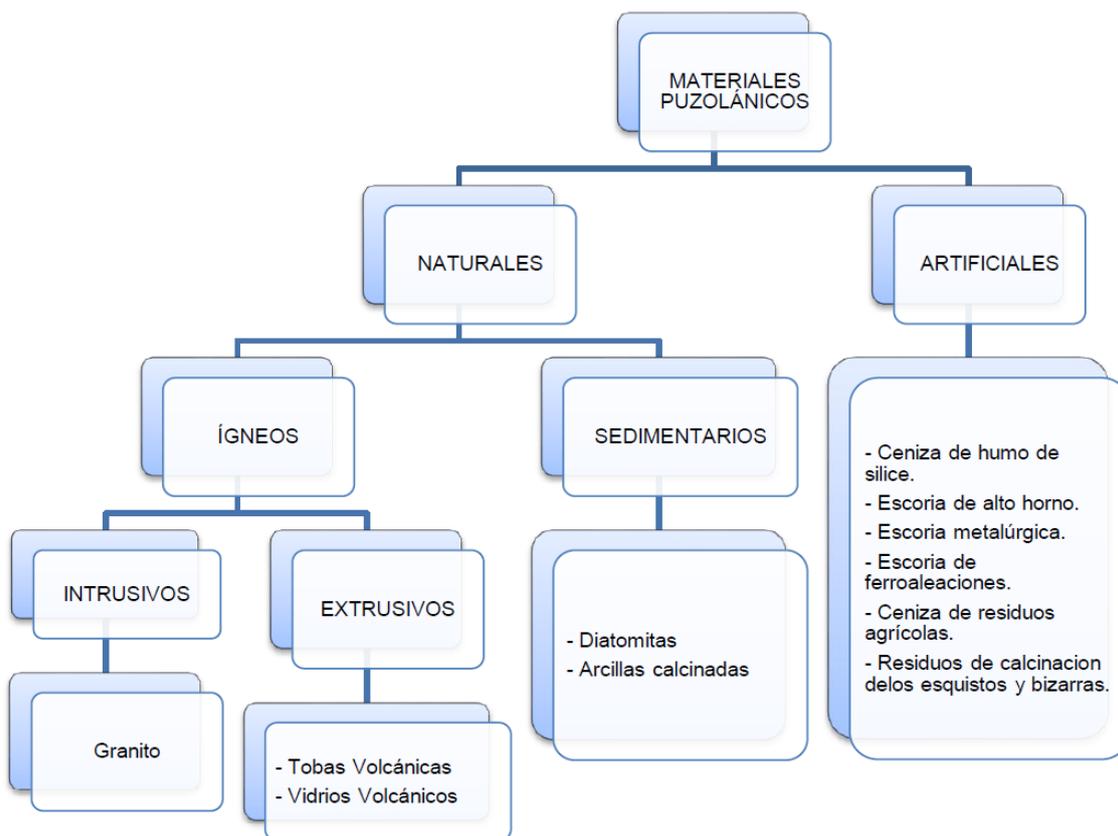


Figura 1: Clasificación de las puzolanas [9]

## Cemento Portland

El cemento portland es definido en [11] como un elemento que tiene alta producción comercial, este al ser mezclado con agua solamente o con otros materiales como piedra, arena, u otras materias primas semejantes que tengan la capacidad de reaccionar gradualmente con el agua añadida hasta que se forma una masa de consistencia dura. Sustancialmente, es un Clinker finamente molido que es producido mediante la cocción a altas temperaturas de mezclas que tienen en su composición cal, fierro, alúmina y sílice en proporciones determinadas. Además, se le atribuye el proceso de hidratación, el cual consiste en que cuando es amasado con agua, da lugar a una pasta que fragua y luego endurece conservando su resistencia y estabilidad, incluso bajo el agua.

## Tipos de cementos

*Tabla 2: Tipos de cementos*

TIPOS DE CEMENTOS
<p><b>Cemento Tipo I:</b> Este es de uso general.</p> <p><b>Cemento Tipo II y Tipo II(MH):</b> Estos tipos de cementos poseen una moderada resistencia a los sulfatos y también al calor de hidratación</p> <p><b>Cemento Tipo III:</b> Este cemento presenta resistencias iniciales altas.</p> <p><b>Cemento Tipo IV:</b> Este tipo de cemento se utiliza para lograr un bajo calor de hidratación.</p> <p><b>Cemento Tipo V:</b> Este cemento presenta una elevada resistencia a los sulfatos.</p>

*Fuente: Elaboración propia*

## Cementos puzolánicos

Los cementos puzolánicos resultan de la mezcla entre el cemento Portland y las puzolanas, ya sean artificiales o naturales. Este cemento frente a agentes químicos logra alcanzar una mayor resistencia, además de que al momento fraguar logra alcanzar menos calor de hidratación, además de que en comparación con el cemento portland en estado puro, este es más impermeable y presenta menor dilatación, reduciendo así la segregación y exudación.

## **Concreto**

En [11], define a este como la mezcla de cemento portland, agregados tanto fino como grueso, agua y aire para lograr conseguir propiedades prefijadas tales como la resistencia.

### **Resistencia a la compresión del concreto**

Esta se define como la resistencia máxima alcanzada de una muestra o espécimen de concreto, en el que en un área designada se le somete a una carga axial, y se obtiene como resultado la presión en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  que puede soportar el espécimen con un determinado diseño de mezcla.

### **Permeabilidad del concreto**

Se puede definir como la dosis de agua y/o otras sustancias líquidas que migran por medio de los poros del concreto en un tiempo determinado; esto es debido a como están compuestos los poros en la pasta de concreto, la hidratación, evaporación del agua de la mezcla, la formación de cavidades, la temperatura del concreto, y grietas ocasionadas por contracción plástica que aparecen en el momento de fraguado del concreto.

### **Absorción capilar del concreto**

La absorción capilar del concreto se puede definir como la tensión superficial del agua operando sobre los capilares de este.

### **Porosidad de la pasta**

La porosidad en la pasta hace referencia a los espacios vacíos, llamados también “poros”, que no albergan en su interior materia sólida, pero que en determinadas ocasiones pueden contener parcial o totalmente agua o aire.

### **Tipos de poros**

#### **Poros capilares**

Se pueden definir como los vacíos que en un inicio se encontraban llenos de agua cuando el concreto se encontraba en estado fresco, y que en la hidratación del cemento no fueron ocupados por el gel.

Si se tiene una relación agua-cemento alta o un curado débil, la cantidad de espacios que el gel podría ocupar sería mayor, pero este no llega a ocupar a todos, y los restantes se convierten en poros capilares, es por esto que se busca que no existan demasiados espacios ya que se tendría mayor cantidad de poros capilares. Asimismo, con una relación agua-cemento baja se logra que los poros capilares tengan un sistema casi discontinuo, ya que siempre suelen tener por naturaleza uno continuo

formado por poros de varios tamaños y perfiles que no pueden ser visibles con facilidad.

Los poros capilares, al aumentar su número traen consecuencias como la disminución de las resistencias mecánicas de la pasta, el aumento de la porosidad, permeabilidad y capacidad de adsorción de la pasta, y vuelve a la pasta más vulnerable al ataque por acción de las bajas temperaturas sobre el concreto lo que ocasiona el congelamiento del agua contenida en el interior de los poros produciendo esfuerzos de tensión que el concreto no tiene la capacidad de soportar ocasionando así su deterioro.

### **Poros por aire incorporado**

Son los poros que han sido agregados intencionalmente en la pasta por diversas razones, como el incremento de la durabilidad del concreto, la protección contra el congelamiento del agua en el interior del concreto puesto que esto disminuiría los esfuerzos de tensión que se podrían llegar a producir. Este tipo de poros se puede incorporar mediante el uso de aditivos químicos en la mezcla del concreto.

Las burbujas de aire incorporadas presentan comúnmente un perfil esférico con un diámetro promedio de 0.08 a 0.10 mm, y el volumen que ocupan puede ser mayor al 5% del concreto; con 5% ocasiona que la pasta presente 330 mil burbujas de aire por centímetro cúbico de la pasta. [12]

Utilizar burbujas de aire incorporado tienen muchas ventajas como un aumento importante de la durabilidad del concreto al producir un gran número de espacios en los que el agua que se encuentra en los poros capilares podría congelarse, otras ventajas son que incrementa la plasticidad, fluidez y trabajabilidad de las mezclas de concreto, y que disminuyen la exudación de estas y la segregación del agregado.

Su principal desventaja sería que al añadir muchas burbujas aumentaría la porosidad disminuyendo las resistencias mecánicas en un 5% por cada 1% de aire incorporado. [12]

**Poros por aire atrapado**

Son aquellos que son inevitables en la pasta, debido a que durante el proceso de mezclado una cantidad de aire queda atrapada (1% del concreto) y no llega a eliminarse por los procesos de compactación y colocación. Este tipo de poros presentan diferentes tamaños llegando a alcanzar y pasar un centímetro de diámetro o no ser visibles a simple vista, además de que presentan un perfil irregular y puede presentar o no un sistema interconectado. Sus principales desventajas son que contribuyen a la reducción de las resistencias mecánicas y durabilidad del concreto, incrementando la permeabilidad en este.

**Poros gel**

Son aquellos poros que se generan durante el proceso de formación del gel quedando atrapados dentro de este y aislados entre sí. Estos poros se ocasionan inevitablemente e independiente de la relación agua-cemento y el grado de hidratación de la pasta, llegando a ocupar aproximadamente el 28 % de esta; además de que presentan un diámetro de 0.0000010 mm, gracias a el tamaño de su diámetro (el cual es equivalente al de las moléculas de agua) el agua no congela en ellos, y también presentan un sistema que no está interconectado. [12]

**Porosidad de los agregados**

El agregado suele ser poroso y permeable. Los poros que se encuentran en los agregados no están comprendidos por los poros en la pasta, y ocupan entre el 0.3% al 20% del concreto. El tamaño de estos es variado desde pequeños a macroporos, los cuales se asemejan mucho a los poros capilares y pueden llegar a retener agua mediante una prolongada inmersión en agua.

Generalmente el porcentaje de porosidad de los agregados usados en la elaboración de mezclas de concreto se encuentra por debajo del 10%, ocasionado una menor permeabilidad que la pasta. De manera similar a la esta, los poros de los agregados pueden contener agua parcial o totalmente y esta puede llegar a congelarse a bajas temperaturas, aportando, aunque no de manera sustancial problemas en el concreto.

**Material cementicio suplementario**

Según [13], los materiales cementantes suplementarios (MCS), llamados en Perú materiales cementicios suplementarios, son materiales de base inorgánica que gracias a la actividad hidráulica y puzolánica que poseen, mejoran las propiedades de una mezcla cementicia. Por otra parte, se pueden definir como materiales finamente desintegrados

empleados en el concreto con la finalidad de optimizar ciertas propiedades o conseguir propiedades especiales.

En términos generales, los materiales cementicios suplementarios pueden formar por sí mismos productos de hidratación, o también en combinación con otros materiales como el aluminosilicato hidratado, el silicato de calcio hidratado o el aluminosilicato hidratado de calcio.

### **Normativa**

#### **→ NTP 334.104**

En esta norma técnica peruana se determinan las especificaciones técnicas para la puzolana natural calcinada o cruda y la ceniza volante utilizadas como adición mineral en mezclas de concreto donde se requiere de su acción puzolánica o cementosa, o en todo caso ambas, o en casos donde se demanda otras propiedades habitualmente referidas a cenizas volantes o puzolanas, o ambos.

#### **→ CE 010**

Clasifica a las veredas como pavimentos especiales y proporciona las especificaciones que debe cumplir, en donde se encuentra la resistencia mínima a la compresión.

#### **→ NTP 339.183**

En esta normativa técnica peruana se determinan las instrucciones necesarias para elaborar y curar los especímenes de concreto que son realizados en laboratorio, controlando rigurosamente a los materiales y a las condiciones de ensayo, además contempla los concretos consolidados mediante vibrado o varillado.

#### **→ NTP 334.127**

En esta norma técnica peruana determina los procedimientos necesarios para elaborar el muestreo y los ensayos que se realizan a las puzolanas naturales crudas o calcinadas y cenizas volantes utilizadas como adición mineral del cemento y concreto.

## **Materiales y métodos**

### **Tipo de investigación**

Esta investigación presenta un diseño de tipo experimental, debido a que la hipótesis se contrastará a través de la manipulación intencional de la variable independiente mediante la presencia – ausencia de esta en la variable dependiente, es decir, se va a evaluar el comportamiento de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido incorporándole ceniza de bagazo de caña en diferentes porcentajes, comparado con una muestra tradicional de concreto con ausencia de la ceniza de bagazo de caña.

### **Diseño de investigación**

Esta investigación presenta un diseño experimental puro, puesto que se tiene un grupo experimental al cual se le va a aplicar la variable independiente y un grupo de control al cual no se le aplicará esta para que así este sirva como patrón de comparación, asimismo la variable independiente se manipulará con una modalidad de estudio únicamente con post – prueba, ya que se obtendrá la medición por grupo después de haberle aplicado o no el estímulo.

### **Población, muestra, muestreo**

#### **Población y muestra**

La población y muestra en esta investigación serán las 60 probetas de concreto determinadas por los ensayos de compresión, tracción y densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto endurecido; y las 8 tandas de concreto determinadas por los ensayos de asentamiento y contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión, comprendidas entre las unidades de muestra patrón y las que están incorporadas por los diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

*Tabla 3: Muestras para ensayo de resistencia a la compresión del concreto*

<b>MUESTRAS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>				
<b>EDAD</b>	<b>PORCENTAJES</b>			
	<b>Muestra patrón</b>	<b>Muestra con porcentajes de CBC</b>		
	<b>0 %</b>	<b>6 %</b>	<b>12 %</b>	<b>18 %</b>
<b>7 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>14 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>28 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>Probetas / %</b>	9 probetas	9 probetas	9 probetas	9 probetas
<b>TOTAL</b>	<b>36 probetas</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 4: Muestras para ensayo de resistencia a la tracción del concreto*

<b>MUESTRAS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO</b>				
<b>EDAD</b>	<b>PORCENTAJES</b>			
	<b>Muestra patrón</b>	<b>Muestras con porcentajes de CBC</b>		
	<b>0 %</b>	<b>6 %</b>	<b>12 %</b>	<b>18 %</b>
<b>28 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>Probetas / %</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>TOTAL</b>	<b>12 probetas</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 5: Muestras para ensayo de determinación de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto endurecido*

<b>MUESTRAS PARA ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL CONCRETO ENDURECIDO</b>				
<b>EDAD</b>	<b>PORCENTAJES</b>			
	<b>Muestra patrón</b>	<b>Muestras con porcentajes de CBC</b>		
	<b>0 %</b>	<b>6 %</b>	<b>12 %</b>	<b>18 %</b>
<b>28 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>Probetas / %</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>TOTAL</b>	<b>12 probetas</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 6: Muestras para ensayo de la medición del asentamiento del concreto*

<b>MUESTRAS PARA ENSAYO DE LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO</b>				
	<b>Muestra patrón</b>	<b>Muestras con porcentajes de CBC</b>		
<b>Porcentajes</b>	<b>0 %</b>	<b>6 %</b>	<b>12 %</b>	<b>18 %</b>
<b>Tandas / %</b>	1 tanda	1 tanda	1 tanda	1 tanda
<b>TOTAL</b>	<b>4 tandas</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 7: Muestras para ensayo de determinación del contenido de aire en el concreto fresco, aplicando el método de presión*

<b>MUESTRAS PARA ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO. MÉTODO DE PRESIÓN</b>				
	<b>Muestra patrón</b>	<b>Muestras con porcentajes de CBC</b>		
<b>Porcentajes</b>	<b>0 %</b>	<b>6 %</b>	<b>12 %</b>	<b>18 %</b>
<b>Tandas / %</b>	1 tanda	1 tanda	1 tanda	1 tanda
<b>TOTAL</b>	<b>4 tandas</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

### **Criterios de selección**

Se ha seleccionado los porcentajes de 6%, 12% y 18%, debido a que en las investigaciones de [8], [9] y [10] se tomaron porcentajes con rangos de 5% a 15% y aunque no se logró las resistencias requeridas en el rango de 210 a 245 Kg/cm<sup>2</sup> con todos los porcentajes en dichas investigaciones, si se logró llegar a una resistencia promedio y similar a la que se requiere en esta investigación, la cual es de 175 Kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto al número de testigos o probetas cilíndricas de concreto se ha optado por la cantidad de tres por porcentaje/edad, tomando como referencia a lo dispuesto en la NTP 339.034, NTP 339.084 y NTP 339.187, para los ensayos de resistencia a la compresión, tracción y densidad, absorción y porcentaje de vacíos.

En lo que respecta al ensayo para determinar el contenido de aire en el concreto fresco aplicando el método de presión y al ensayo para medir el asentamiento del concreto, se tomó en cuenta lo estipulado en la NTP 339.036, que indica que las muestras para ensayos de contenido de aire del concreto en estado fresco pueden ser menor o iguales a 1pie<sup>3</sup> de volumen, lo cual se está tomando como “tanda” para el muestreo en esta investigación, dicho esto se tomó una “tanda” para la muestra patrón, además de otras tres debido al número de porcentajes de CBC.

## Operacionalización de variables

Tabla 8: Operacionalización de variables

VARIABLE		DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b>	Ceniza de bagazo de caña		Cantidad de ceniza en porcentajes en peso del cemento (6%, 12% ,18%)	%	Balanza
<b>DEPENDIENTE</b>	Propiedades mecánicas del concreto		Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo para determinar la compresión con prensa
			Resistencia a la tracción	Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo para determinar la tracción con prensa
	Propiedades físicas del concreto		Asentamiento del concreto	pulgadas	Ensayo de cono de Abrams
			Densidad del concreto	g/cm <sup>3</sup>	Ensayo de determinación de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto endurecido
			Absorción del concreto	%	
Porcentaje de vacíos del concreto	%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Variables intervinientes

VARIABLE		UNIDAD DE MEDIDA
<b>INTERVINIENTES</b>	Resistencia a la compresión de diseño ( $f'c = 175\text{Kg/cm}^2$ )	Kg/cm <sup>2</sup>
	Tipo de cemento (Cemento Portland Tipo I)	
	% de ceniza de bagazo de caña que pasa el tamiz N°200	%

Fuente: Elaboración propia

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnicas

- ✓ Observación directa, técnica mediante la cual se observa el fenómeno y se registra la información.

### Instrumentos

- ✓ Ficha de recolección de datos, la cual será redactada y llenada por el investigador.
- ✓ Guías de ensayo de laboratorio, las cuales nos sirven para poder realizar los ensayos de manera correcta.

## Procedimientos

### Preparación de la ceniza para usarse en el diseño

Puesto que la ceniza de bagazo de caña de azúcar que se usó en esta investigación provenía de los hornos de una empresa azucarera traía consigo restos de bagazos que no habían sido quemados, piedras y otros materiales orgánicos que podrían dificultar el proceso de su utilización, se realizaron los procedimientos de limpieza y tamizado de la CBC para que esta pueda ser apta para usarse en el diseño de concreto de la presente investigación:

Para un mejor entendimiento de los procedimientos realizados, a continuación, se describirán términos que serán utilizados en estos:

Ceniza en su primera forma, se llamará así a la que contiene restos de bagazo que no habían sido quemados, piedras y otros materiales orgánicos.

Ceniza en su segunda forma, se refiere a la que ha pasado a través del tamiz N°30.

Ceniza en su tercera forma, será la ceniza que habrá pasado a través del tamiz N°200 y la que será utilizada en las mezclas de concreto de esta investigación por medio de porcentajes de reemplazo del cemento.

### Ensayo para determinar la densidad del cemento (NTP 334.005)

Este método de ensayo fue realizado a la ceniza de bagazo de caña, debido a que esta tiene un tamaño de 75 micras al ser tamizado a través de la malla N°200, por lo tanto, era mejor realizarla con este ensayo. Este ensayo es por volumen desplazado de kerosene tomadas las lecturas a una temperatura de 21°C y utilizando el frasco de Le Chatelier.



*Figura 2: Frasco de Le Chatelier con CBC y kerosene*

**Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.037)**

Este ensayo tiene el objetivo de determinar los diferentes tamaños de partículas de agregados que involucra una muestra determinada ya sea de agregado fino o grueso, a través de tamices normados y ordenados en forma descendente según el tipo de agregado. Además, tiene gran importancia puesto que proporciona algunos resultados que servirán para el diseño de mezcla u otros fines de igual importancia.

**Ensayo de contenido de humedad total evaporable del agregado por secado (NTP 339.127)**

Este ensayo tiene como fin determinar la cantidad de agua expresada en porcentaje, que contiene una muestra de agregado tanto fino como grueso; es importante determinar este parámetro ya que va a ser utilizado en el diseño de mezcla de concreto.

**Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso (NTP 400.021)**

Este ensayo se determina mediante la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, de acuerdo a la cantidad de humedad del agregado tendiendo las condiciones secas, saturadas y superficialmente seca.

**Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017)**

Este método de ensayo consiste en determinar el peso del agregado que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. Este llenado se realiza ya sea compactando el material o simplemente vertiéndolo sobre el recipiente. Los resultados obtenidos en este ensayo son utilizados en el diseño de la mezcla de concreto, como parámetro y para convertir cantidades en peso a volumen.

**Ensayo de contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea (NTP 339.152)**

En este ensayo nos indica el contenido de sales de un agregado ya sea fino o grueso en un extracto acuoso preparado, utilizando 1:5 como relación suelo-agua para una mezcla que luego será filtrada, posteriormente se evapora por secado a una temperatura de  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles en suelos y agua subterránea (NTP 400.042)**

Este ensayo determina el porcentaje de contenido de cloruros y sulfatos presentes en el agregado analizado, respecto a su resultado se evalúa si es significativo o no.

### **Ensayo de resistencia al desgaste por abrasión en agregados en la máquina de los ángeles (NTP 400.019)**

Este ensayo por medio de la máquina de los ángeles, la cual en su interior contiene cargas abrasivas que mediante revoluciones desgastan a los agregados, indica la magnitud que pueden llegar a resistir estos al desgastarse.

### **Realización de probetas cilíndricas de concreto y curado**

Para los ensayos realizados al concreto se realizaron probetas cilíndricas, para las cuáles se hizo uso de una mezcladora de 9 pie<sup>3</sup>, varilla de acero de 60 cm y de 5/8" de diámetro, martillo de goma, moldes cilíndricos de metal, entre otras herramientas.

Las mezclas de concreto con y sin CBC fueron realizadas en distintas tandas. El moldeo fue realizado según norma, así como también el curado de estas usando agua potable limpia a temperatura ambiente.



*Figura 3: Moldeo de probetas cilíndricas de concreto*



*Figura 4: Curado de probetas*

**Ensayo de la determinación del slump en el concreto fresco (NTP 339.035)**

Este método de ensayo determina el asentamiento del concreto fresco mediante la medida de la distancia vertical desplazada al retirar el cono de Abrams, con respecto a la posición inicial que tenía el concreto cuando se encontraba dentro del molde. El cono de Abrams antes de ser retirado debe contener el concreto compactado por un proceso de varillado.

**Ensayo de temperatura del concreto (NTP 339.184)**

Este ensayo se lleva a cabo colocando un termómetro digital sobre la tanda de mezcla de concreto fresco y comparando la variación con respecto a la temperatura del ambiente.

**Ensayo de peso unitario del concreto (NTP 339.080)**

El presente ensayo determina el valor del peso unitario del concreto en estado fresco mediante el cociente entre la masa del concreto, sin tomar el peso del recipiente (medidor tipo B); y el volumen del recipiente, la masa de concreto vertida en el recipiente tiene que ser compactada 25 veces con una varilla y enrasada hasta el borde.

**Ensayo para determinar el contenido de aire en el concreto fresco, por el método de presión (NTP 339.080)**

Para calcular el contenido de aire en la mezcla de concreto fresco se realiza un proceso de varillado, enrasado, limpieza del borde del recipiente (medidor tipo B) y se procede a colocar la tapa para luego cerrar herméticamente. Posteriormente se llena de agua y se bombea dejando un vacío, hasta que la aguja marque la presión inicial abriendo inmediatamente la válvula principal, finalmente en el manómetro se observa el contenido de aire en porcentaje.

**Ensayo de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas (NTP 339.034)**

El resultado de este ensayo se determina mediante el cociente de una carga aplicada por una prensa sobre el área circular de una probeta cilíndrica, previamente midiendo el diámetro de esta. En el caso de esta investigación se utilizó muestras en forma de cilindro estándar de 30 cm de alto y 15 cm de diámetro. Finalmente realizado el ensayo se verifica el tipo de rotura teniendo en cuenta la figura 2 de la presente norma.

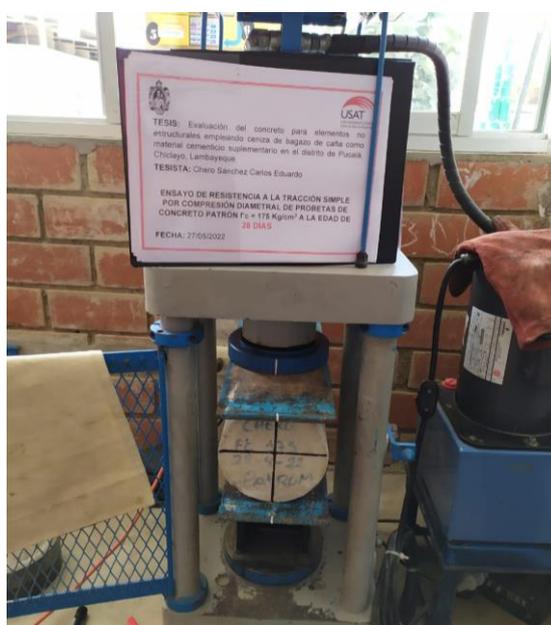
### Ensayo de resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica (NTP 339.084)

La resistencia a la tracción del concreto por compresión diametral se determina con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

En la que L es la longitud de la probeta, D su diámetro y P la máxima carga aplicada.

La carga se aplica sobre la probeta posicionada de manera horizontal. Las muestras fueron probetas cilíndricas estándar como las utilizadas para la compresión.



*Figura 5: Probeta posicionada para ensayo de tracción*

### Ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto endurecido (NTP 339.187)

Para este método de ensayo se utilizaron muestras de concreto endurecido de peso mayor a 800 gr y de 15 cm de diámetro con 3 cm de altura, cumpliendo con lo estipulado en la presente norma.

El procedimiento consiste en registrar el peso de la muestra posterior a su colocación en el horno, seguida de una inmersión en agua en la que se pesa nuevamente, para luego ser colocada tomar un peso después de la ebullición y finalmente un peso sumergido suspendido. Posteriormente se realizan los cálculos correspondientes y se obtiene el porcentaje de vacíos, la absorción y la densidad para el concreto endurecido.



*Figura 6: Muestra para ensayo de porcentaje de vacíos*

### **Verificación del color del concreto con CBC**

Se realizó una verificación visual de la superficie del concreto con los diferentes porcentajes de CBC, puesto que de llegar a ser concreto expuesto su color no tendría que diferir de un concreto convencional ya que esto podría llevar a incrementar gastos en pintura.

### **Estrategia de análisis de datos**

Para la presente investigación se plantearon 4 etapas, las cuales se presentan a continuación:

#### **Etapas I: Recopilación de información necesaria para la investigación**

- Revisión de diversas bibliografías relacionadas al tema de estudio.
- Búsqueda de antecedentes para la investigación.
- Revisión de la normativa vigente.

#### **Etapas II: Obtención de los materiales**

- Recolección de la CBC.
- Adquisición de agregado grueso y fino.
- Adquisición del cemento

#### **Etapas III: Ensayos y procedimientos realizados**

- Limpieza de la CBC.
- Ensayo de granulometría a la CBC.
- Tamizado de la CBC.

- Ensayo de densidad de la CBC.
- Visualización de la CBC en microscopio
- Ensayos a los agregados.
- Diseño de mezcla.
- Elaboración de probetas cilíndricas.
- Curado de probetas cilíndricas.
- Ensayos de asentamiento y temperatura del concreto
- Ensayos de peso unitario del concreto fresco
- Ensayos de contenido de aire del concreto fresco
- Ensayos de resistencia a la compresión del concreto.
- Ensayos de resistencia a la tracción del concreto.
- Ensayos de densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto
- Verificación del color del concreto con CBC

#### **Etapas IV: Análisis y procesamiento de resultados obtenidos**

- Obtención de los resultados de los ensayos.
- Procesamiento de resultados.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Finalización de informe de tesis.

#### **Aspectos éticos**

La presente investigación pretende proporcionar información real y verídica para investigaciones posteriores si es que se tomara como referencia, además de que los procedimientos se han realizado basándose en normas y documentos fiables.

En lo que respecta a la ética de la publicación esta investigación tiene como fin proporcionar al mundo nuevos apartes a parte de los ya estudiados en la rama de tecnología del concreto, además de que se ha respetado los derechos de cada autor referenciándolos a través de citas.

De la misma forma se ratifica la veracidad de todos los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el proceso de la investigación, y a su vez siendo certificados a través de los informes firmados por los laboratorios utilizados.

## Resultados y discusión

### Resultados de procedimientos y ensayos realizados a la CBC

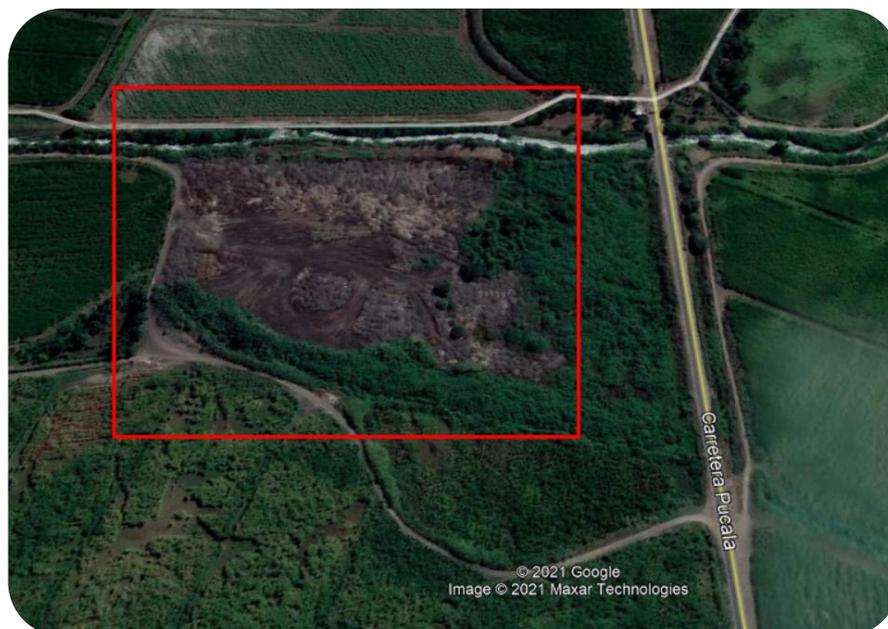
#### Recolección de la ceniza

La CBC de estudio fue recolectada de la empresa azucarera AGROPUCALÁ S.A.A, ubicada en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque, específicamente en el botadero informal de esta, donde se almacenan grandes cantidades de ceniza de bagazo de caña.

La recolección fue realizada con ayuda de una palana y sacos. Mientras se realizó el proceso se obtuvo un rendimiento de 30 Kg/h.



*Figura 7: CBC en botadero informal de la empresa agroindustrial*



*Figura 8: Ubicación de botadero cercano al distrito de Pucalá*

### **Limpieza de la ceniza**

Se pesó una muestra de ceniza de 201.27 gr, tomada tal y como se encontró.

Posteriormente se procedió a tamizar la ceniza por todas las mallas en forma descendente respecto al tamaño de estas, eligiendo como óptimo el tamiz N°30, se tomó este criterio teniendo en cuenta que lo que pase por esta no tenga restos grandes de bagazo no incinerado y otros y también el rendimiento.

Se pesaron los restos que retuvo el tamiz N°30 y se obtuvo la cantidad de 52.35 gr; y de igual manera se hizo con lo que pasó a través de este, obteniendo 146.72 gr.

Con los resultados obtenidos anteriormente se procedió a sacar el porcentaje de restos inservibles para la investigación, teniendo como resultado 26 % con un porcentaje de error de 1.09 %.

Una vez identificado el tamiz óptimo para la limpieza de la ceniza se usó para toda la restante que se utilizará en esta investigación



*Figura 9: Elección de tamiz óptimo para limpieza*

### **Ensayo granulométrico de la CBC**

Se tomó una muestra de 300 gr de ceniza en su segunda forma.

Se ordenaron los tamices N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°140, N°200, N°270 y N°325.

Se realizó un tamizado manual agregando la tapa y el fondo a los tamices mencionados en el punto anterior, y se hicieron movimientos laterales para que pase totalmente la muestra de ceniza a través de estos hasta llegar al fondo.

Se pesaron las cantidades retenidas en cada tamiz y se anotaron en una hoja de recolección de datos, para luego ser procesados y obtener los datos mostrados en la tabla 10. Así como también obtener el módulo de fineza de 0.62 y la curva granulométrica de la ceniza mostrada en la figura 10:

Tabla 10: Granulometría de la CBC

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.520	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00
Nº 50	0.300	14.04	14.04	85.96
Nº 100	0.150	34.25	48.29	51.71
Nº 140 (*)	0.105	18.36	66.65	33.35
Nº 200 (*)	0.074	13.11	79.76	20.24
Nº 270 (*)	0.053	7.49	87.25	12.75
Nº 325 (*)	0.044	11.86	99.11	0.89

Fuente: Elaboración propia

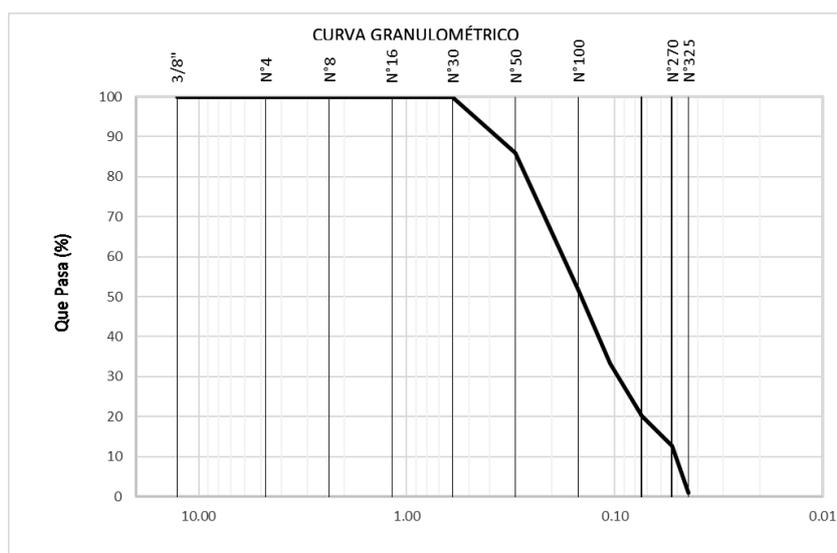


Figura 10: Curva granulométrica de la CBC

### Tamizado de la ceniza

En esta investigación se utilizó la ceniza que pasó a través del tamiz N°200, esto debido a que fue el tamiz óptimo obtenido al realizar el ensayo granulométrico a la CBC, puesto que aún pasa más del 20% de CBC y ser la malla con abertura más pequeña y mucho más comercial que el tamiz N°270 y N°325, además que según la investigación de [7] mientras más pequeño es el tamaño de partícula de CBC tendrá una mayor resistencia a la compresión.

Al realizar la limpieza y tamizado de la CBC simultáneamente, se obtuvo un rendimiento de 1.875 Kg/h.

### Densidad de la CBC

Para determinar la densidad de la CBC se realizó el ensayo regido por la NTP 334.005, con la ceniza que pasó el tamiz N°200, obteniéndose un valor de 2.13 g/cm<sup>3</sup>. En la tabla 11 se muestran los datos con los que se llevó a cabo el cálculo de este valor:

*Tabla 11: Datos para ensayo de la densidad de la CBC*

<b>Masa de Ceniza de bagazo de caña</b>	(gr)	50
<b>Vol.inicial kerosene</b>	(ml)	0
<b>Vol.final desplazado kerosene</b>	(ml)	23.5
<b>Densidad Ceniza de bagazo de caña</b>	(g/ml)	<b>2.13</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### Visualización de la CBC en microscopio

Con un microscopio 1000 X se observó una muestra de CBC mostrada en la figura 11 y una muestra de cemento tipo I Pacasmayo, con lo que se nota que las partículas de la muestra de CBC tienen formas irregulares parecidas a las del cemento las cuales se aprecian mejor en la figura 12.

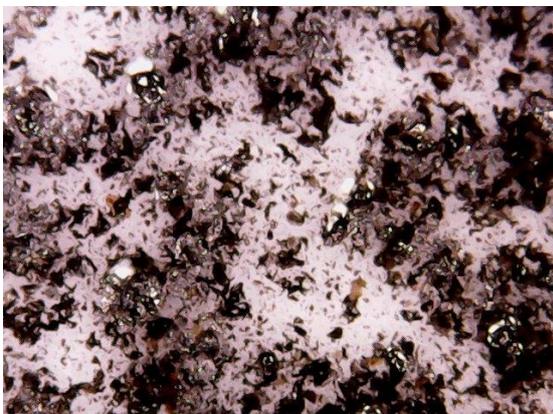


*Figura 11: Muestra de CBC*



*Figura 12: Muestra de cemento junto a la muestra de CBC*

Posteriormente se mezcló con agua la muestra de CBC (figura 13) y habiendo pasado un tiempo correspondiente se observa que esta no reacciona con el agua como se puede observar en la figura 14, manifestando no ser soluble en agua.



*Figura 13: Mezcla de CBC y agua*



*Figura 14: Mezcla de CBC y agua sin reacción*

Por otra parte, se mezcló de igual manera el cemento con agua (figura 15), se esperó un tiempo determinado y se observó que el cemento si reaccionó con el agua como se muestra en la figura 16.



*Figura 15: Mezcla de cemento y agua*



*Figura 16: Mezcla de cemento y agua reaccionando*

Finalmente se mezcla en seco el cemento y la CBC (figura 17), y luego se mezclan estos con agua y se espera un tiempo determinado que da como resultado una mezcla que no reacciona del todo, es decir, como se puede observar en la figura 18 la CBC no ha reaccionado ni con el cemento ni con el agua manteniendo esta su independencia, asimismo se observa que la CBC tiene mucha cohesión.



Figura 17: Mezcla de cemento y CBC sin agua

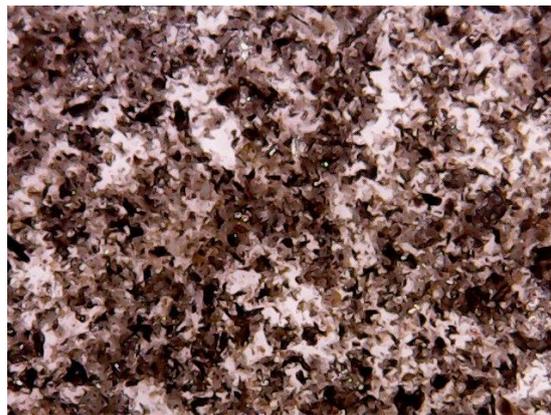


Figura 18: Mezcla de cemento, CBC y agua

### Resultados de los ensayos de laboratorio realizados los agregados

Se realizaron los ensayos de las propiedades físicas de los agregados con el fin de utilizar algunos resultados para realizar el diseño de mezcla correspondiente para elaborar muestras de concreto de las cuales se evaluará su comportamiento.

#### Análisis granulométrico del agregado grueso

El agregado grueso usado en esta investigación fue el de la cantera “Tres Tomas” (ubicada en el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque), y los resultados obtenidos en laboratorio de este ensayo se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 12: Datos del ensayo de granulometría del agregado grueso

DATOS DEL ENSAYO							Huso 67	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa			
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100						Tamaño Maximo 1"	
1"	25.400				100.0	100 - 100	Tamaño Maximo Nominal 3/4"	
3/4"	19.050	750.0	7.9	7.9	92.1	90 - 100	Peso Inicial Total: 9480.0 gr	
1/2"	12.700	3240.0						
3/8"	9.525	3110.0	32.8	74.9	25.1	20 - 55		
1/4"	6.350							
Nº 4	4.760	2380.0	25.1	100.0	0.0	0 - 10		
Nº 8	2.380					0 - 5		
Nº 10	2.000							
Nº 16	1.190							
Nº 20	0.840							
Nº 30	0.590							
Nº 40	0.420							
Nº 50	0.297							
Nº 60	0.250							
Nº 100	0.149							
Nº 200	0.074							
PAN								
TOTAL		9480						
% PERDIDA								

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se puede observar que la muestra de agregado grueso a utilizar se encuentra dentro de los parámetros que corresponden al límite granulométrico dado por el huso 67 ubicado en la NTP 400.037, este fue tomado debido a que el tamaño máximo nominal resultó de 3/4", tal y como se puede observar en la tabla 12. Este último es un dato importante que servirá en la realización del diseño de mezcla.

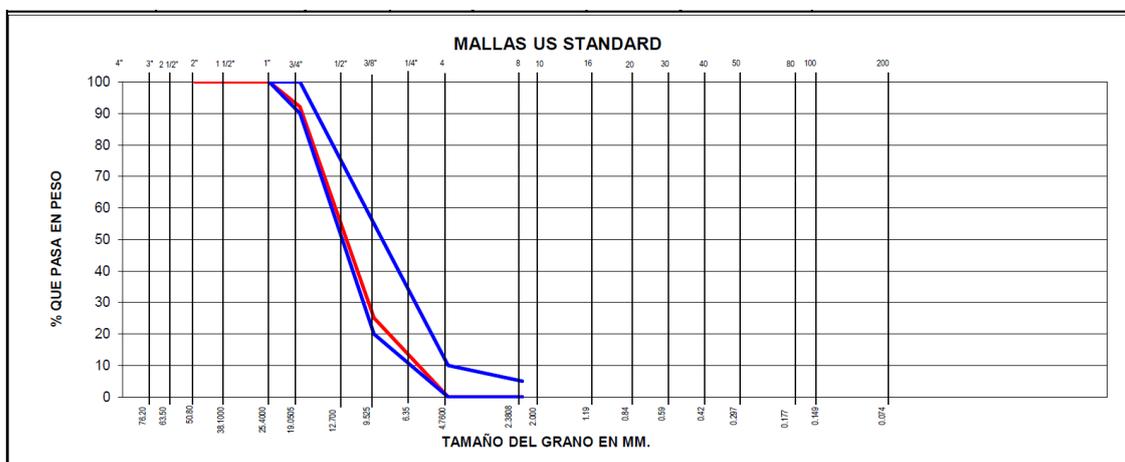


Figura 19: Curva granulométrica del agregado grueso

En la figura 19, el huso 67 se encuentra representado por la línea color azul, y la granulometría del agregado grueso por la línea de color rojo.

### Análisis granulométrico del agregado fino

En lo que respecta al agregado fino, se utilizó el proveniente de la cantera “La Victoria” (ubicada en el distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque), y a continuación se presentan en el siguiente cuadro los resultados obtenidos en laboratorio para el ensayo granulométrico de este agregado:

Tabla 13: Datos del ensayo de granulometría del agregado fino

DATOS DEL ENSAYO							DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Tamices	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
ASTM							
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						<b>Peso Inicial Total: 500.0 gr</b>
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.0		
1/4"	6.350					100	
Nº 4	4.760	36.4	7.3	7.3	92.7	95 - 100	<b>Modulo de fineza : 3.17</b>
Nº 8	2.380	41.2	8.2	15.5	84.5	80 - 100	
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190	144.8	29.0	44.5	55.5	50 - 85	
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590	122.5	24.5	69.0	31.0	25 - 60	
Nº 40	0.420						
Nº 50	0.297	85.2	17.0	86.0	14.0	5 - 30	
Nº 60	0.250						
Nº 100	0.149	42.7	8.5	94.6	5.4	0 - 10	
Nº 200	0.074	18.6	3.7	98.3	1.7		
PAN		8.6	1.7	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se puede observar que el módulo fineza resultante es de 3.17, el cuál es otro dato importante para realizar el diseño de mezcla.

Como se puede observar en la figura 20, el agregado fino ensayado se encuentra dentro de los parámetros que corresponden al límite granulométrico proporcionado por la NTP 400.037. También se observa que el límite granulométrico está representado por una línea de color negro gruesa, y la representación de la curva granulométrica del agregado fino es de una línea color rojo.

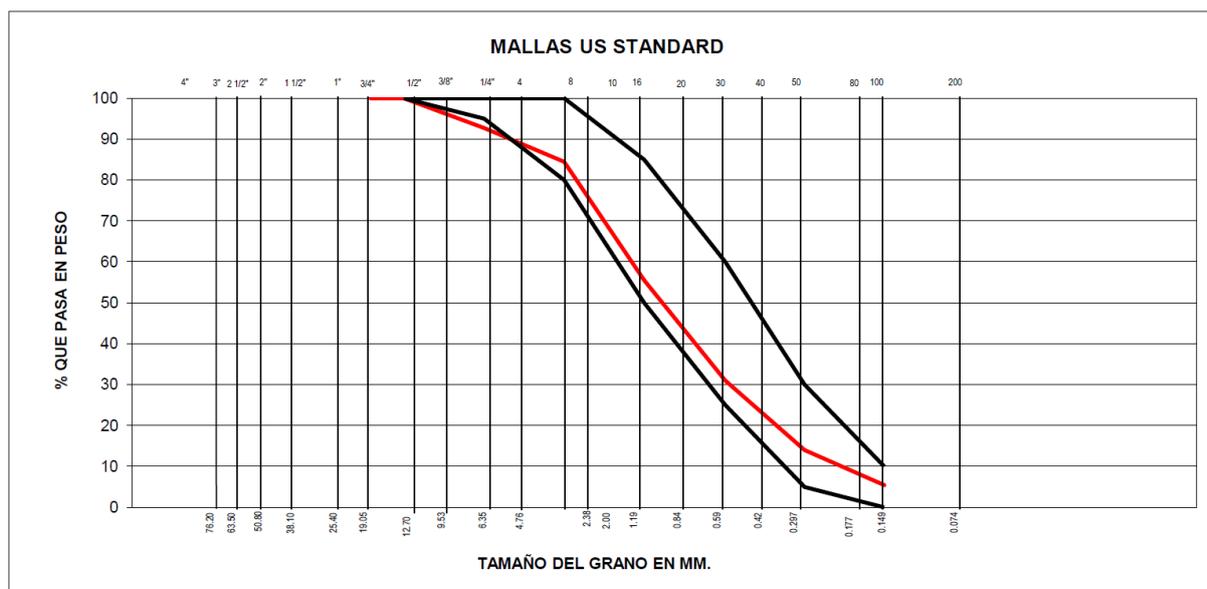


Figura 20: Curva granulométrica del agregado fino

### Contenido de humedad del agregado grueso y fino

Para obtener este parámetro se realizó el ensayo correspondiente al agregado grueso en un laboratorio y se obtuvo como resultado un contenido de humedad para este de 1.69 %. Para el agregado fino se realizaron los mismos procedimientos de ensayo en el mismo ambiente resultando un contenido de humedad de 2.74 %. Dichos ensayos fueron realizados días antes de moldeo puesto que se tendría un contenido de humedad más exacto, ya que previamente se habían realizado otros ensayos que tenían valores inferiores.

### Grado de absorción y peso específico del agregado grueso y fino

Luego de haber realizado el ensayo de laboratorio requerido se obtuvo un grado de absorción de 1.62 % para el agregado grueso, y en cuanto al agregado fino resultó con un grado de absorción de 0.84 %. Para poder llegar a este resultado se obtuvieron previamente los siguientes datos mostrados en las tablas 14 y 15, con los cuales se realizó el cálculo del grado de absorción para cada agregado.

Habiendo realizado los ensayos de laboratorios correspondientes se obtuvo un peso específico de 2.681 gr/cm<sup>3</sup> para el agregado grueso, y un peso específico de 2.612 gr/cm<sup>3</sup> para el agregado fino.

*Tabla 14: Datos para ensayo de grado de absorción y peso específico del agregado grueso*

DATOS DEL ENSAYO					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	1148.20	1149.00		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	726.70	727.20		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	421.50	421.80		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1130.00	1130.50		
E	Vol. de masa = C - ( A - D ) (gr)	403.3	403.3		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.681	2.680		2.681
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.724	2.724		2.724
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.802	2.803		2.803
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	1.611	1.636		1.62%

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 15: Datos para ensayo de grado de absorción y peso específico del agregado fino*

DATOS DEL ENSAYO					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	300.00	299.38		
B	Peso Frasco + agua	695.10	694.90		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	995.10	994.28		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	881.10	880.70		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	114.00	113.58		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	297.50	296.90		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	111.50	111.10		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.610	2.614		2.612
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.632	2.636		2.634
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.668	2.672		2.670
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.840	0.835		0.84%

*Fuente: Elaboración propia*

## Pesos unitarios volumétricos

### Peso unitario suelto seco del agregado grueso y fino

Como resultado de los procedimientos de ensayo adecuados resultó para el agregado grueso un peso unitario suelto seco de 1405.0 Kg/m<sup>3</sup>. En el siguiente cuadro se resumen los datos que se usaron en el cálculo de este resultado:

*Tabla 16: Datos para el ensayo de peso unitario suelto seco del agregado grueso*

Peso unitario suelto						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	18740	18731	18743		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	12482	12473	12485		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario suelto seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.406	1.405	1.406		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario suelto seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1406	1405	1406		1405

Fuente: Elaboración propia

En lo que concierne al agregado fino tuvo como resultado un peso unitario suelto seco de 1502.0 Kg/m<sup>3</sup>. De igual manera que el agregado grueso se presenta un cuadro resumen con los datos para obtener este resultado:

*Tabla 17: Datos para el ensayo de peso unitario suelto seco del agregado fino*

Peso unitario suelto						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	19540	19660	19600		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	13282	13402	13342		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario suelto seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.496	1.509	1.502		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario suelto seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1496	1509	1502		1502

Fuente: Elaboración propia

### Peso unitario seco compactado del agregado grueso y fino

Para el agregado grueso se tuvo como resultado un peso unitario seco compactado de 1451.0 Kg/m<sup>3</sup>. A continuación, se presenta el siguiente cuadro que resume los datos obtenidos fundamentales para la realización de este resultado:

*Tabla 18: Datos para el ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso*

Peso unitario compactado						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	19140	19148	19144		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	12882	12890	12886		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario compactado seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.451	1.452	1.451		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario compactado seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1451	1452	1451		1451

*Fuente: Elaboración propia*

El agregado fino presentó un peso unitario seco compactado de 1645.0 Kg/m<sup>3</sup>. En el cuadro a continuación. La tabla 19 nos muestra un resumen de los datos que proporciona el ensayo y con los que se realiza el cálculo del resultado expuesto anteriormente.

*Tabla 19: Datos para el ensayo de peso unitario compactado del agregado fino*

Peso unitario compactado						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	20800	20920	20880		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	14542	14662	14622		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario compactado seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.638	1.651	1.647		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario compactado seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1638	1651	1647		1645

*Fuente: Elaboración propia*

### Ensayo de contenido de sales solubles en el agregado grueso y fino

Los resultados de este método de ensayo se muestran en las siguientes tablas:

*Tabla 20: Datos y resultados del ensayo de sales solubles en el agregado grueso*

DATOS DEL ENSAYO					
	Identificación				Promedio
Muestra	1	2			
Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	48.50	57.82			
Peso Tarro + agua + sal	93.76	123.00			
Peso Tarro Seco + sal	48.52	57.85			
Peso de Sal	0.02	0.03			
Peso de Agua	45.26	50.00			
Porcentaje de Sal	0.04	0.06			0.05

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 21: Datos y resultados del ensayo de sales solubles en el agregado fino*

DATOS DEL ENSAYO					
	Identificación				Promedio
Muestra	1	2			
Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	126.95	105.53			
Peso Tarro + agua + sal	169.51	155.53			
Peso Tarro Seco + sal	126.97	105.57			
Peso de Sal	0.02	0.04			
Peso de Agua	42.56	50.00			
Porcentaje de Sal	0.05	0.08			0.06

*Fuente: Elaboración propia*

### **Ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles en el agregado grueso y fino**

El contenido de cloruros y sulfatos para el agregado grueso y fino resultó ser de insignificante importancia, tal y como se puede observar en las tablas a continuación:

*Tabla 22: Datos y resultados del ensayo de cloruros y sulfatos solubles en el agregado grueso*

DATOS DEL ENSAYO			
Descripción	Partes por millón (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de cloruros (CL)	113	0.0113	Insignificante
Contenido de sulfatos (SO4-2)	75	0.0075	Insignificante

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 23:** Datos y resultados del ensayo de cloruros y sulfatos solubles en el agregado fino

DATOS DEL ENSAYO			
Descripción	Partes por millón (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de cloruros (CL)	120	0.012	Insignificante
Contenido de sulfatos (SO4-2)	80	0.008	Insignificante

Fuente: Elaboración propia

### **Ensayo de resistencia al desgaste en el agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles**

El agregado grueso utilizado en esta investigación tuvo un porcentaje de resistencia al desgaste de 22.2 %.

### **Diseño de mezcla de concreto patrón**

El diseño de mezcla de concreto fue realizado siguiendo lo estipulado por el ACI – 211, tomando en cuenta los valores necesarios de los resultados de los ensayos a los agregados y el peso específico del cemento Pacasmayo tipo I, dicho esto se obtuvieron los siguientes resultados:

- La resistencia a la compresión de diseño o teórica es de 175 Kg/cm<sup>2</sup>, pero el diseño de mezcla fue realizado con una resistencia a la compresión requerida de 245 Kg/cm<sup>2</sup>, calculada mediante la tabla 24.

**Tabla 24:** Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1f'c + 5,0$

Fuente: [14]

- Para el diseño la relación agua – cemento utilizada fue de 0.63, un contenido de aire atrapado de 2%, un asentamiento de 3” a 4”, un volumen de agua de 205 lts/m<sup>3</sup>, y un peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto(b/bo) de 0.58.
- Con los datos anteriores se realizan los cálculos correspondientes y se obtiene la cantidad de materiales por m<sup>3</sup> de concreto en condiciones secas y sus volúmenes absolutos:

**MATERIALES POR METRO CÚBICO  
(Condiciones secas)**

a) C e m e n t o	326.4	kg/m <sup>3</sup>
b) A g u a	205.0	lt/m <sup>3</sup>
c) A i r e	2.0	%
d) A r e n a	929.5	kg/m <sup>3</sup>
e) G r a v a	845.9	kg/m <sup>3</sup>
	<u>2308.824</u>	kg/m <sup>3</sup>

**VOLÚMENES ABSOLUTOS**

0.104 m <sup>3</sup>
0.205 m <sup>3</sup>
0.020 m <sup>3</sup>
0.356 m <sup>3</sup>
0.316 m <sup>3</sup>
<u>1.000 m<sup>3</sup></u>

- Posteriormente se calcula la corrección por humedad y el aporte de agua, ya que con estos se obtiene la cantidad de materiales por metro cúbico en condiciones húmedas:

**CORRECCIÓN POR HUMEDAD  
Y APOORTE DE AGUA.**

Aporte AF: 17.66 lt/m<sup>3</sup>

Aporte AG: 0.59 lt/m<sup>3</sup>

Aporte Total: -18.25 lt/m<sup>3</sup>

**MATERIALES POR METRO CÚBICO  
(Condiciones húmedas)**

a) C e m e n t o	326.4	kg/m <sup>3</sup>
b) A g u a	186.6	lt/m <sup>3</sup>
c) A r e n a	954.9	kg/m <sup>3</sup>
d) G r a v a	860.2	kg/m <sup>3</sup>
	<u>2328.167</u>	kg/m <sup>3</sup>

- Por último, se obtiene la dosificación en peso y en volumen:

*Tabla 25: Dosificación en peso de la mezcla de concreto patrón*

<b>DOSIFICACIÓN EN PESO</b>	
CEMENTO	1
AGREGADO FINO	2.9
AGREGADO GRUESO	2.6
AGUA (lts/bls)	24.3
7.7 bls/m <sup>3</sup>	

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 26: Dosificación en volumen de la mezcla de concreto patrón*

<b>DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN</b>	
CEMENTO	1
AGREGADO FINO	2.9
AGREGADO GRUESO	2.8
AGUA (lts/bls)	24.3

*Fuente: Elaboración propia*

### Incorporación de la CBC en el diseño de mezcla

La incorporación de la CBC en el diseño de mezcla patrón se hará mediante un reemplazo parcial en peso del cemento en la cantidad de materiales por metro cúbico de concreto en condiciones húmedas, a través de los porcentajes de 6%, 12% y 18%, posteriormente se calculará su dosificación en peso respecto a los datos anteriores.

#### Materiales por metro cúbico

Tabla 27: Materiales por metro cúbico en condiciones húmedas para las muestras con y sin CBC

<b>MATERIALES POR METRO CÚBICO (Condiciones húmedas)</b>					
<b>Porcentaje de CBC</b>		<b>0%</b>	<b>6%</b>	<b>12%</b>	<b>18%</b>
Cemento	(Kg/m <sup>3</sup> )	326.4	306.8	287.3	267.7
Agua	(Lts/m <sup>3</sup> )	186.6	186.6	186.6	186.6
Arena	(Kg/m <sup>3</sup> )	954.9	954.9	954.9	954.9
Grava	(Kg/m <sup>3</sup> )	860.2	860.2	860.2	860.2
CBC	(Kg/m <sup>3</sup> )	-	19.6	39.2	58.8

Fuente: Elaboración propia

#### Dosificación en peso

Tabla 28: Dosificación en peso para las muestras con y sin CBC

<b>DOSIFICACIÓN EN PESO</b>				
<b>Porcentaje de CBC</b>	<b>0%</b>	<b>6%</b>	<b>12%</b>	<b>18%</b>
CEMENTO	1	0.94	0.88	0.82
AGREGADO FINO	2.9	2.9	2.9	2.9
AGREGADO GRUESO	2.6	2.6	2.6	2.6
AGUA (lts/bls)	24.3	24.3	24.3	24.3
CBC (Kg/bls)	-	2.6	5.1	7.7
Cantidad de bls/m <sup>3</sup>	7.7	7.2	6.8	6.3

Fuente: Elaboración propia

La dosificación para la CBC se realizó en porcentaje del peso del cemento, es decir, si se utiliza una bolsa de cemento de 42.5 Kg, el 6% de esta sería 2.6 Kg, dando como resultado una dosificación de 2.6 Kg de CBC por bolsa de cemento. De la misma forma se hizo para los porcentajes restantes.

En cuanto a la dosificación del cemento para las mezclas de concreto con CBC, se está restando a la unidad el porcentaje de interés, puesto que esta cantidad será reemplazada por CBC.

La dosificación para los demás materiales se mantiene.

## Resultados de los ensayos de laboratorio realizados al concreto

### Resultados de ensayos de asentamiento del concreto fresco

Los ensayos de asentamiento del concreto fresco fueron realizados siguiendo lo estipulado en la NTP 339.035:2015, además cada medida fue tomada por tanda cada media hora para cada uno de los tipos de mezcla realizados obteniéndose los siguientes resultados:

*Tabla 29: Resultados de asentamiento para la mezcla patrón*

<b>MEZCLA PATRÓN F'c = 175 Kg/cm<sup>2</sup></b>				
<b>N°</b>	<b>MEDIDA DE ASENTAMIENTO</b>		<b>PROMEDIO</b>	
	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>
01	4	101.60	<b>4</b>	<b>101.60</b>
02	4	101.60		

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 30: Resultados de asentamiento para la mezcla patrón con 6% de CBC*

<b>MEZCLA PATRÓN CON 6% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA</b>				
<b>N°</b>	<b>MEDIDA DE ASENTAMIENTO</b>		<b>PROMEDIO</b>	
	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>
01	4	101.60	<b>4</b>	<b>101.60</b>
02	4	101.60		

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 31: Resultados de asentamiento para la mezcla patrón con 12% de CBC*

<b>MEZCLA PATRÓN CON 12% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA</b>				
<b>N°</b>	<b>MEDIDA DE ASENTAMIENTO</b>		<b>PROMEDIO</b>	
	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>
01	4	101.60	<b>3 7/8</b>	<b>98.43</b>
02	3 3/4	95.25		

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 32: Resultados de asentamiento para la mezcla patrón con 18% de CBC*

<b>MEZCLA PATRÓN CON 18% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA</b>				
<b>N°</b>	<b>MEDIDA DE ASENTAMIENTO</b>		<b>PROMEDIO</b>	
	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>mm</b>
01	1	25.40	<b>1 1/8</b>	<b>28.58</b>
02	1 1/4	31.75		

*Fuente: Elaboración propia*

En las tablas 29, 30 y 31 se observa que la medida de asentamiento del concreto fue disminuyendo ligeramente de 0 a 12 % de CBC, pero manteniéndose en el rango de 3" a 4", cumpliendo a su vez con el asentamiento de diseño por lo que la trabajabilidad no se vio afectada de manera importante, caso contrario fue cuando se realizó la mezcla con 18 % de CBC en la cual el asentamiento se vio reducido notablemente disminuyendo así su trabajabilidad.

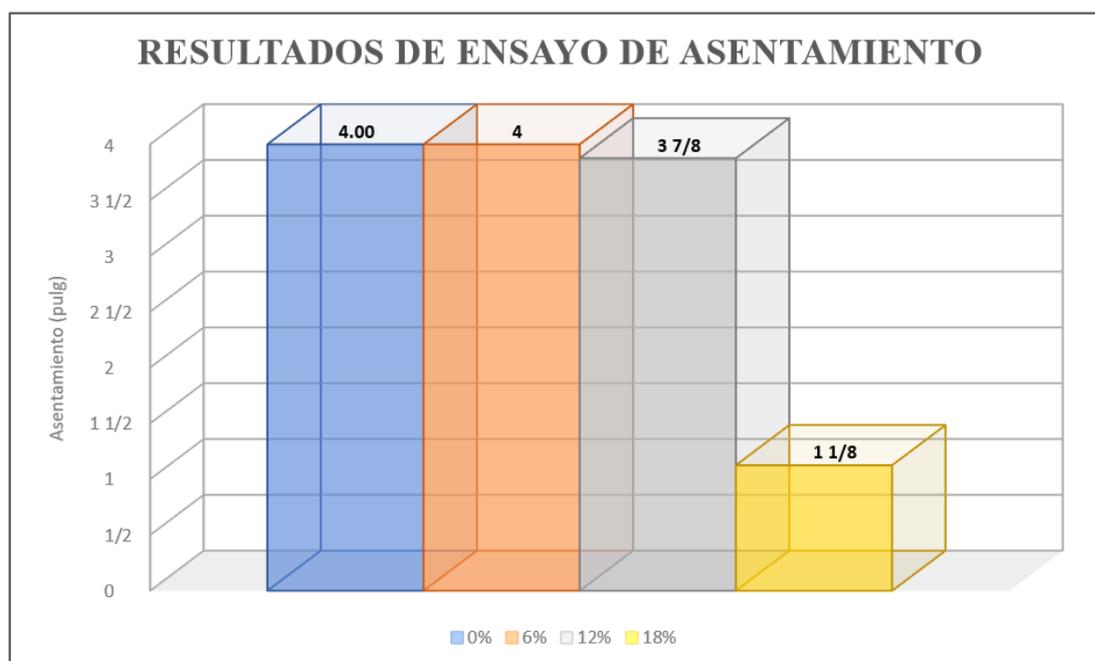


Figura 21: Comparación de resultados del ensayo de asentamiento

### Resultados de ensayo de temperatura del concreto

Los resultados de este ensayo se pueden apreciar en la tabla PV, en la que se nota que la variación de temperatura para la mezcla de concreto convencional fue de 1.45°C, y para las mezclas que contenían CBC fue en un intervalo de 1.35°C a 2.35 °C. Asimismo, al igual que en el ensayo de asentamiento cada medida fue tomada por tanda cada media hora para cada uno de los tipos de mezcla realizados

Tabla 33: Resultados de ensayo de temperatura para cada muestra

TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO						
N°	PORCENTAJE DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA	TEMPERATURA		PROMEDIO		VARIACIÓN DE TEMPERATURA
		AMBIENTE °C	CONCRETO °C	AMBIENTE °C	CONCRETO °C	
01	0%	20.30	21.60	20.30	21.75	1.45
02		20.30	21.90			
03	6%	22.30	23.60	22.3	23.65	1.35
04		22.30	23.70			
05	12%	23.20	25.40	23.2	25.5	2.30
06		23.20	25.60			
07	18%	21.50	23.80	21.5	23.85	2.35
08		21.50	23.90			

Fuente: Elaboración propia

## Resultados de ensayos de peso unitario del concreto

Los resultados de este ensayo fueron obtenidos con el dispositivo utilizado en la NTP 339.080. A continuación, se presentan las tablas 34, 35, 36 y 37, los cuales reúnen los datos con los que se realizaron los cálculos necesarios:

*Tabla 34: Datos de peso unitario de la muestra de concreto patrón*

Datos del ensayo	
Peso del recipiente (gr)	2403
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	7067
Peso concreto + recipiente (Kg)	18.94
Peso del concreto (Kg)	16.54
Resultados concreto patrón	
Peso unitario del concreto (Kg/m <sup>3</sup> )	2340.03

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 36: Datos de peso unitario del concreto patrón con 12% de CBC*

Datos del ensayo	
Peso del recipiente (gr)	2403
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	7067
Peso concreto + recipiente (Kg)	18.44
Peso del concreto (Kg)	16.04
Resultados concreto patrón con 12% de ceniza de bagazo de caña	
Peso unitario del concreto (Kg/m <sup>3</sup> )	2269.28

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 35: Datos de peso unitario del concreto patrón con 6% de CBC*

Datos del ensayo	
Peso del recipiente (gr)	2403
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	7067
Peso concreto + recipiente (Kg)	18.76
Peso del concreto (Kg)	16.36
Resultados concreto patrón con 6% de ceniza de bagazo de caña	
Peso unitario del concreto (Kg/m <sup>3</sup> )	2314.56

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 37: Datos de peso unitario del concreto patrón con 18% de CBC*

Datos del ensayo	
Peso del recipiente (gr)	2403
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	7067
Peso concreto + recipiente (Kg)	17.74
Peso del concreto (Kg)	15.34
Resultados concreto patrón con 12% de ceniza de bagazo de caña	
Peso unitario del concreto (Kg/m <sup>3</sup> )	2170.23

*Fuente: Elaboración propia*

En la siguiente gráfica se observa que, a mayor porcentaje de CBC el peso unitario del concreto fresco disminuía, en un rango de 25.47 a 169.80 Kg/m<sup>3</sup>, respecto al peso unitario sin CBC en su composición.



*Figura 22: Comparación del peso unitario del concreto*

### **Resultados de ensayos de contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión**

Los resultados de este ensayo fueron obtenidos siguiendo los procedimientos descritos en la NTP 339.080, utilizando así el dispositivo de presión mostrado en la figura 23, el cual cumple los estándares de dicha norma (identificado como medidor tipo B). A continuación, en la tabla 38 se resume los resultados de contenido de aire alcanzados tanto del diseño de mezcla patrón como de los que contienen CBC.



*Figura 23: Medidor tipo B (Olla Washington)*

Tabla 38: Resultados de contenido de aire del concreto fresco

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO		
Nº	PORCENTAJE DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA	CONTENIDO DE AIRE (%)
01	0%	1.9 %
02	6%	1.9 %
03	12%	1.9 %
04	18%	2.0 %

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se percibe que el contenido de aire no se ha visto afectado drásticamente al incorporar la CBC en su composición, es más no ha sufrido variación alguna tomando como referencia al diseño patrón, con excepción del diseño con 18% de CBC como reemplazo de cemento el cual aumento en un 0.1 % de contenido de aire.

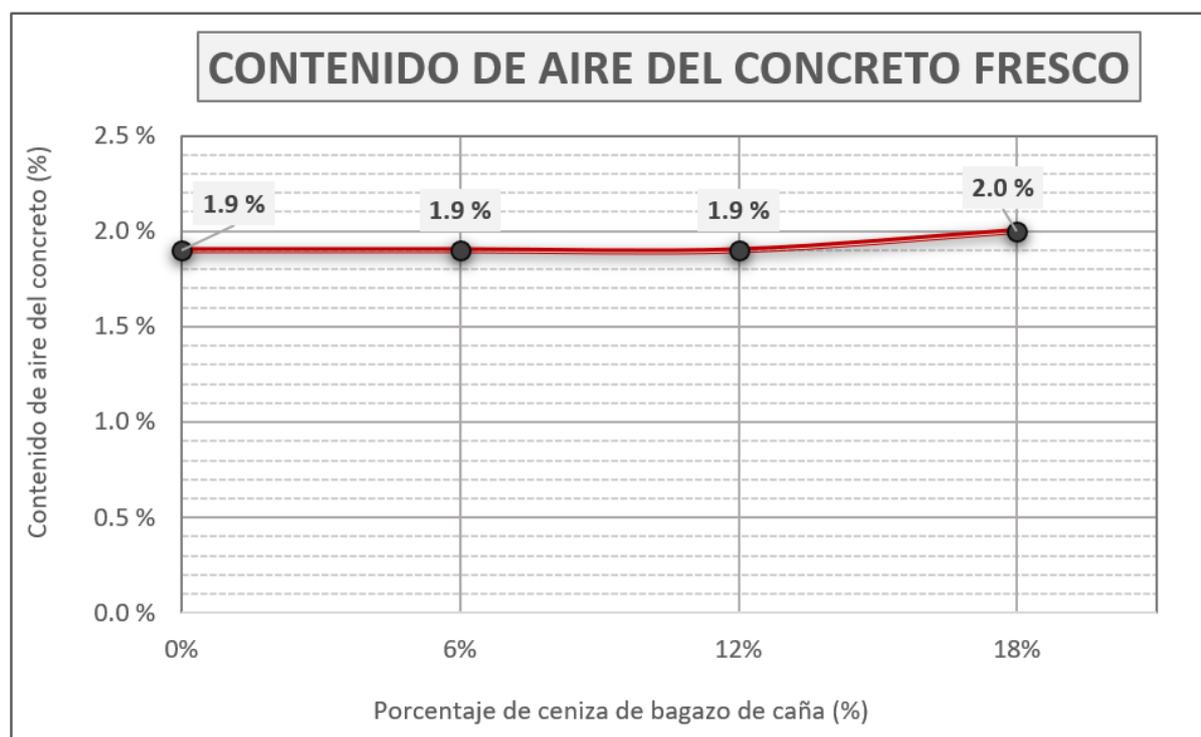


Figura 24: Comparación del contenido de aire del concreto fresco

### Resultados de ensayos de resistencia a la compresión del concreto

Al haber realizados los ensayos de resistencia a la compresión del concreto se obtuvieron para cada porcentaje a edades de 7,14 y 28 días, los siguientes resultados presentados en las tablas 39, 40, 41 y 42:

**Tabla 39:** Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón

CÓDIGO DE PROBETA	ESTRUCTURA	EDAD (días)(*)	f'c teórico (Kg/cm2)	ÁREA (mm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		PROMEDIO DE F'C PATRÓN Kg/cm2	PORCENTAJE RESPECTO AL F'C TEÓRICO
					KN	Kg/cm2		
T - 1	Diseño patrón	7	175	18145.8	306.8	172.4	170.0	97%
T - 2		7	175	18169.7	295.3	165.7		
T - 3		7	175	18193.6	306.8	172.0		
T - 4		14	175	18337.4	352.3	195.9	202.0	115%
T - 5		14	175	18313.4	363.8	202.6		
T - 6		14	175	18337.4	373.2	207.5		
T - 7		28	175	17955.3	382.8	217.4	219.5	125%
T - 8		28	175	17931.6	390.6	222.1		
T - 9		28	175	17907.9	384.6	219.0		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40:** Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón con 6% de CBC

CÓDIGO DE PROBETA	ESTRUCTURA	EDAD (días)(*)	f'c teórico (Kg/cm2)	ÁREA (mm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		PROMEDIO DE F'C OBTENIDO Kg/cm2	PORCENTAJE RESPECTO AL F'C PATRÓN
					KN	Kg/cm2		
P1 - 1	Diseño patrón con 6 % de ceniza de bagazo de caña	7	175	18026.7	271.5	153.6	159.7	94%
P1 - 2		7	175	18026.7	285.7	161.6		
P1 - 3		7	175	18050.5	289.9	163.8		
P1 - 4		14	175	17907.9	321.0	182.8	178.6	88%
P1 - 5		14	175	18002.9	314.6	178.2		
P1 - 6		14	175	17955.3	308.0	174.9		
P1 - 7		28	175	18026.7	363.0	205.3	210.4	96%
P1 - 8		28	175	18002.9	379.5	215.0		
P1 - 9		28	175	18050.5	373.3	210.9		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41:** Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón con 12% de CBC

CÓDIGO DE PROBETA	ESTRUCTURA	EDAD (días)(*)	f'c teórico (Kg/cm2)	ÁREA (mm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		PROMEDIO DE F'C OBTENIDO Kg/cm2	PORCENTAJE RESPECTO AL F'C PATRÓN
					KN	Kg/cm2		
P2 - 1	Diseño patrón con 12 % de ceniza de bagazo de caña	7	175	17955.3	252.7	143.5	143.4	84%
P2 - 2		7	175	17931.6	230.3	131.0		
P2 - 3		7	175	18026.7	275.2	155.7		
P2 - 4		14	175	18193.6	294.6	165.1	160.9	80%
P2 - 5		14	175	18098.1	277.0	156.1		
P2 - 6		14	175	18169.7	287.8	161.5		
P2 - 7		28	175	17907.9	356.2	202.8	195.4	89%
P2 - 8		28	175	17931.6	355.4	202.1		
P2 - 9		28	175	17979.1	319.5	181.2		

Fuente: Elaboración propia

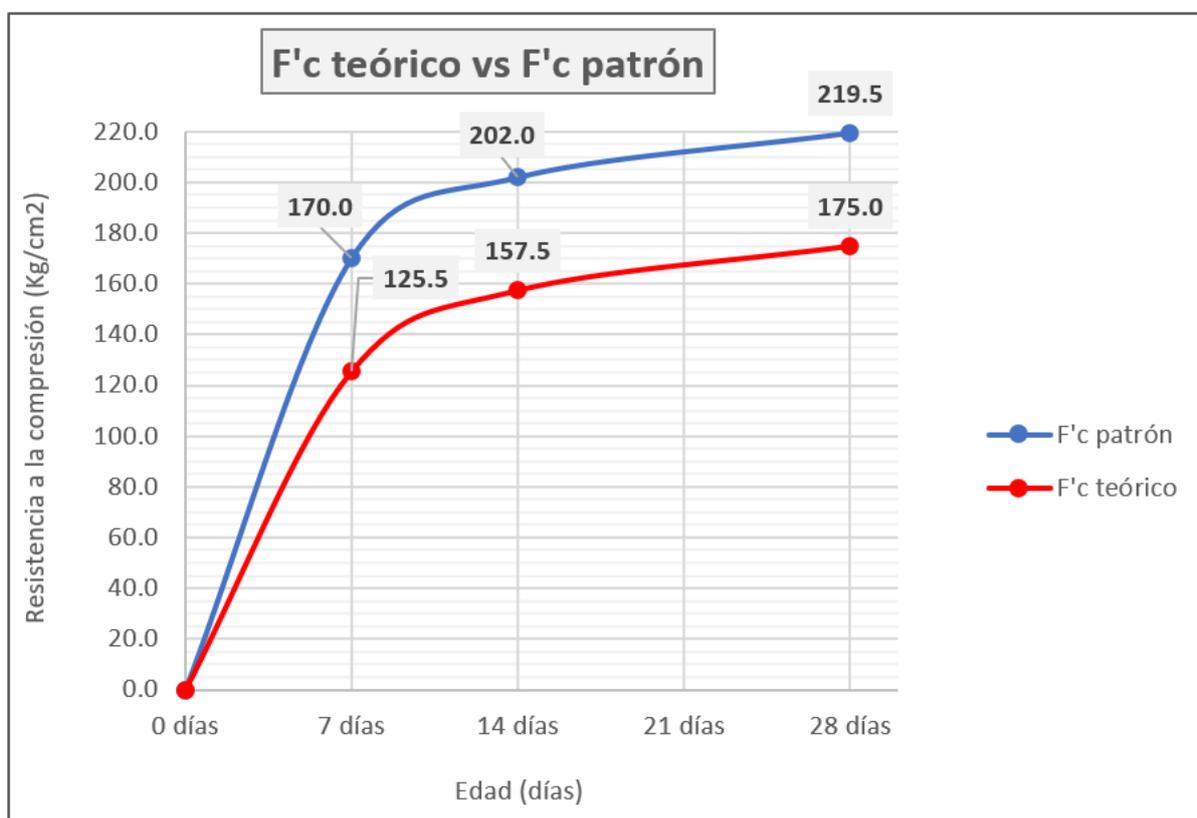
*Tabla 42: Resultados de la resistencia a la compresión del diseño patrón con 18% de CBC*

CÓDIGO DE PROBETA	ESTRUCTURA	EDAD (días)(*)	f 'c teórico (Kg/cm <sup>2</sup> )	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		PROMEDIO DE F'C OBTENIDO Kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJE RESPECTO AL F'C PATRÓN
					KN	Kg/cm <sup>2</sup>		
P3 - 1	Diseño patrón con 18 % de ceniza de bagazo de caña	7	175	17931.6	247.8	140.9	126.6	74%
P3 - 2		7	175	17955.3	206.7	117.4		
P3 - 3		7	175	17907.9	213.1	121.3		
P3 - 4		14	175	18193.6	289.2	162.1	157.4	78%
P3 - 5		14	175	18122.0	291.5	164.0		
P3 - 6		14	175	18145.8	259.9	146.1		
P3 - 7		28	175	17680.9	293.6	169.3	173.0	79%
P3 - 8		28	175	17671.5	300.3	173.3		
P3 - 9		28	175	17680.9	306.0	176.5		

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se explicó anteriormente la mezcla de concreto patrón fue diseñada con un f 'c requerido, habiendo dicho esto se destaca que el concreto patrón tuvo una resistencia a la compresión a la edad de 28 días de 219.5 Kg/cm<sup>2</sup> (denominando a este valor como f 'c real o patrón), presentando un 125 % respecto al f 'c teórico el cual es de 175 Kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación, se muestra la figura 25 en la que, en edades de 7, 14 y 28 días se muestra las curvas de resistencia a la compresión patrón (f 'c patrón) y teórica, esta última fue proyectada a partir de la patrón. También se muestra el porcentaje alcanzado por cada una de estas en la figura 26, determinado el % f 'c patrón respecto al f 'c teórico.



*Figura 25: Comparación entre f'c teórico y f'c patrón*

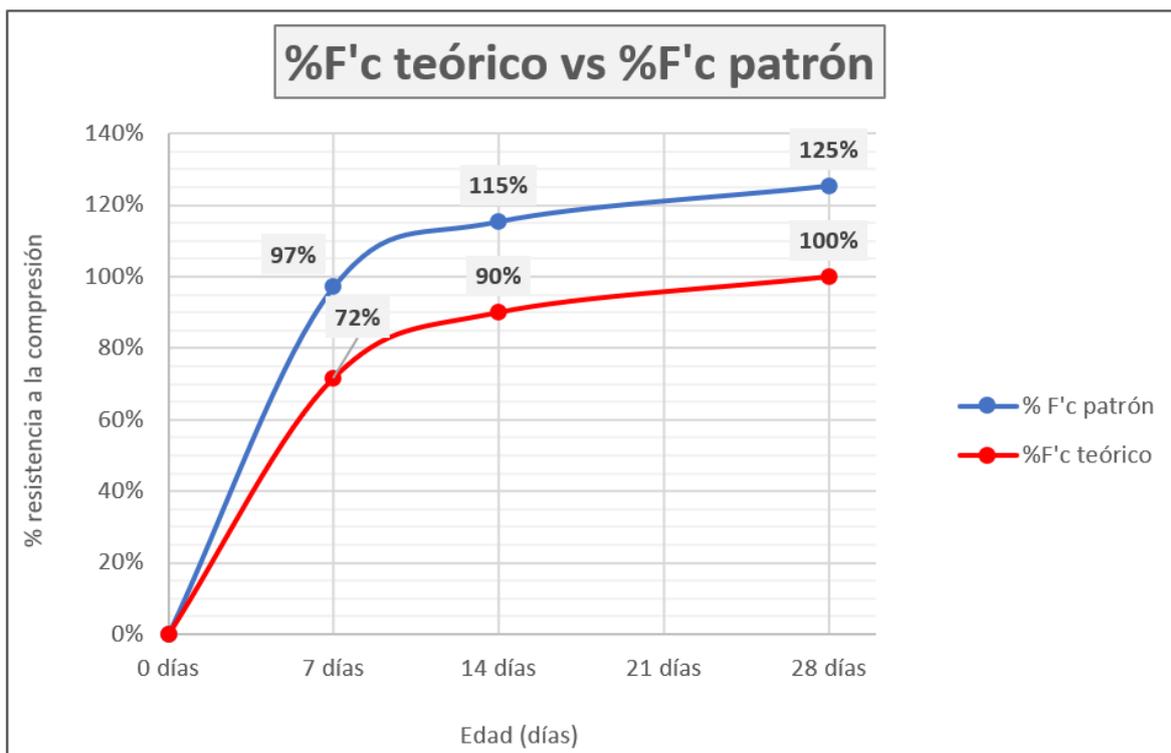


Figura 26: Comparación de porcentaje de  $f'c$  teórico y  $f'c$  patrón

Los resultados de las resistencias a la compresión de las muestras de concreto con CBC serán tomadas respecto al  $f'c$  patrón y comparadas con este, puesto que los cálculos de reemplazo del cemento fueron realizados con la dosificación para el  $f'c$  requerido.

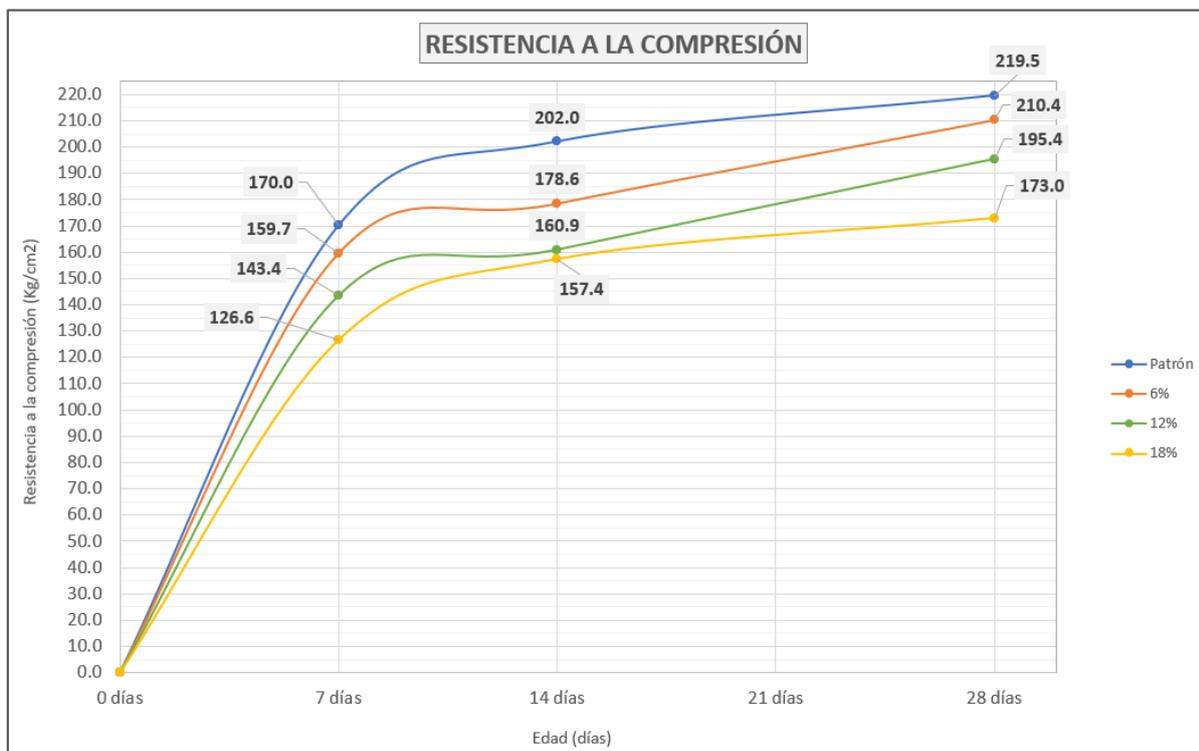
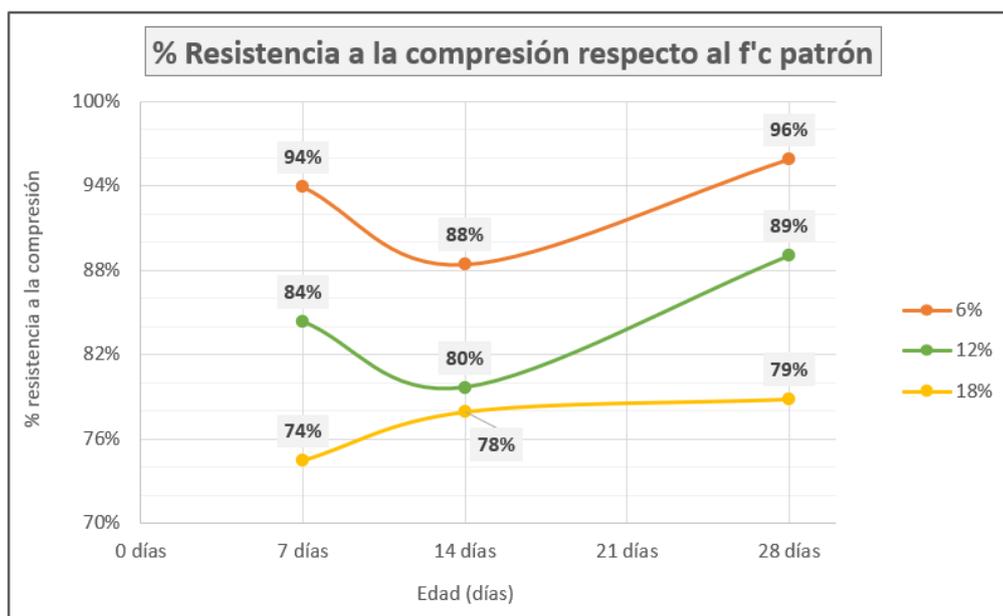


Figura 27: Comparación de la resistencia a la compresión entre las muestras con CBC y la patrón



*Figura 28: Porcentajes de la resistencia a la compresión respecto al f'c patrón para las muestras con CBC*

Cómo se puede observar en las figuras 27 y 28, la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón a edades de 7, 14 y 28 días equivaldrá al 100%; asimismo la muestra de concreto que contiene 6% de CBC alcanzó una resistencia a la compresión de 210.4 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, siendo un 96 % del f'c patrón. También se puede notar que a la misma edad la muestra de concreto con 12 % alcanzó una resistencia a la compresión de 195.4 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo un 89 % del f'c patrón. Por último, a la edad de 28 días la muestra de concreto con 18 % de CBC presentó una resistencia a la compresión de 173 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo un 79 % del f'c patrón.

En la gráfica 28, se puede determinar que la resistencia a la compresión del concreto con 6 % de CBC disminuyó un 4%, la que contenía 12 % bajó un 11 % y la de 18 % descendió un 21 %.

### **Porcentaje óptimo de CBC determinada por la resistencia a la compresión del concreto**

En la siguiente gráfica se puede observar que las resistencias a la compresión a los 28 días de las muestras de concreto que contienen 6, 12 y 18 % de CBC como reemplazo parcial del cemento son menores a la resistencia alcanzada por el concreto patrón a la misma edad y tampoco alcanzaron el valor de esta, por lo que no se consideraría un porcentaje óptimo, entre estos, determinado por la resistencia a la compresión.

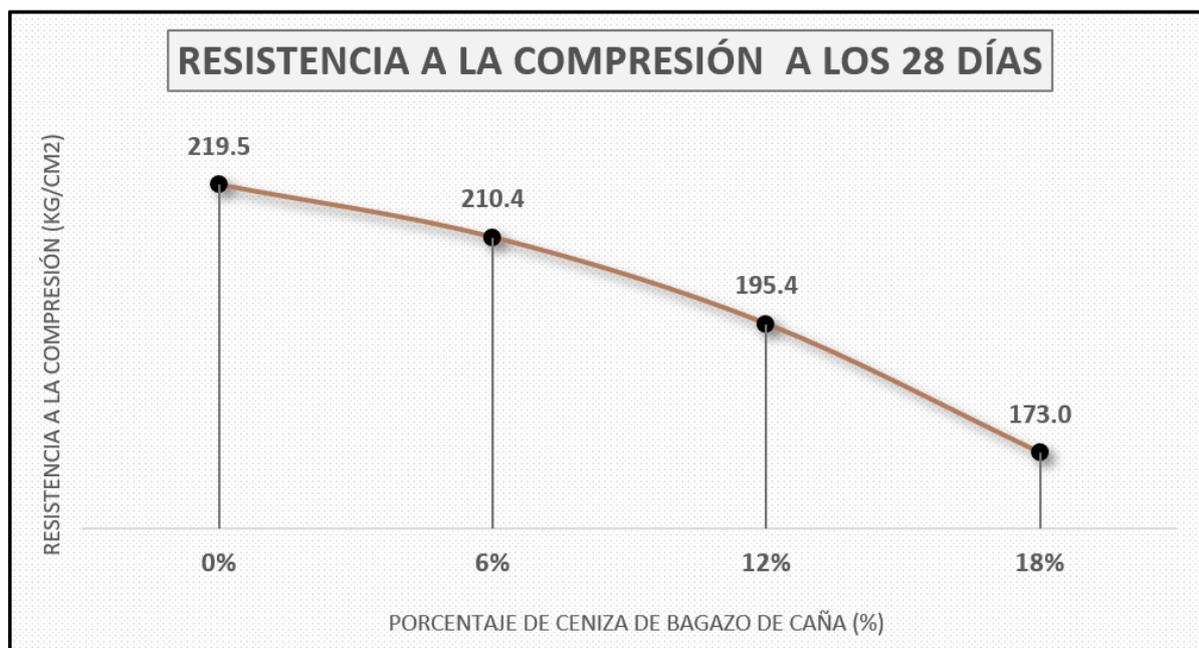


Figura 29: Resistencia a la compresión a la edad de 28 días para muestras con y sin CBC

### Resultados de ensayos de resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral

En el siguiente cuadro se presenta las resistencias a la tracción del concreto patrón y las pertenecientes a las muestras de concreto con 6, 12 y 18 % de CBC, todas a edades de 28 días:

Tabla 43: Resultado de la resistencia a la tracción por compresión diametral para las muestras con y sin CBC

CÓDIGO DE PROBETA	ESTRUCTURA	EDAD (días)(*)	f 'c (Kg/cm2)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm2)
						KN	Kg/cm2	
T - 10	Diseño patrón	28	175	301.0	151.4	156.2	22.3	22.3
T - 11		28	175	301.1	151.4	148.5	21.1	
T - 12		28	175	301.0	151.2	164.4	23.5	
P1 - 10	Diseño patrón con 6 % de ceniza de bagazo de caña	28	175	300.6	151.0	118.9	17.0	17.5
P1 - 11		28	175	300.4	151.0	129.1	18.5	
P1 - 12		28	175	300.3	150.8	119.6	17.1	
P2 - 10	Diseño patrón con 12 % de ceniza de bagazo de caña	28	175	301.0	151.2	117.1	16.7	16.6
P2 - 11		28	175	301.0	151.1	118.2	16.9	
P2 - 12		28	175	300.8	151.1	113.5	16.2	
P3 - 10	Diseño patrón con 18 % de ceniza de bagazo de caña	28	175	300.5	150.2	112.7	16.2	15.7
P3 - 11		28	175	300.6	150.0	110.0	15.8	
P3 - 12		28	175	300.8	150.3	105.7	15.2	

Fuente: Elaboración propia

Se puede diferenciar en la tabla 43, que el concreto que no tiene CBC en su composición alcanzó una resistencia a la tracción de 22.3 Kg/cm<sup>2</sup>, tomando esta como resistencia a la tracción patrón ( $f_t$  patrón), pues con esta se realizaron las comparaciones para las muestras que contenían CBC.

Asimismo, según [15] la resistencia a la tracción del concreto por compresión diametral oscila entre  $1.59\sqrt{f'_c}$  y  $2.2\sqrt{f'_c}$  para concretos convencionales, tomando generalmente  $f_t = 1.6\sqrt{f'_c}$ .

Por lo que tomando en cuenta esto el valor de  $f_t$  para un  $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  es  $21.17 \text{ Kg/cm}^2$ , entonces el valor del  $f_t$  patrón estaría correcto al ser mayor a este y su vez siendo menor al límite mencionado.

### Porcentaje óptimo de CBC determinada por la resistencia a la tracción del concreto

En la figura 30, se indica las resistencias a la tracción alcanzadas por las muestras de concreto estudiadas, notando que las resistencias a la tracción para las muestras de concreto con CBC no fueron iguales ni mayores a la resistencia a la tracción patrón, teniendo una resistencia a la tracción de  $17.5 \text{ Kg/cm}^2$  para la muestra con 6% de CBC,  $16.6 \text{ Kg/cm}^2$  para la de 12% de CBC y  $15.7 \text{ Kg/cm}^2$  para la muestra de 18% de CBC.

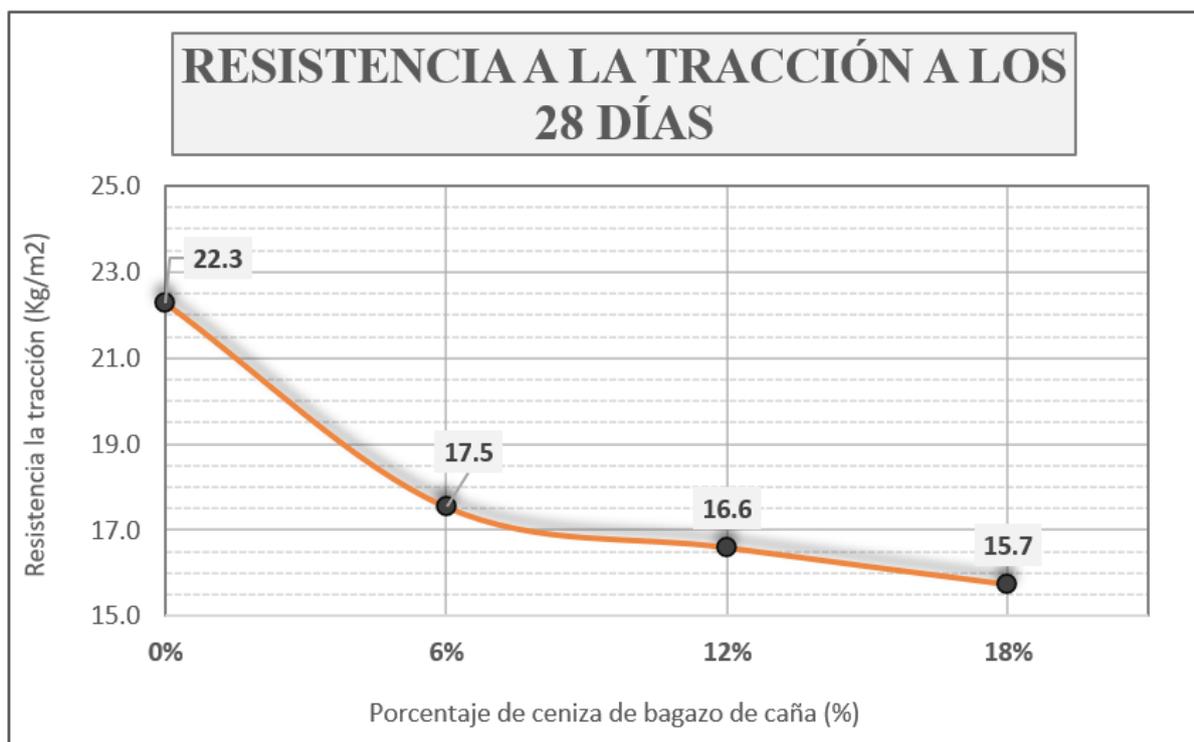


Figura 30: Comparación de la resistencia a la tracción a la edad de 28 días para las muestras con y sin CBC

También se puede notar en la figura 30 que la resistencia a la tracción del concreto con 6 % de CBC disminuyó un  $4.7 \text{ Kg/cm}^2$ , la que contenía 12 % bajó un  $5.7 \text{ Kg/cm}^2$ , y la de 18 % descendió un  $6.5 \text{ Kg/cm}^2$ , todas respecto a la resistencia a la tracción de control.

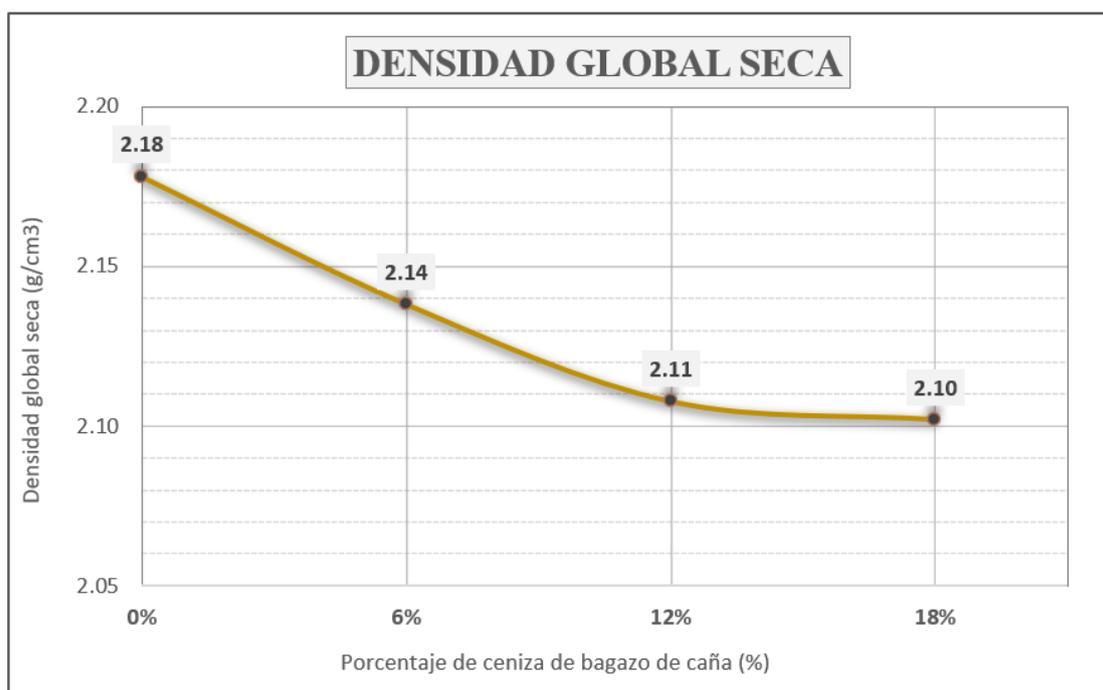
## Resultados de ensayos de densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido

Con muestras de concreto endurecido a la edad de 28 días se realizaron los procedimientos correspondientes al ensayo de laboratorio descrito en la NTP 339.187, y se obtuvieron los siguientes resultados, presentados en el cuadro a continuación:

*Tabla 44: Resultados del ensayo de densidad, absorción y porcentaje de vacíos para las muestras de concreto endurecido con y sin CBC*

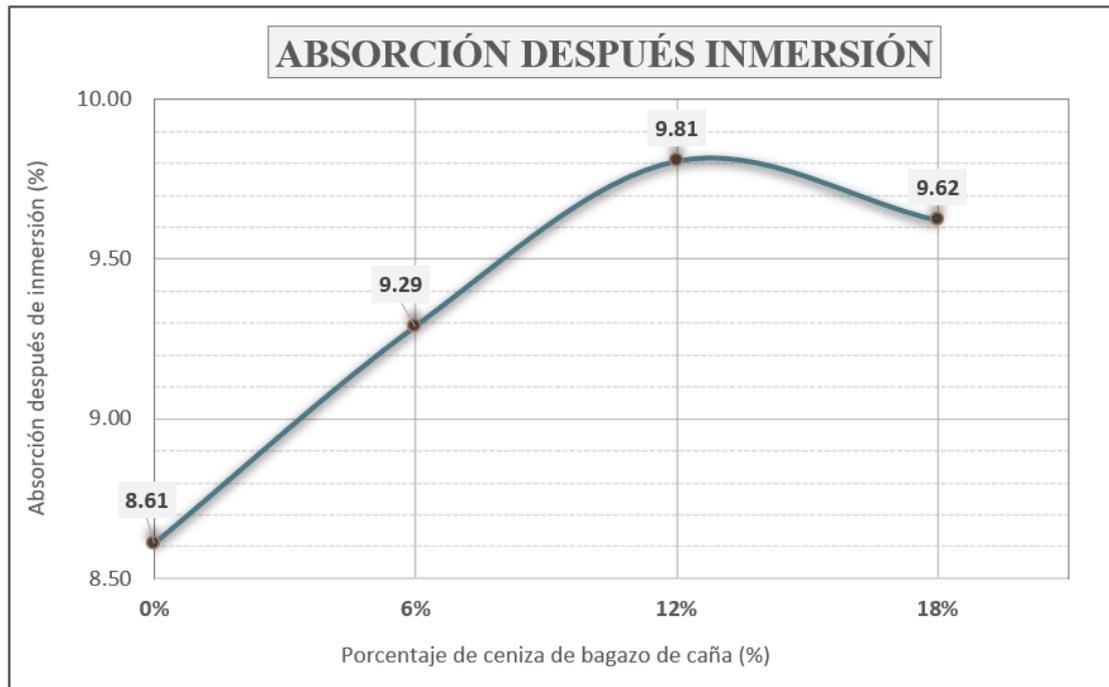
PORCENTAJE DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA	ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN (%)	DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm <sup>3</sup> )	VOLUMEN DE VACÍOS (%)
0%	8.61	2.18	13.34
6%	9.29	2.14	14.15
12%	9.81	2.11	14.39
18%	9.62	2.10	14.60

*Fuente: Elaboración propia*



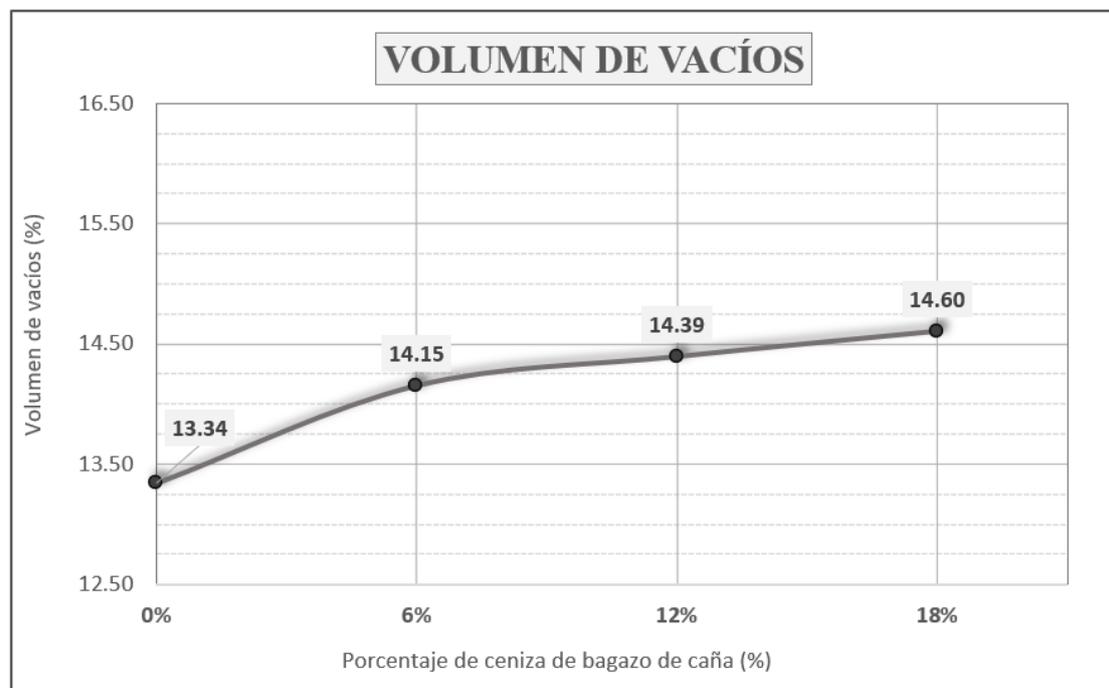
*Figura 31: Resultados de la densidad global seca*

En la figura 31, se puede notar que la densidad global seca promedio de las muestras sin CBC fue de 2.18 g/cm<sup>3</sup>, mientras que las que si contenían CBC descendieron en un rango de 0.04 a 0.08 g/cm<sup>3</sup>.



*Figura 32: Resultados de la absorción después de la inmersión en agua*

Se puede apreciar que en la figura 32 la absorción después de la inmersión en agua del concreto convencional sin CBC fue de 8.61 %, y para las que contenían 6 y 12 % de CBC aumentó a 9.29% y 9.19% respectivamente, caso contrario con la de 18% de CBC que descendió a 9.62% pero siendo mayor que la muestra concreto convencional.

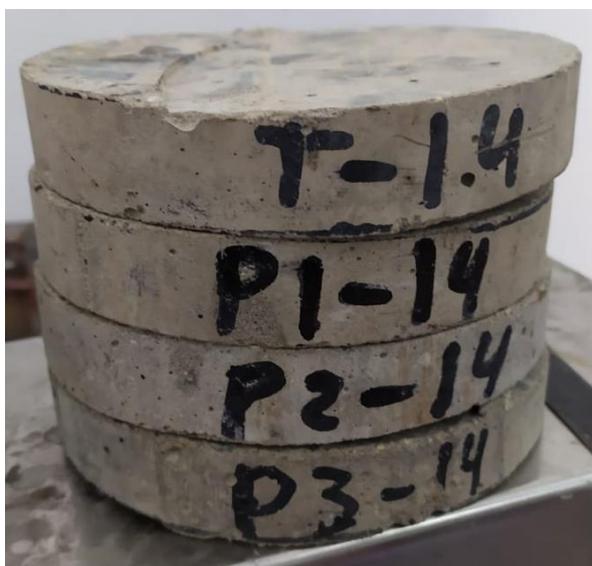


*Figura 33: Resultados del volumen de vacíos en el concreto endurecido con y sin CBC*

En la figura 33, se nota que la muestra de concreto sin CBC presentó un volumen de vacíos promedio de 13.34%, mientras que las que si contenían CBC fueron aumentando en un rango pequeño comenzando con la de 6% que presentó 14.15% de vacíos, siguiendo con la de 12% que tuvo 14.39% y por último la de 18% que se elevó a 14.60% de volumen de vacíos.

### **Resultados de la verificación de color del concreto con CBC**

Para llevar a cabo esto se observó superficialmente muestras, con las mismas características de las tomadas para el ensayo de volumen de vacíos, entre la de la concreto convencional y las que contenían CBC, resultando que no hubo una variación de color alguna de la parte expuesta ni tampoco de la interna.



*Figura 34: Visualización de la parte expuesta del concreto para las muestras con y sin CBC*



*Figura 35: Visualización de la parte interna del concreto para las muestras con y sin CBC*

### **Resultados del análisis comparativo económico entre el concreto convencional y el concreto con CBC**

El presente análisis comparativo económico fue realizado en base a la experiencia y procesos descritos en apartados anteriores de la presente investigación. Asimismo, los precios unitarios de los materiales son del mercado real regidos hasta la presente fecha, las cuadrillas fueron tomadas del libro de Capeco para la misma partida, y los salarios del operario, oficial y peón fueron tomados según la tabla salarial de construcción civil vigente del 01 de junio del 2021 al 31 de mayo del 2022.

En lo que corresponde a los rendimientos utilizados se pasó a Kg/día los mostrado en los apartados de recolección y tamizado de la CBC. Como la jornada laboral por día es de 8 horas hombre se realizó el siguiente cálculo:

Rendimiento de la recolección de la CBC:  $30 \text{ Kg/h} * 8 = 240 \text{ Kg/día}$

Rendimiento de la limpieza y tamizado de la CBC:  $1.875 \text{ Kg/h} * 8 = 15 \text{ Kg/día}$

Tabla 45: Análisis de costo unitario para la recolección de la CBC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
<b>PARTIDA :</b> Recolección de la ceniza de bagazo de caña						<b>UNIDAD:</b> Kg
<b>CUADRILLA:</b> 1 Peón						<b>TOTAL:</b> S/ 0.60
<b>RENDIMIENTO:</b> 240.00 Kg/día						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
<b>MATERIALES</b>						
					-	
					-	
<b>COSTO DE MATERIALES</b>						0.00
<b>MANO DE OBRA</b>						
Peón	hh	1	0.0333	17.28	0.58	
					-	
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>						0.58
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
Desgaste de herramientas	%Mo		0.03	0.58	0.02	
<b>COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						0.02
<b>T O T A L:</b>						<b>0.60</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Análisis de costo unitario para la limpieza y tamizado de la CBC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
<b>PARTIDA :</b> Limpieza y tamizado de la ceniza de bagazo de caña						<b>UNIDAD:</b> Kg
<b>CUADRILLA:</b> 1 Peón						<b>TOTAL:</b> S/ 10.30
<b>RENDIMIENTO:</b> 15.00 Kg/día						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
<b>MATERIALES</b>						
					-	
					-	
<b>COSTO DE MATERIALES</b>						0.00
<b>MANO DE OBRA</b>						
Peón	hh	1	0.5333	17.28	9.22	
					-	
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>						9.22
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
Desgaste de herramientas	%Mo		0.03	9.22	0.28	
Tamiz N°200	hm	1	0.53	1.50	0.80	
<b>COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						1.08
<b>T O T A L:</b>						<b>10.30</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Cálculo del precio unitario de la CBC

Recolección de la ceniza de bagazo de caña	S/ 0.60
Limpieza y tamizado de la ceniza de bagazo de caña	S/ 10.30
<b>PRECIO UNITARIO DE LA CBC</b>	<b>S/ 10.9</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Análisis de costo unitario para una partida de concreto convencional

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
<b>PARTIDA :</b> Concreto f'c = 175 Kg/cm <sup>2</sup> para veredas e = 10 cm						<b>UNIDAD:</b> m <sup>2</sup>
<b>CUADRILLA:</b> Vaciado: 3 Operario + 1 Oficial + 6 Peón						<b>TOTAL: S/ 46.00</b>
<b>RENDIMIENTO:</b> 100.00 m <sup>2</sup> /día						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						
Cemento Pacasmayo tipo I	bls		0.82	24.58	20.09	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>		0.06	50.85	3.11	
Piedra chancada 3/4"	m <sup>3</sup>		0.06	76.27	4.75	
Agua	m <sup>3</sup>		0.02	5.08	0.10	
<b>COSTO DE MATERIALES</b>						<b>28.05</b>
MANO DE OBRA						
Operario	hh	3	0.2400	24.22	5.81	
Oficial	hh	1	0.0800	19.12	1.53	
Peón	hh	6	0.4800	17.28	8.29	
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>						<b>15.63</b>
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Desgaste de herramientas	%Mo		0.03	15.63	0.47	
Mezcladora de concreto de 9 p3	hm	1	0.0800	12.50	1.00	
Vibrador de concreto 4HP	hm	1	0.0800	10.59	0.85	
<b>COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						<b>2.32</b>
<b>T O T A L:</b>						<b>46.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Análisis de costo unitario para una partida de concreto con 6% de CBC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
PARTIDA : Concreto f 'c = 175 Kg/cm <sup>2</sup> con reemplazo del 6% de CBC para veredas e = 10 cm						UNIDAD: m <sup>2</sup>
CUADRILLA: Vaciado: 3 Operario + 1 Oficial + 6 Peón						TOTAL: S/ 67.51
RENDIMIENTO: 100.00 m <sup>2</sup> /día						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
<b>MATERIALES</b>						
Cemento Pacasmayo tipo I	bls		0.77	24.58	18.89	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>		0.06	50.85	3.11	
Piedra chancada 3/4"	m <sup>3</sup>		0.06	76.27	4.75	
Agua	m <sup>3</sup>		0.02	5.08	0.10	
Ceniza de bagazo de caña (CBC)	kg		2.08	10.9	22.71	
<b>COSTO DE MATERIALES</b>						49.56
<b>MANO DE OBRA</b>						
Operario	hh	3	0.2400	24.22	5.81	
Oficial	hh	1	0.0800	19.12	1.53	
Peón	hh	6	0.4800	17.28	8.29	
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>						15.63
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
Desgaste de herramientas	%Mo		0.03	15.63	0.47	
Mezcladora de concreto de 9 p3	hm	1	0.0800	12.50	1.00	
Vibrador de concreto 4HP	hm	1	0.0800	10.59	0.85	
<b>COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						2.32
<b>T O T A L:</b>						<b>67.51</b>

Fuente: Elaboración propia

Como no se tiene un porcentaje óptimo de CBC no se realizó una comparación de costos con todas las mezclas de concreto con CBC, sin embargo, si se realizó la comparación con la mezcla que contiene 6% de CBC.

Observando la tabla 48, la cual contiene el análisis de costo unitario para una partida de Concreto f 'c = 175 Kg/cm<sup>2</sup> para veredas e = 10 cm que tiene un total de S/46.00; y la tabla 49, la cual muestra el análisis de costo unitario para una partida de Concreto f 'c = 175 Kg/cm<sup>2</sup> con reemplazo del 6% de CBC para veredas e = 10 cm que tiene un total de S/67.51; se analiza ambos costos y se determina que ocurre un incremento de S/21.51 al usar 6% de CBC como reemplazo parcial del cemento.

## Discusión

### Formas de recolección y quemado de CBC

Para esta investigación se recolectó la CBC de una empresa agroindustrial azucarera, la cual la quema en hornos a altas temperaturas (700 a 1100 °C), de igual manera se hizo en la investigación de [1], [7] y [10], por el contrario en [9] se utilizó CBC obtenido mediante una calcinación controlada a una temperatura menor que la de los hornos de las empresas. Se menciona esto pues según [3] la presencia o no de una calcinación controlada influye en el contenido de sílice de la CBC.

### Propiedades de la CBC

En cuanto a las propiedades físicas de la CBC se obtuvo una densidad de 2.13 g/cm<sup>3</sup>, coincidiendo con la investigación de [10] en la que su muestra de ceniza tiene una densidad de 2.12 g/cm<sup>3</sup>. La CBC usada en el diseño de mezcla fue de un tamaño de partícula de 75 micras al igual que las investigaciones de mientras que las investigaciones de [1] y [8], mientras que [9] y [10] utilizaron un tamaño de partícula de 150 micras. Otra propiedad estudiada fue el módulo de fineza en la que resultó ser de 0.62 a diferencia de [10] que tuvo un módulo de fineza mucho mayor de 1.43.

### Propiedades de los agregado grueso y fino

Al realizar los ensayos correspondientes a los agregados provenientes de la cantera “Tres Tomas” como es el caso de agregado grueso y “La Victoria” en el caso de agregado fino, se obtuvieron las siguientes características resumidas en las tablas 50 y 51, las cuales son semejantes a investigaciones como las de [10], quién utilizó agregados provenientes de las mismas canteras. Las características mencionadas son semejantes entre investigaciones con excepción del contenido de humedad, pues este depende del ambiente en el que se encuentra almacenado y expuesto el agregado.

*Tabla 50: Comparación de las características del agregado grueso entre esta investigación y la de [10]*

AGREGADO GRUESO (CANTERA "TRES TOMAS" )			
CARACTERÍSTICA	UNIDAD	DATOS DE ESTA INVESTIGACIÓN	DATOS DE LA INVESTIGACIÓN DE [10]
Tamaño máximo nominal	Pulg.	3/4	1/2
Contenido de humedad	%	1.69	0.47
Porcentaje de absorción	%	1.60	1.6
Peso unitario suelto seco	Kg/m <sup>3</sup>	1405.0	1435.0
Peso unitario compactado seco	Kg/m <sup>3</sup>	1451.0	1532.0
Peso específico de masa seca	Kg/m <sup>3</sup>	2681.0	2635.0

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 51: Comparación de las características del agregado fino entre esta investigación y la de [10]*

AGREGADO FINO (CANTERA "LA VICTORIA" )			
CARACTERÍSTICA	UNIDAD	DATOS DE ESTA INVESTIGACIÓN	DATOS DE LA INVESTIGACIÓN DE [10]
Módulo de fineza	-	3.17	2.44
Contenido de humedad	%	2.74	1.45
Porcentaje de absorción	%	0.84	1.54
Peso unitario suelto seco	Kg/m <sup>3</sup>	1502.0	1369.0
Peso unitario compactado seco	Kg/m <sup>3</sup>	1645.0	1565.0
Peso específico de masa seca	Kg/m <sup>3</sup>	2612.0	2615.0

*Fuente: Elaboración propia*

En cuanto al diseño de mezcla, este se realizó siguiendo las indicaciones del método ACI – 211 para un  $f'c$  de 175 kg/cm<sup>2</sup>, un cemento tipo I Pacasmayo, un slump de 3" a 4", obteniendo resultados convencionales, como la dosificación, para un concreto con estas características. Además, en esta investigación también se utilizó el método de reemplazar nuestra materia prima (CBC) en porcentaje en peso del cemento, coincidiendo este proceso con la investigación de [7].

### **Resistencia a la compresión del concreto**

Las resistencias a la compresión alcanzadas por las muestras de concreto con CBC en su composición a la edad de 28 días mostradas en la figura 27, resultaron ser menores para 6, 12 y 18% de CBC como reemplazo parcial del cemento, respecto a la alcanzada por la muestra de concreto patrón con  $f'c = 175$  Kg/cm<sup>2</sup>, disminuyendo en 4, 11 y 21% respectivamente. Probando así que la CBC de bagazo de caña utilizada en esta investigación no optimizó la propiedad de resistencia a la compresión del concreto, pues tomando como referencia los estudios hechos por [1] y [6] la ceniza de bagazo de caña tiene en su composición un alto contenido de SiO<sub>2</sub>, por lo que se había planteado la idea de utilizarlo como material cementicio suplementario. De la misma forma las investigaciones a continuación estudiaron el comportamiento CBC en el concreto, pero con resultados distintos a los expuestos previamente:

En [8], se tomó a la CBC como un aditivo en un concreto  $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup> y no como reemplazo parcial de alguno de sus componentes, sin embargo, se obtuvo resultados para la resistencia a la compresión favorables para el porcentaje de 5% y 10 % de CBC, aumento en un 6% y 1% respecto a la que no contenía adición.

En [9] la resistencia a la compresión a los 28 días aumentó un 16 % respecto al concreto patrón para cada uno de sus porcentajes de la CBC como adición (8,10 y 12%).

Para la investigación de [10], se tiene un concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , el cual utiliza la CBC como adición en el concreto, dicho esto se tuvieron los siguientes resultados mostrados en la tabla 52, en la que el porcentaje realizado por [10] es calculado respecto al  $f'c$  de diseño, con el que para la adición de 8% de CBC supone un aumento de 17% de la resistencia a la compresión, es por esto que para seguir evaluando a la CBC como MCS debería tomarse el porcentaje real, el cual es tomado respecto a la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón, teniendo así un aumento de 11%, el cual resulta ser menos que el mencionado en [10]. De igual forma sucede con 10 y 15% de CBC en el concreto.

*Tabla 52: Porcentaje real para la resistencia a la compresión de la investigación de [10]*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO DE 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>Porcentaje de CBC</b>	<b>Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje realizado por [10]</b>	<b>Porcentaje real</b>
0%	221.69	106%	100%
8%	245.63	116.97%	111%
10%	200.00	95.24%	90%
15%	175.60	83.62%	79%

### **Resistencia a la tracción del concreto**

La resistencia a la tracción se vio disminuida en todas las muestras de concreto con CBC en su composición, teniendo una diferencia de 4.7 a 6.5 Kg/cm<sup>2</sup> respecto a la muestra patrón, provocando un efecto indeseable y evidenciando que la CBC no mejora esta propiedad. Se tiene también la investigación de [1], la cual realizó resistencia a la tracción para mortero, teniendo resultados casi constantes entre sus muestras con y sin CBC, como adición.

### **Porcentaje de vacíos en el concreto endurecido**

Los vacíos en el concreto endurecido están relacionados con la porosidad que este presenta y según investigaciones un material puzolánico ayuda en la reducción de esta, contribuyendo a una mayor durabilidad, dicho esto en esta investigación se supone a la CBC como material puzolánico y cementicio suplementario según [6], y con el motivo de comprobar esto se realizó un ensayo normado que determina el porcentaje de vacíos en el concreto endurecido. Con el ensayo anteriormente mencionado se obtuvo que las muestras de concreto con CBC como reemplazo parcial del cemento aumentaron

su porosidad en un rango de 1 a 1.5 % respecto a la muestra patrón que tuvo 13.34% de volumen de vacíos; dicho esto se descarta que usar de esta manera la CBC reduzca la porosidad del concreto. Se analizó de igual manera esta propiedad del concreto en [7], resultando que las muestras con CBC aumentaron su porosidad en un rango de 2.8 a 3.5%; resultando de una manera similar a esta investigación, aunque diferenciando en un pequeño valor el volumen de vacíos del concreto patrón, pues para [7] tuvo 11.6% de volumen de vacíos.

### **Evaluación del comportamiento del concreto con CBC**

Con los resultados obtenidos por los ensayos de resistencia a la compresión, tracción y densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido, se puede rechazar la hipótesis planteada en esta investigación, puesto que la CBC no influyó positivamente al incorporarse en el concreto, es más hubo una reducción de las propiedades mencionadas.

## Conclusiones

- La ceniza de bagazo de caña utilizada en esta investigación presenta propiedades físicas tales como un tamaño de partícula de 75 micras, un módulo de fineza de 0.62, una densidad de  $2.13 \text{ g/cm}^3$  y un color oscuro.
- Al realizar los ensayos de laboratorio correspondiente se obtuvieron las características físicas de los agregados a utilizar en las mezclas de concreto, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Tamaño máximo nominal	Pulg.	3/4	-
Módulo de fineza	-	-	3.17
Contenido de humedad	%	1.69	2.74
Porcentaje de absorción	%	1.60	0.84
Peso unitario suelto seco	$\text{Kg/m}^3$	1405.0	1502.0
Peso unitario compactado seco	$\text{Kg/m}^3$	1451.0	1645.0
Peso específico de masa seca	$\text{Kg/m}^3$	2681.0	2612.0

- Luego de haber realizado el diseño de mezcla para un concreto convencional con una resistencia a la compresión de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando el método del ACI, se obtuvo una dosificación en peso de 1 : 2.9 : 2.6 / 24.3 lts/bls, con una relación agua – cemento de 0.63, utilizándose así 7.7 bolsas de cemento en un metro cúbico de concreto.
- Para las mezclas de concreto con CBC se mantuvo la misma relación agua - cemento de 0.63, pues para que esto sea posible se convertiría en una relación agua - material cementicio, en la que la cantidad de CBC por metro cúbico estaría sumada a la del cemento, esto se puede observar en la tabla 27 donde se está realizando el reemplazo en peso del cemento, por lo que la cantidad de bolsas por metro cúbico variaría así como sus dosificaciones mostradas en la tabla 28, disminuyendo  $0.5 \text{ bls/m}^3$  para el reemplazo de 6%,  $0.9 \text{ bls/m}^3$  para el de 12%, y  $1.4 \text{ bls/m}^3$  para el de 18%.
- Al analizar los resultados de los ensayos al concreto se tiene que:  
Evaluando las propiedades del concreto en estado fresco se concluye que la trabajabilidad y el contenido de aire para las muestras de concreto con CBC no sufrieron mucha variación respecto a la patrón; por el contrario el peso unitario si se vio afectado disminuyendo este a mayor porcentaje de CBC en el concreto.

Al evaluar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión del concreto, se tiene que la muestra patrón alcanzó un valor de esta de 219.5 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para el concreto con 6% de CBC fue de 210.4 Kg/cm<sup>2</sup>, para 12% fue 195.4 Kg/cm<sup>2</sup>, y 18% de CBC tuvo 173 Kg/cm<sup>2</sup>. Otra propiedad es la resistencia a la tracción del concreto, la cual para la muestra patrón fue de 22.3 Kg/cm<sup>2</sup>, y se tuvo una resistencia a la tracción de 17.5 Kg/cm<sup>2</sup> para la muestra con 6% de CBC, 16.6 Kg/cm<sup>2</sup> para la de 12% de CBC y 15.7 Kg/cm<sup>2</sup> para la muestra de 18% de CBC; ambas propiedades evidencian claramente que a mayor porcentaje de CBC estas disminuyen su valor. Se tiene también el volumen de vacíos del concreto el cual observando la figura 33 se puede concluir que a mayor porcentaje de CBC el concreto presenta mayor cantidad de poros o vacíos en su estructura.

Con los datos expuestos anteriormente se puede notar que ningún diseño que contenía CBC en su composición resultó con un porcentaje mayor respecto al patrón, concluyendo así que la CBC como reemplazo porcentual del cemento no presenta un comportamiento de material cementicio suplementario, puesto que no mejora las propiedades del concreto estudiadas tales como compresión, tracción y porcentaje de vacíos, tomadas en cuenta para realizar esta comparación. Además, luego de haber realizado la observación descrita anteriormente mediante un microscopio 1000 X, se pudo concluir que la CBC estudiada no presentaba una reacción con el agua al mezclarse, la cual es otra característica de un material cementicio suplementario que esta tampoco presenta.

Se comparó los resultados de las resistencias a la compresión de las mezclas de concreto con CBC con la resistencia patrón, puesto que los cálculos para el reemplazo de CBC en el cemento fueron realizados a partir de la dosificación de esta.

Si bien es cierto la resistencia patrón superó a la teórica (175 Kg/cm<sup>2</sup>), sigue siendo menor a la resistencia requerida (245 kg/cm<sup>2</sup>) para la cual fue diseñada la mezcla. Además, se toma como guía a la mezcla patrón debido a que esta cumple con los parámetros de diseño del método del ACI - 211, y si a esta se le adiciona o modifica cualquier material (CBC en este caso) se puede verificar si sus propiedades mejoran o se mantienen, comparando la nueva mezcla con la inicial.

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión, tracción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido, no se tuvo un porcentaje óptimo puesto que, al utilizar la CBC como reemplazo parcial del cemento en porcentajes de 6, 12 y 18% no se obtuvo una mejora con ninguno de estos.
- Al realizar el análisis comparativo económico entre una partida para una mezcla de concreto con y otra sin CBC se concluye que ocurre un incremento de S/21.51 al usar 6% de CBC como reemplazo parcial del cemento.

## Recomendaciones

- Comparar la resistencia alcanzada de las muestras de concreto con cualquier adición con la resistencia de las muestras de concreto patrón, en lugar de la resistencia de diseño teórica, pues al hacer esto se tendría resultados correctos respecto a una evaluación como material cementicio suplementario.
- Para tener una resistencia patrón más cercana a la teórica con similares características de los agregados de esta investigación y mismos porcentajes de CBC, se recomienda optimizar la cantidad de cemento, lo cual conllevaría cambios en el valor de las resistencias de las mezclas de concreto con CBC, pero se podrían obtener resultados similares.
- Se debe realizar un correcto diseño de mezcla pues de lo contrario tendría repercusiones en los resultados, lo cual haría que la investigación demore un tiempo más y se tendrían resultados que no tendrían mucha significancia.
- Se recomienda realizar más investigaciones pues la CBC en algunas investigaciones resulta ser provechosa mientras que en otras no.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal si se va a realizar el tamizado de la CBC, pues al ser un material muy fino resulta muy contaminante de manera superficial e interna afectando esta última condición al aparato respiratorio.
- Se recomienda realizar más estudios acerca de la influencia de la temperatura de calcinación de la CBC en sus propiedades.

## Referencias

- [1] F. A. S. S. M. T. E. C. B. M. P. H. A. A. d. M. N. R. A. Berenguer, «LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS MORTEROS.,» *Revista ALCONPAT*, vol. 8, n° 1, 2018.
- [2] ASOCAÑA, «Aspectos generales del sector agroindustrial de la caña 2017 - 2018 / Informe anual,» Cali, Colombia, 2018.
- [3] M. A. Rojas Manzano y J. P. Izquierdo, «USO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA (CBC) COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND - CASO COLOMBIA,» de *61° Congreso Brasileiro do Concreto CBC 2019*, Brazil, 2019.
- [4] Gestión, «USDA: Perú producirá 10.6 millones de toneladas métricas decaña de azúcar en campaña 2019,» *GESTIÓN*, 11 Abril 2019.
- [5] R. A. RPP, «¿Cuánta azúcar se produce en el norte y se importa al Perú?,» *RPP noticias*, 06 Junio 2017.
- [6] Noorwirdawati Ali, Mohd Hazeq Adhahuddinsa Mohd Sobri, Josef Hadipramana, Abdul Aziz Abdul Samad y Noridah Mohamad, «Potential Mixture of POFA and SCBA as Cement Replacement in Concrete,» de *MATEC Web of Conferences 103*, Malaysia, 2017.
- [7] D. . Y. Chulim Tec, A. Yeladaqui Tello y D. L. Trejo Arroyo, «Propiedades físico-mecánicas del concreto con sustitución parcial de ceniza de bagazo de caña de azúcar,» *Ava Cient*, vol. VII, n° 2, pp. 87-93, 2019.
- [8] J. J. L. Balladares Uriarte y Y. K. Ramírez Villacorta, «“Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020”,» Tarapoto, Perú, 2020.
- [9] G. A. Jiménez Chávez, «Resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar, UPNC 2016,» Cajamarca, Perú, 2016.
- [10] E. E. IDROGO PEREZ , «Estudio de la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> con ceniza de bagazo de caña de azúcar Pimentel, Chiclayo,» Chiclayo, Perú, 2018.
- [11] F. Abanto Castillo, *Tecnología del concreto (Teoría y problemas)*, Lima, Perú: San Marcos, 1997.
- [12] E. R. López, *Naturaleza y materiales del concreto*, Lima, Perú: ACI PERÚ, 2000.
- [13] J. D. Moreno, «360enconcreto,» Grupo Argos, 2020. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/efectos-de-cementantes-suplementarios>.
- [14] R. N. d. Edificaciones, «Norma E. 060 Concreto Armado,» Perú, 2018.
- [15] T. E. Harmsen, *Diseño de estructuras de concreto armado*, Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002.

## Anexos

## **Anexo N° 01: Hoja técnica de la CBC**



**Anexo N° 02: Hoja de seguridad de la  
CBC**

## HOJA DE SEGURIDAD DE LA CBC

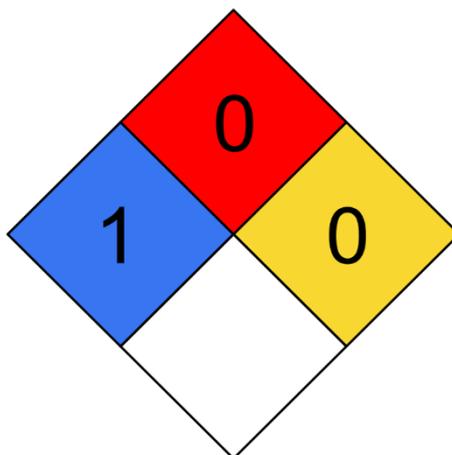
### IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

**Nombre:** Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBC)

**Aspecto:** Polvo

**Productores:** Empresas agroindustriales azucareras

### IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS DE LA CBC SEGÚN NFPA 704



Salud: 1      Inflamabilidad: 0      Inestabilidad: 0

<b>Información sobre los peligros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Irrita al contacto con los ojos.</li> <li>✓ Irrita las vías respiratorias al manipularse por un tiempo prolongado o continuo.</li> <li>✓ Inflamable</li> </ul>
---------------------------------------	---

### PRIMEROS AUXILIOS

<b>Instrucciones generales</b>	Se debe facilitar la hoja de seguridad al personal de salud y/o a la persona que lo requiera con la finalidad de mitigar el daño.
<b>En caso de ingerirse</b>	No se debe inducir al vómito, tomar abundante agua si la cantidad ingerida fue pequeña, caso contrario acudir al médico.
<b>En caso de contacto con los ojos</b>	Se debe lavar la zona afectada con una gran cantidad de agua limpia durante 20 minutos y reposar, si la irritación crece o persiste recurrir al médico.
<b>En caso de inhalarse</b>	Si se produce irritación leve de las vías respiratorias al inhalarse se debe alejar de este material al afectado por un breve periodo de tiempo en una zona ventilada, si la irritación es de mayor grado se debe recurrir a un médico.

---

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

---

<b>Protección ocular</b>	Utilizar gafas protectoras de polvos de policarbonato u otro similar.
<b>Protección respiratoria</b>	Utilizar una mascarilla de protección para polvos, de preferencia una tipo AS, FFP1, FFP2, FFP3 o un respirador facial.
<b>Protección de las manos</b>	Utilizar guantes de nitrilo, látex ergonómico, neopreno u otro material semejante.
<b>Protección corporal</b>	Utilizar zapatos de seguridad y ropa protectora impermeable.

---

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

---

Evitar el vertido del material en cursos de agua naturales o redes de agua y desagüe. Si se diera el caso avisar a las autoridades competentes.

---

## ALMACENAMIENTO

---

- ✓ Mantener almacenada en bolsas o sacos, y no a intemperie pues se levantaría con el viento.
  - ✓ Almacenar lejos de alimentos y animales.
- 

## RECOMENDACIONES DE EXPOSICIÓN

---

- ✓ Se debe manipular el material en lugares abiertos o en zonas con ventilación
  - ✓ Tener cuidado con vientos fuertes, pues estos ocasionarían que se levante el material y afecte al personal que lo está manipulando.
- 

## DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

---

Si es que hubiese material excedente se recomienda darle una correcta disposición final junto con los otros residuos de construcción.

---

**Anexo N° 03: Informe de laboratorio de  
ensayo de granulometría a la CBC**

**Solicitante** : Chero Sánchez Carlos Eduardo

**Proyecto / Obra** : Tesis "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque"

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

**Fecha de apertura** : 21 de febrero de 2022

**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

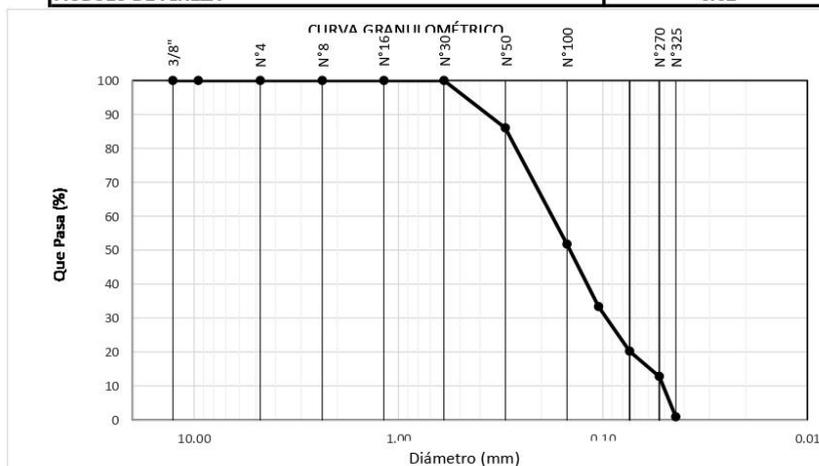
**NORMA** : N.T.P. 400.012

**Muestra** : Ceniza de bagazo de caña

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.520	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00
Nº 50	0.300	14.04	14.04	85.96
Nº 100	0.150	34.25	48.29	51.71
Nº 140 (*)	0.105	18.36	66.65	33.35
Nº 200 (*)	0.074	13.11	79.76	20.24
Nº 270 (*)	0.053	7.49	87.25	12.75
Nº 325 (*)	0.044	11.86	99.11	0.89

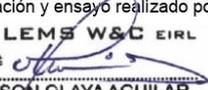
(\*) Tamices auxiliares.

**MÓDULO DE FINEZA** **0.62**



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

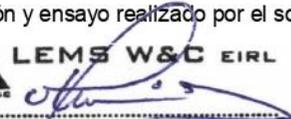
  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexo N° 04: Informe de laboratorio de  
ensayo de densidad de la CBC**

Solicitante : CHERO SÁNCHEZ CARLOS EDUARDO  
 Proyecto : **Tesis: Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque**  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : 05 de abril del 2022  
 ENSAYO : CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland  
 NORMA : NTP 334.005  
 Muestra: **Ceniza de bagazo de caña que pasa por tamiz N°200 - Empresa AGROPUCALÁ S.A.A.**

<b>Masa de Cemento Portland Tipo I</b>	(gr)	50
<b>Vol.inicial kerosene</b>	(ml)	0
<b>Vol.final desplazado kerosene</b>	(ml)	23.5
<b>Densidad Ceniza de bagazo de caña</b>	(g/ml)	<b>2.13</b>

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexo N° 05: Informe de laboratorio de  
ensayos de los agregados y diseño de  
mezcla**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

## **Diseño de Mezcla de Concreto F´C= 175 Kg/Cm2” Cemento Portland Tipo I Pacasmayo**

### **PROYECTO:**

**“Evaluación del concreto para  
elementos no estructurales  
empleando ceniza de bagazo de caña  
como material cementicio  
suplementario en el distrito  
dePucalá, Chiclayo, Lambayeque”.**

**ABRIL 2022**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

## INFORME TÉCNICO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe detalla las características principales de diseños de mezcla de concreto, de resistencia  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  con Cemento Portland Tipo I Pacasmayo, también se presentan los resultados de los ensayos de calidad del agregado grueso de la cantera Tres Tomas y el agregado fino de la cantera La Victoria para el proyecto: "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque".

### METODOLOGÍA

Para los diseños de mezcla de concreto se ha seguido la metodología del ACI, el cual se tiene verdadera confianza en los valores de los diseños resultantes.

En los cuadros N° 1 y N° 2 se muestran los requisitos mínimos de aceptación para agregados finos y gruesos respectivamente para uso en concreto. Cuadro N°01: Requisitos mínimos de aceptación para agregados finos

1.0 CONTENIDO DE SUSTANCIA PERJUDICIALES	
CARACTERÍSTICAS	MASA TOTAL DE LA MUESTRA
Terrones de arcillas y partículas deleznable	3% (máx.)
Material que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N°200)	3% (máx.)
Cantidad de partículas livianas	0.5% (máx.)
Contenido de sulfatos, expresado como ión $\text{SO}_4$	1.2% (máx.)
Contenido de cloruros, expresado como ión $\text{Cl}$	0.10% (máx.)
Carbón y lignito	0.5% (máx.)
Materia orgánica	—
Azul de metileno	5%(máx.)
Reactividad álcali sílice	$\text{SiO}_2 > r$ cuando $R > 70$ ; $\text{SiO}_2 > 35 + 0.5 R$ cuando $R < 70$
2.0 EQUIVALENTE DE ARENA	
Equivalente de arena	75% min.
3.0 GRANULOMETRIA	

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC  
 Solicitud, Análisis y Formulación  
 MGS, CIP, N°0278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).



Cuadro N°03: Características físicas mecánicas de los agregados grueso y fino

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADO
<b>A. AGREGADO FINO</b>		
Material que pasa el tamiz de 75um (N° 200)	%	1.7
Equivalente de arena del solicitante	%	68
Contenido de sales	%	0.06
Contenido de sulfatos	%	0.008
<b>B. AGREGADO GRUESO</b>		
Las especificaciones para el tipo	HUSO 67	
Ensayo de Abrasión (Maquina de los Ángeles)	%	22.2
Contenido de sales	%	0.05
Contenido de sulfatos	%	0.0075

Cuadro N°4:  $f_c=175 \text{ Kg/cm}^2$ 

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Tamaño Máximo Nominal	pulgada	3/4"
Slump	pulgada	3"- 4"
Aire Atrapado	%	2.00
Módulo de Fineza		3.17
Relación a/c		0.63
<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>		
Cemento	Saco de cemento	1
Agregado fino	Saco de cemento	2.9
Agregado grueso	Saco de cemento	2.8
Agua		24.3 lt/saco
<b>VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS PROPORCION EN PESO</b>		
Cemento	kg/m <sup>3</sup>	326
Agregado fino	kg/m <sup>3</sup>	955
Agregado grueso	kg/m <sup>3</sup>	860
Agua	kg/m <sup>3</sup>	187

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino B. Fernández  
RUC: 20110171  
REG. CH: 19279

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las muestras fueron traídas a nuestro laboratorio por el solicitante, por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que afecten la validez de los resultados.
- Tener en cuenta para la dosificación del agua que este diseño se realizó para los agregados que tenían la siguiente humedad (según muestras enviadas):
  - ✓ Arena : 2.74%
  - ✓ Piedra : 1.69%
- Si los agregados en obra tienen humedad diferente a las del diseño se deberá corregir la dosificación del agua a fin de no variar la relación a/c (agua/cemento)
- Las mezclas de concreto consistirán en una mezcla de agregado grueso, agregado fino, agua, cemento en la proporción del diseño.
- El resultado del equivalente de arena de laboratorio es 68% que cumple para concretos mayores a 210 kg/cm<sup>2</sup>, donde la norma pide como mínimo 65%.
- La limpieza del material obtenida gracias al ensayo del equivalente de arena, el cual limita la cantidad permisible de finos arcillosos en los agregados los cuales son perjudiciales para el concreto, por lo que se recomienda mantener limpio el material.
- Se recomienda mantener la gradación del material grueso (PIEDRA) y fino (ARENA) en la planta chancadora, según los husos granulométricos y así obtener una mejor producción para la mezcla de concreto.
- Nuestra empresa de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C., no se responsabiliza si el solicitante no cumple con el diseño de mezclas, la uniformidad de los agregados, los husos granulométricos y la limpieza de los agregados en especial de agregado fino.

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino B. F. Fernández  
D. N. 111  
REG. C. 0169279

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

- Se define la trabajabilidad como aquella propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con lo cual este material se puede mezclar, colocar, compactar y acabar compuestos de materiales similares en sus proporciones del diseño.
- El control de la calidad de los agregados será responsabilidad del contratista, estos deberán ser verificados que tengan las mismas características.
- Se recomienda un personal técnico de control de calidad permanente en obra para verificación del vaciado de concreto y curado.



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino B. de la Fernández  
ING. CIVIL  
REG. CHICLAYO 9278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**METODO DE ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO NORMAL CON CEMENTO PORTLAND**

REFERENCIA NORMATIVA : ACI COMITÉ 211

FECHA DE ENSAYO : 26/04/2022

METODO DE MUESTREO : Agregados en Careros

RESP. LAB. : S.B.F.

f<sub>c</sub> : f<sub>c</sub>=175 Kg/cm<sup>2</sup>

TEC. LAB. : H.D.R.

TIPO DE CEMENTO : Cemento Portland Tipo I Pacasmayo

METODO DE DISEÑO: ACI COMITÉ 211	
RESISTENCIA A LA COMPRESION ESPECIFICADA A LOS 28 DIAS	ASENTAMIENTO (SLUMP) : 3" - 4"
	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO (PC) : 3.15

	CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADOS	
		FINO (F)	GRUESO (G)
1	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK (SATURADO SUPERFIC. SECA)	2.612	2.681
2	PESO UNITARIO SECO	1502.00	1405.0
3	PESO UNITARIO SECO COMPACTADO		1451.0
4	PORCENTAJE DE ABSORCION	0.84	1.6
5	CONTENIDO DE HUMEDAD	2.74	1.69
6	MODULO DE FINIEZA	3.17	
7	TAMANO MAXIMO NOMINAL	Nº94	3/4"

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA		FORMULAS	VALORES
A	ASENTAMIENTO REVENIMIENTO (SLUMP)	A	
B	VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA	B	205.0
C	PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO	C	2.00
D	RELACION AGUA - CEMENTO	D	0.83
E	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO COMPACTADO POR M <sup>3</sup>	E	0.58
H	PESO DEL CEMENTO	H	326.4
I	PESO SECO DEL AGREGADO GRUESO	I	845.0
J	VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO	J	0.194
K	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA	K	0.205
L	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE	L	0.020
M	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	M	0.356
N	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	N	0.356
O	PESO SECO DEL AGREGADO FINO	O	929.5
P	PESO DEL AGREGADO FINO HUMEDO	P	954.8
Q	PESO DEL AGREGADO GRUESO HUMEDO	Q	860.2
R	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO FINO	R	1.36
S	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO	S	0.97
T	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO FINO	T	17.66
U	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO	U	0.98
V	APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS	V	18.25
W	AGUA EFECTIVA	W	188.75

VALORES DE DISEÑO POR METRO CUBICO DE MEZCLA (SECO)			
CEMENTO :	326 Kg	AGUA :	205 Lt
		AGREG. FINO :	829 Kg
		AGREG. GRUESO :	846 Kg

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
CEMENTO :	326 Kg	AGUA :	187 Lt
		AGREG. FINO :	805 Kg
		AGREG. GRUESO :	860 Kg

COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCION EN PESO		PROPORCION EN VOLUMEN	
	CORREGIDA		CORREGIDA	
	1	2	1	2
CEMENTO	1	1	1	1
AGREGADO FINO	2.8	2.9	2.8	2.9
AGREGADO GRUESO	2.8	2.8	2.8	2.8
AGUA (En litros/bol.)	26.7	24.3	26.7	24.3

El Nuevo Rendimiento Teórico es: 7.7  
 Agregado grueso: T. Max. Nominal (") 3/4  
 Agregado Fino: T. Max. Nominal Nº94

Observaciones:

EMP  
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Díaz Rojas  
 TECNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Rojas Fernández  
 ING. CIVIL  
 REG. O. Nº 1278



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**

**SEMP**  
SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Vicente Risco Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**INFORME DE ENSAYO**

**CLIENTE** : Carlos Eduardo Chero Sánchez

**PROYECTO** : "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucallá, Chiclayo, Lambayeque".

**UBICACIÓN** : Chiclayo, Lambayeque

**TIPO DE PRODUCTO** : Agregados

**FECHA** : 25/04/2022

**FECHA DE EMISION** : 28/04/2022

**ING. ESPECIALISTA** : Secundino Burga Fernandez

**TECNICO LABORATORIO** : Humberto Diaz Rojas

**NOTA :**

- \* El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- \* Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.
- \* Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brinda toda la información), por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que afecten la validez de los resultados.

 **SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
Humberto Diaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

 **SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
Secundino Burga Fernandez  
ING. CIVIL  
REG. C.O. 109278



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.127 - 1998 (revisada el 2019)

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera

**FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**CODIGO INTERNO** : S.C

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**CANTERA** : Tres Tomas

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**MATERIAL** : Agregado Grueso

Descripción	1		
Peso de tara	0		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	1070		
Peso de la tara + muestra seca (gr)	1060		
Peso del agua contenida (gr)	10		
Peso de la muestra seca (gr)	1060		
Contenido de Humedad (%)	0.94		

#### Observaciones del ensayo

- \* Muestra disturbada
- \* Pesado constante : 2 horas
- \* Horno controlado a : 110  $\pm$ 5°C
- \* Exclusión de algún material : No
- \* Más de un tipo de material : No

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Humano Díaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Díaz Fernández  
ING. CIVIL  
REG. CP 10079



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1.5/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO**

METODO DE ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 400.037

FECHA DE ENSAYO : 26/04/2022

METODO DE MUESTREO : Agregados en Cantera

RESP. LAB. : S.B.F.

CODIGO INTERNO : S/C

TEC. LAB. : H.D.R.

CANTERA : Tres Tomas

MATERIAL : Agregado Grueso

DATOS DEL ENSAYO							
Tamices ASTM	Aberturas en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Humo n°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400				100.0	100 - 100	Tomado Máximo 1"
3/4"	19.050	750.0	7.9	7.9	92.1	90 - 100	Tamaño Máximo Nominal 3/4"
1/2"	12.700	3240.0	32.8	74.9	25.1	20 - 55	Peso Inicial Total: 9489.8 gr
3/8"	9.525	3110.0	32.8	74.9	25.1	20 - 55	
1/4"	6.350						
N° 4	4.750	2380.0	25.1	100.0	0.0	0 - 10	
N° 8	2.360					0 - 5	
N° 10	2.000						
N° 16	1.180						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420						
N° 50	0.297						
N° 60	0.250						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
PAN							
TOTAL		9489					
% PERDIDA							



Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Diaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Nolasco Fernandez  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 109278



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**


Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chidlayo - Provincia de Chidlayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chidlayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS  
**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.021 **FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022  
**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera **RESP. LAB.** : S.B.F.  
**CODIGO INTERNO** : S/C **TEC. LAB.** : H.D.R.  
**CANTERA** : Tres Tomas  
**MATERIAL** : Agregado Grueso

**DATOS DEL ENSAYO**

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	1148.20	1149.00	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	726.70	727.20	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	421.50	421.80	
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C ) (gr)	1130.00	1130.50	
E	Vol. de masa = C - ( A - D ) (gr)	403.3	403.3	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.681	2.680	2.681
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.724	2.724	2.724
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.802	2.803	2.803
	% de absorción = $((A - D) / D * 100)$	1.611	1.636	1.62%

Observaciones:



E.M.P.  
 SERVICIOS DE LABORATORIOS  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Díaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Baza Fernández  
 ING. CIVIL  
 REG. 00000278



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**


Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : PESOS UNITARIOS - SECO  
**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.017  
**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera  
**CODIGO INTERNO** : S.C.  
**CANTERA** : Tres Tomas  
**MATERIAL** : Agregado Grueso

**FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022  
**RESP. LAB.** : S.B.F.  
**TEC. LAB.** : H.D.R.

Peso unitario suelto						
		Identificación			Promedio	
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	18740	18731	18743		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	12482	12473	12485		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario suelto seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.406	1.405	1.406		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario suelto seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1406	1405	1406		1405

Peso unitario compactado						
		Identificación			Promedio	
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	19140	19148	19144		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	12882	12890	12886		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario compactado seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.451	1.452	1.451		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario compactado seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1451	1452	1451		1451

Observaciones:

  
 F.M.P.  
 SERVICIOS DE LABORATORIOS  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Diaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

  
 SERVICIOS DE LABORATORIOS  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Rojas Fernández  
 INGENIERO  
 REG. 123456789



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**


Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES )  
**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.019 **FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022  
**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera **RESP. LAB.** : S.B.F.  
**CODIGO INTERNO** : S/C **TEC. LAB.** : H.D.R.  
**CANTERA** : Tres Tonas  
**MATERIAL** : Agregado Grueso

**DATOS DEL ENSAYO**

Tamiz		A	B	C	D
Pasa	Retiene				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"		2500		
1/2"	3/8"		2500		
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº4				
Nº4	Nº8				
Peso total			5000		
Peso retenido tamiz Nº12			3890		
Pérdida después del ensayo			1110		
Nº de esferas			11		
Peso de las esferas			4532		
Tiempo de rotación (m)			15		
Porcentaje de desgaste (%)			22.2		

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Díaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Rojas Fernández  
ING. CIVIL  
REG. Nº 12578



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**

**EMP**  
ASFALTOS

Au. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.152

**FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Contien

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S/C

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : Tres Tomas

**MATERIAL** : Agregado Grueso

DATOS DEL ENSAYO					
Muestra	Identificación				Promedio
	1	2			
Peso Tarro (Báker 100 ml.) Pyres	48.50	57.82			
Peso Tarro + agua + sal	93.76	123.00			
Peso Tarro Seco + sal	48.52	57.85			
Peso de Sal	0.02	0.03			
Peso de Agua	45.26	50.00			
Porcentaje de Sal	0.04	0.06			0.05

Observaciones:

 **SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
Humberto Díaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

 **SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
Secundino Díaz Fernández  
ING. CIVIL  
REG. Nº 168278



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**


Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.042 **FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera **RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S/C **TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : Tres Tomas

**MATERIAL** : Agregado Grueso

**DATOS DEL ENSAYO**

Descripción	Pesos por millón (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de cloruros (CL)	113	0,0113	Insignificante
Contenido de sulfatos (SO4-2)	75	0,0075	Insignificante

Observaciones:



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino García Fernández  
INGENIERO CIVIL  
Nº 109278



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO \*

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.037

**FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera

**RESP. LAB.** : S.B.F.

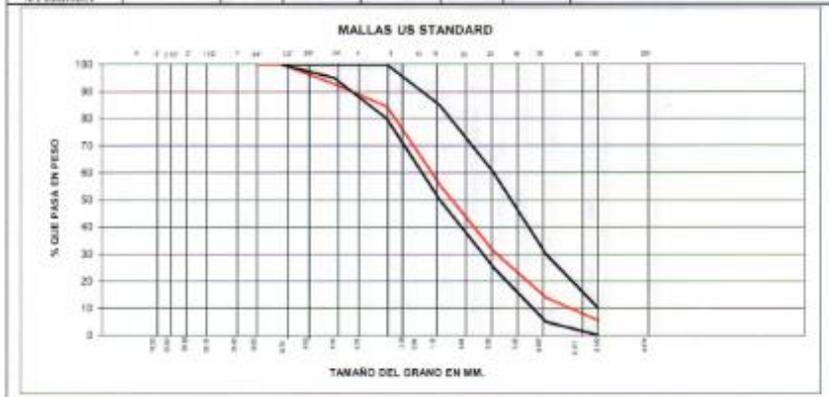
**CODIGO INTERNO** : SC

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : La Victoria

**MATERIAL** : Agregado Fino

DATOS DEL ENSAYO							
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificación	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
20"	50.800						
1 1/2"	38.100						
3"	76.200						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.0		
1/4"	6.350					100	
N° 4	4.750	36.4	7.3	7.3	92.7	95 - 100	
N° 8	2.360	41.2	8.2	15.5	84.5	80 - 100	
N° 10	2.000						
N° 16	1.190	144.8	29.0	44.5	55.5	50 - 85	
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	122.5	24.5	69.0	31.0	25 - 60	
N° 40	0.420						
N° 50	0.297	85.2	17.0	86.0	14.0	5 - 30	
N° 60	0.250						
N° 100	0.149	42.7	8.5	94.6	5.4	0 - 10	
N° 200	0.074	18.6	3.7	98.3	1.7		
PAN		8.6	1.7	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Balleza Fernández  
ING. CIVIL  
REG. N° 19278



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**
**EMP**  
 ASFALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**
**METODO DE ENSAYO** : CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.127 - 1998 (revisada el 2019)

**FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S/C

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : La Victoria

**MATERIAL** : Agregado Fino

Descripcion	1		
Peso de tara	0		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	340		
Peso de la tara + muestra seca (gr)	333		
Peso del agua contenida (gr)	7		
Peso de la muestra seca (gr)	333		
Contenido de Humedad (%)	2.10		

**Observaciones del ensayo**

- \* Muestra disturbada
- \* Peso constante : 2 horas
- \* Horno controlado a : 110 ±5°C
- \* Exclusión de algún material : No
- \* Más de un tipo de material : No


 SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

 Humberto Díaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

 SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

 Secundino Bustos Hernández  
 ING. CIVIL  
 REG. Nº 12879


**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**
**EMP**  
ASALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

**REFERENCIA NORMATIVA** : MTC E 205, NTP 400.022 **FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera **RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S/C **TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : La Victoria

**MATERIAL** : Agregado Fino

DATOS DEL ENSAYO				
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	300.00	299.38	
B	Peso Frasco + agua	695.10	694.90	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	995.10	994.28	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	881.10	880.70	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	114.00	113.58	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	297.50	296.90	
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	111.50	111.10	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.610	2.614	2.612
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.632	2.636	2.634
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.668	2.672	2.670
	% de absorción = ((A - F)/E)*100	0.840	0.835	0.84%

Observaciones:



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

HUMBERTO DIAZ ROJAS  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Buitrago Fernandez  
ING. CIVIL  
REG. 0100000278



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

### INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : PESOS UNITARIOS - SECO

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 400.017

FECHA DE ENSAYO : 26/04/2022

METODO DE MUESTREO : Agregados en Cantera

RESP. LAB. : S.B.F.

CODIGO INTERNO : S/C

TEC. LAB. : H.D.R.

CANTERA : La Victoria

MATERIAL : Agregado Fino

Peso unitario suelto						
		Identificación			Promedio	
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	19540	19660	19600		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	13282	13402	13342		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario suelto seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.496	1.509	1.502		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario suelto seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1496	1509	1502		1502

Peso unitario compactado						
		Identificación			Promedio	
		1	2	3		
Peso del recipiente + muestra	(gr)	20800	20920	20880		
Peso del recipiente	(gr)	6258	6258	6258		
Peso de la muestra	(gr)	14542	14662	14622		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	8880	8880	8880		
Peso unitario compactado seco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.638	1.651	1.647		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario compactado seco	(kg/m <sup>3</sup> )	1638	1651	1647		1645

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino María Fernández  
ING. CIVIL



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : EQUIVALENTE DE ARENA

**REFERENCIA NORMATIVA** : MTC E 114, NTP 339.146 **FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera **RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S/C **TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : La Victoria

**MATERIAL** : Agregado Fino

### DATOS DEL ENSAYO

Muestra	01	02	03		
Hora de entrada	08:05	08:07	08:09		
Hora de salida	08:15	08:17	08:19		
Hora de entrada	08:17	08:19	08:21		
Hora de salida	08:37	08:39	08:41		
Altura de nivel Material fino (A)	7.1	7.2	7.2		
Altura de nivel Arena (B)	4.8	4.9	4.9		
Equivalente de arena (B x 100/A)	67.6%	67.4%	67.8%		
Promedio		68%			

Observaciones:

**SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
**Humberto Diaz Rojas**  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DEL LABORATORIO

**SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
**Secundina Estela Fernández**  
INGENIERO  
REG. PROF. 1000079



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.152

**FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Cantera

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S/C

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : La Victoria

**MATERIAL** : Agregado Fino

DATOS DEL ENSAYO					
Muestra	Identificación				Promedio
	1	2			
Peso Tarro (Biker 100 mL) Pyrex	126.95	105.53			
Peso Tarro + agua + sal	169.51	155.53			
Peso Tarro Seco + sal	126.97	105.57			
Peso de Sal	0.02	0.04			
Peso de Agua	42.56	50.00			
Porcentaje de Sal	0.05	0.08			0.06

Observaciones:

 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Diaz Rojas  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundaria Patricia Fernández  
INGENIERO  
REG. 1078



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.042 **FECHA DE ENSAYO** : 26/04/2022

**METODO DE MUESTREO** : Agregados en Canteras **RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S.C. **TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : La Victoria

**MATERIAL** : Agregado Fino

DATOS DEL ENSAYO			
Descripción	Partes por millón (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de cloruros (CL)	120	0.012	Insignificante
Contenido de sulfatos (SO4-2)	80	0.008	Insignificante

Observaciones:

 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Díaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Echevarría Fernández  
 ING. CIVIL  
 REG. PROF. 12711



**Anexo N° 06: Informe de laboratorio de  
ensayo de resistencia a la compresión del  
concreto**

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Rizo Lote 15/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 968 928 250  
 Email: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

**REFERENCIA NORMATIVA** NTP 339.034 - 2021  
 "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pacala, Chiclayo, Lambayeque".

**PROYECTO** Distrito de Pacala, Chiclayo, Lambayeque

**UBICACION** Carlos Eduardo Cisero Sánchez

**CLIENTE** Concreto

**TIPO DE PRODUCTO** RESISTENCIA

**RESISTENCIA**  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**FECHA DE ENSAYO** : Indicada  
**RESP. LAB.** : S.B.F.  
**TEC. LAB.** : H.D.R.

PROBETA N°	CÓDIGO (INCO)	ESTRUCTURA				FECHA		EDAD (Días*)	T <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	LONGITUD- DIAMETRO	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA KN	RESISTENCIA A LA COMPRESION			TIPO DE FRACURA (NTP 339.034 FIGURA 2c)												
		DISEÑO	SEMP	TEMPERATURA A	PESO UNITARIO	CONTENIDO DE AGUA	MOLDEO								ROTURA	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>		%											
1	T-1	Disco plano	SEMP	Iera medida 4" (101.60 mm) 2da medida: 4" (101.60 mm)	2340.03 Kg/m <sup>3</sup>	1.5%			175	300.0	152.0	1.97	10145.8	306.8	16.9	172.4	96.5	Tpo 5												
2	T-2																	28/04/2022	6/05/2022	7	175	300.0	152.1	1.97	10149.7	295.5	16.3	165.7	94.7	Tpo 4
3	T-3																	28/04/2022	6/05/2022	7	175	300.0	152.2	1.97	10191.6	306.8	16.9	172.0	98.3	Tpo 5
4	T-4																	28/04/2022	13/05/2022	14	175	300.0	152.8	1.96	10377.4	352.3	19.2	195.9	111.9	Tpo 4
5	T-5																	28/04/2022	13/05/2022	14	175	300.0	152.7	1.96	10313.4	363.8	19.9	202.6	115.8	Tpo 5
6	T-6																	28/04/2022	13/05/2022	14	175	300.0	152.8	1.96	10377.4	378.1	20.4	207.5	118.8	Tpo 6
7	T-7																	28/04/2022	23/05/2022	26	175	300.0	151.2	1.98	17855.3	382.8	21.3	217.4	124.2	Tpo 6
8	T-8																	28/04/2022	23/05/2022	26	175	300.0	151.1	1.99	17811.6	390.8	21.8	222.1	126.9	Tpo 5
9	T-9																	28/04/2022	23/05/2022	26	175	300.0	151.0	1.99	17967.9	398.8	21.5	219.0	125.1	Tpo 5

(\*) Se informó en hora cuando la edad sea inferior a tres días.

Estado de la muestra: Óptimo.

Densidad: No requerida.

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

Los copias de este informe de roturas no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe de roturas es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.

SEMP  
SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

Firma de laboratorio

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Sociedad por Acciones  
Sociedad Civil  
RUC: 20487357465

Firma de laboratorio



Fin de documento

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Riva Lolo 137N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - E.M.P. Adhesivos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 958 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

**REFERENCIA NORMATIVA** NTP 339.034 - 2021  
 "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucallá, Chiclayo, Lambayeque".

**PROYECTO** Distrito de Pucallá, Chiclayo, Lambayeque

**UBICACION** Carlos Eduardo Chero Sánchez

**CLIENTE** Concreto

**TIPO DE PRODUCTO** RESISTENCIA

**RESISTENCIA**  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**FECHA DE ENSAYO** : Indicada  
**RESP. LAB.** : S.B.F.  
**TEC. LAB.** : H.D.R.

PROBETA	CODIGO UNSO	ESTRUCTURA				FECHA		EDAD (días)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (DIAMETRO)	AREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION			TIPO DE FRACATURA (NTP 339.034 FIGURA 2)	
		DESENHO	SLUMP	TEMPERATURA	PESO UNITARIO	CONTENIDO DE AGUA	MOLDEO								ROTURA	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>		%
1	PI-1	Diseño patrón con 6% de ceniza de bagazo de caña	Slump medido: 4" (101.60 mm) Slump medido: 4" (101.60 mm)	Temperatura Ambiente: 22.3 °C Temperatura Concreto: 25.3 °C	2714.56 Kg/m <sup>3</sup>	1.9%	20/06/2022	20/06/2022	7	175	300.0	151.5	1.98	18056.7	271.5	15.1	151.6	97.8	Tipo 5
2	PI-2						20/06/2022	20/06/2022	7	175	300.0	151.5	1.98	18026.7	285.7	15.8	161.6	92.4	Tipo 5
3	PI-3						20/06/2022	20/06/2022	7	175	300.0	151.6	1.98	18093.5	289.8	16.1	163.8	95.6	Tipo 5
4	PI-4						20/06/2022	14/05/2022	14	175	300.0	151.0	1.99	17987.9	321.8	17.9	182.8	104.6	Tipo 5
5	PI-5						20/06/2022	14/05/2022	14	175	300.0	151.4	1.98	18022.5	314.6	17.5	178.2	101.8	Tipo 5
6	PI-6						20/06/2022	14/05/2022	14	175	300.0	151.2	1.98	17953.3	308.8	17.2	174.9	100.0	Tipo 4
7	PI-7						20/06/2022	28/05/2022	28	175	300.0	151.5	1.98	18026.7	385.8	20.1	205.5	117.3	Tipo 3
8	PI-8						20/06/2022	28/05/2022	28	175	300.0	151.4	1.98	18082.9	379.5	21.1	215.0	122.8	Tipo 5
9	PI-9						20/06/2022	28/05/2022	28	175	300.0	151.6	1.98	18093.5	373.3	20.7	210.9	120.2	Tipo 5

(\*) Se informará en horas cuando la edad sea inferior a tres días.

Estado de la muestra: Óptimo.

Densidad: No requerida.

El certificado corresponde único y exclusivamente a la muestra recibida.

Las copias de este informe de ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado único y exclusivamente al cliente.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Díaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Vargas Fernández  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. INGENIEROS 169278  
 Responsable de Laboratorio.



Fin de documento

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Ruiz Lote 1,5/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 821 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

REFERENCIA NORMATIVA NTP 339.034 - 2021

PROYECTO "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando cenizas de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pacala, Chiclayo, Lambayeque".

UBICACIÓN Distrito de Pacala, Chiclayo, Lambayeque

CLIENTE Carlos Eduardo Chero Sischez

TIPO DE PRODUCTO Concreto

RESISTENCIA  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

FECHA DE ENSAYO : Indicada

RESP. LAB. : S.B.F.

TEC. LAB. : H.D.R.

PRUEBA	CÓDIGO UNICO	ESTRUCTURA					FECHA		EDAD (Días*)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	LONGITUD DIAMETRO	AREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION			TIPO DE FRACTURA (NTP 339.034 - FIGURA 2)
		DISEÑO	ALUMP	TEMPERATURA	PESO UNITARIO	CONTENIDO DE AIRE	NECLIBRO	ESTRUCTURA								Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	%	
1	P2-1	Diseño patrón con 12.5% de ceniza de bagazo de caña	Iera muestra: 6" (151.40 mm) Iba muestra: 5.5" (139.25 mm)	Iera muestra: Ambiente: 23.2 °C Concreto: 23.4 °C Iba muestra: Ambiente: 23.2 °C Concreto: 23.6 °C	2269.28 Kg/m <sup>3</sup>	1.9%	29/04/2022	3/05/2022	7	175	300.0	151.2	1.98	17935.3	252.7	14.1	142.5	82.0	Tpo 5
2	P2-2						29/04/2022	7/05/2022	7	175	300.0	151.1	1.99	17931.6	230.3	12.8	131.0	74.8	Tpo 5
3	P2-3						29/04/2022	7/05/2022	7	175	300.0	151.5	1.98	18026.7	275.2	15.3	159.7	89.0	Tpo 5
4	P2-4						29/04/2022	14/05/2022	14	175	300.0	152.2	1.97	18195.8	294.6	16.2	165.1	91.4	Tpo 5
5	P2-5						29/04/2022	14/05/2022	14	175	300.0	151.8	1.98	18098.1	277.0	15.3	156.1	89.2	Tpo 5
6	P2-6						29/04/2022	14/05/2022	14	175	300.0	152.1	1.97	18169.7	287.8	15.8	161.5	92.3	Tpo 5
7	P2-7						29/04/2022	28/05/2022	28	175	300.0	151.0	1.99	17907.9	356.2	19.9	202.8	115.8	Tpo 5
8	P2-8						29/04/2022	28/05/2022	28	175	300.0	151.1	1.99	17931.8	355.4	19.8	202.1	115.5	Tpo 5
9	P2-9						29/04/2022	28/05/2022	28	175	300.0	151.3	1.98	17979.1	319.5	17.8	181.2	98.5	Tpo 5

(\*) Se informa en horas cuando la edad sea inferior a tres días.

Estado de la muestra: Óptimo.

Densidad: No requerida.

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

Las copias de este informe de rotura no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe de rotura es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.

EMP ASALTOS  
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

Firma de laboratorio

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino P. Fernández

RESP. LAB. N° 150270

Responsable de laboratorio



Fin de documento

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Riso Lote 15/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 028 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

REFERENCIA NORMATIVA NTP 339.034 - 2021

"Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando coque de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pacallí, Chiclayo, Lambayeque".

PROYECTO

UBICACION

Distrito de Pacallí, Chiclayo, Lambayeque

CLIENTE

Carlos Eduardo Chero Sánchez

FECHA DE ENSAYO : Indicada

TIPO DE PRODUCTO

Concreto

RESP. LAB. : S.B.F.

RESISTENCIA

$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

TEC. LAB. : H.D.R.

PROBETA	CÓDIGO UNICO	ESTRUCTURA				TECNA		EDAD (días <sup>(*)</sup> )	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	LONGITUD DIAMETRO	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION			TIPO DE FRACATURA (NTP 339.034 - FIGURA 2c)	
		DISEÑO	SLUMP	TEMPERATURA A	PESO UNITARIO	CONTEIDO DE AIRE	MOLDURA								ROTURA	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>		%
1	P3-1	Diseño patin con 15 % de coque de bagazo de caña	Losa acollada 1' (25.40 mm) 2da acollada 11.8" (30.25 mm)	Ambiente 21.5 °C Concreto 25.1 °C 2da acollada Ambiente 21.5 °C Concreto 23.9 °C	2170.23 Kg/m <sup>3</sup>	2.0%	29942922	26052022	7	175	300.0	151.1	1.99	17931.6	247.8	33.8	140.9	83.2	Tipo 5
2	P3-2						29942922	26052022	7	175	300.0	151.2	1.98	17955.3	286.7	31.5	117.4	67.1	Tipo 2
3	P3-3						29942922	26052022	7	175	300.0	151.0	1.99	17907.9	213.1	31.9	121.3	69.3	Tipo 4
4	P3-4						29942922	14952022	14	175	300.0	152.2	1.97	18193.6	289.2	35.9	162.1	92.6	Tipo 5
5	P3-5						29942922	14952022	14	175	300.0	151.9	1.97	18122.0	291.5	36.1	164.0	93.7	Tipo 5
6	P3-6						29942922	14952022	14	175	300.0	152.0	1.97	18145.8	259.8	34.3	166.1	85.2	Tipo 5
7	P3-7						29942922	26052022	28	175	300.0	150.0	2.00	17688.0	283.8	36.6	169.1	96.8	Tipo 8
8	P3-8						29942922	26052022	28	175	300.0	150.0	2.00	17671.5	388.2	52.0	232.3	99.0	Tipo 5
9	P3-9						29942922	26052022	28	175	300.0	150.0	2.00	17688.0	384.0	51.3	235.5	100.0	Tipo 5

(\*) Se informará en horas cuando la edad sea inferior a tres días.

Estado de la muestra: Óptimo.

Densidad: No requerida.

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

Las copias de este informe de roturas no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe de roturas es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.

 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Diaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Sosa Fernández  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO



Fin de documento

**Anexo N° 07: Informe de laboratorio de  
ensayo de ensayo de resistencia a la  
tracción del concreto**

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**SEMP**  
ASFALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO

**REFERENCIA NORMATIVA** ASTM C496/C496M-17

**PROYECTO** "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pacalá, Chiclayo, Lambayeque".

**CANTERA** Distrito de Pacalá, Chiclayo, Lambayeque

**CLIENTE** Carlos Eduardo Chero Sánchez

**TIPO DE PRODUCTO** Concreto

**RESISTENCIA**  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**FECHA DE ENSAYO** : Indicada

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**TEC. LAB.** : H.D.R.

PROBETA N°	CÓDIGO ÚNICO	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	$f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD / DIÁMETRO	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
			MOLDEO	ROTURA							KN	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>	
1	T-10	Diseño patrón	28/04/2022	27/05/2022	28	175	301.0	151.4	1.99	18002.9	156.2	2.2	22.3	
2	T-11		28/04/2022	27/05/2022	28	175	301.1	151.4	1.99	18002.9	148.5	2.1	21.1	
3	T-12		28/04/2022	27/05/2022	28	175	301.0	151.2	1.99	17955.3	164.4	2.3	23.5	

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

Las copias de este informe de roturas no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe de roturas es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.

EMP  
SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERIOR DE LABORATORIO  
Técnico de laboratorio.

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundario Juan Fernández  
INGENIERO CIVIL  
Responsable de laboratorio.



Fin de documento.

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO

**REFERENCIA NORMATIVA** ASTM C496/C496M-17

**PROYECTO** "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucallá, Chiclayo, Lambayeque".

**CANTERA** Distrito de Pucallá, Chiclayo, Lambayeque

**CLIENTE** Carlos Eduardo Chero Sánchez

**TIPO DE PRODUCTO** Concreto

**RESISTENCIA**  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**FECHA DE ENSAYO** : Indicada

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**TEC. LAB.** : H.D.R.

PROBETA N°	CÓDIGO ÚNICO	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	F <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD / DIÁMETRO	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
			MOLEDO	ROTURA								Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>
1	PI - 10	Diseño patrón con 6% de ceniza de bagazo de caña	29/04/2022	28/05/2022	28	175	300,6	151,0	1,99	17907,9	118,9	1,7	17,0
2	PI - 11		29/04/2022	28/05/2022	28	175	300,4	151,0	1,99	17907,9	129,1	1,8	18,5
3	PI - 12		29/04/2022	28/05/2022	28	175	300,3	150,8	1,99	17860,5	119,6	1,7	17,1

El certificado corresponde única y exclusivamente a lo muestra recibida.

Las copias de este informe de roturas no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe de roturas es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.


**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

  
**Humberto Díaz Rojas**  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO  
 Técnico de laboratorio.

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
 Síguenos en las Redes Sociales  
 Responsable de laboratorio.  
 S.B.F. CIP 156276



Fin de documento.

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**EMP**  
ASFALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chidayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

### INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO      MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO

REFERENCIA NORMATIVA ASTM C496/C496M-17

PROYECTO      "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucallá, Chidayo, Lambayeque".

CANTERA      Distrito de Pucallá, Chidayo, Lambayeque

CLIENTE      Carlos Eduardo Chero Sánchez

TIPO DE PRODUCTO      Concreto

RESISTENCIA       $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

FECHA DE ENSAYO : Indicado

RESP. LAB. : S.B.F.

TEC. LAB. : H.D.R.

PROBETA N°	CÓDIGO ÚNICO	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	$f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD DIÁMETRO	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
			MOLDEO	ROTURA							KN	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>	
1	P2 - 10	Disco pasta con 12 % de ceniza de bagazo de caña	29/04/2022	28/05/2022	28	175	301.0	151.2	1.99	17955.3	117.1	1.6	16.7	
2	P2 - 11		29/04/2022	28/05/2022	28	175	301.0	151.1	1.99	17931.6	118.2	1.7	16.9	
3	P2 - 12		29/04/2022	28/05/2022	28	175	300.8	151.1	1.99	17931.6	113.5	1.6	16.2	

. El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

. Las copias de este informe de roturas no son válidas sin la autorización del laboratorio.

. Este informe de rotura es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

HILDA ROSA ROJAS  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO  
Técnico de laboratorio.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
MARGA HERNÁNDEZ  
Técnico de laboratorio.



Fin de documento.

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**SEMP**  
ASFALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chidlayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO**    **MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO**

**REFERENCIA NORMATIVA** ASTM C496/C496M-17

**PROYECTO** "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucallá, Chidlayo, Lambayeque".

**CANTERA** Distrito de Pucallá, Chidlayo, Lambayeque

**CLIENTE** Carlos Eduardo Chero Sánchez

**TIPO DE PRODUCTO** Concreto

**RESISTENCIA**  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**FECHA DE ENSAYO** : Indicada

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**TEC. LAB.** : H.D.R.

PROBETA N°	CODIGO UNICO	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD / DIÁMETRO	ÁREA (mm2)	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
			MOLDEO	ROTURA							KN	Mpa	Kg/cm2	
1	P3 - 10	Diseno patón con 18 % de ceniza de bagazo de caña	29/04/2022	28/05/2022	28	175	300.5	150.2	2.00	17718.6	112.7	1.6	36.2	
2	P3 - 11		29/04/2022	28/05/2022	28	175	300.6	150.0	2.00	17671.5	110.0	1.6	35.8	
3	P3 - 12		29/04/2022	28/05/2022	28	175	300.8	150.3	2.00	17742.2	105.7	1.5	35.2	

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

Las copias de este informe de roturas no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe de roturas es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Humberto Díaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
Técnico de laboratorio

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Ingrid Patricia Fernández  
INGENIERA CIVIL  
Responsable de laboratorio



Fin de documento.

**Anexo N° 08: Informe de laboratorio de  
ensayo de densidad, absorción y  
porcentaje de vacíos en el concreto  
endurecido**

**Solicitante** : Chero Sánchez Carlos Eduardo  
**Proyecto** : Tesis "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
**Fecha** : 03 de junio del 2022  
**ENSAYO** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en concreto endurecido.  
**NORMA** : N.T.P. 339.187  
**MUESTRA** : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  a la edad de 28 días

**1. DATOS DE LABORATORIO**

Muestra N°	Código	Masa de probeta seca al horno (g)							Masa seca final (g)
		24h.	48h.	$\Delta\%$	Observación*	72h.	$\Delta\%$	Observación	
01	T - 13	819.38	817.52	0.23	Cumple		100.00	-	817.52
02	T - 14	1035.68	1031.45	0.41	Cumple		100.00	-	1031.45
03	T - 15	938.11	935.99	0.23	Cumple		100.00	-	935.99

Muestra N°	Código	Masa de probeta después de inmersión en agua (g)							Masa después de inmersión final (g)
		48h.	72h.	$\Delta\%$	Observación*	96h.	$\Delta\%$	Observación	
01	T - 13	891.42	891.94	0.06	Cumple		100.00	-	891.94
02	T - 14	1116.38	1116.42	0.00	Cumple		100.00	-	1116.42
03	T - 15	1015.01	1015.43	0.04	Cumple		100.00	-	1015.43

Muestra N°	Código	Masa saturada después de ebullición (g) 5h + 14h	Masa sumergida aparente suspendida (g)
01	T - 13	867.21	492.00
02	T - 14	1093.47	622.00
03	T - 15	994.84	563.00

\*  $\Delta\% < 0.5$

**2. RESULTADOS DE ENSAYO PARA MUESTRAS DE : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  a la edad de 28 días**

PROPIEDAD	CÓDIGO	VALOR	PROMEDIO
Absorción después de inmersión (%)	T - 13	9.10	8.61
	T - 14	8.24	
	T - 15	8.49	
Absorción después de inmersión y ebullición (%)	T - 13	6.08	6.13
	T - 14	6.01	
	T - 15	6.29	
Densidad global seca (g/cm <sup>3</sup> )	T - 13	2.18	2.18
	T - 14	2.19	
	T - 15	2.17	
Densidad después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	T - 13	2.38	2.37
	T - 14	2.37	
	T - 15	2.35	
Densidad después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	T - 13	2.31	2.31
	T - 14	2.32	
	T - 15	2.30	
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	T - 13	2.51	2.51
	T - 14	2.52	
	T - 15	2.51	
Volumen de vacíos (%)	T - 13	13.24	13.34
	T - 14	13.15	
	T - 15	13.63	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Solicitante** : Chero Sánchez Carlos Eduardo  
**Proyecto** : Tesis "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
**Fecha** : 03 de junio del 2022  
**ENSAYO** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en concreto endurecido.  
**NORMA** : N.T.P. 339.187

**MUESTRA** : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 6% de ceniza de bagazo de caña, a la edad de 28 días

**1. DATOS DE LABORATORIO**

Muestra N°	Código	Masa de probeta seca al horno (g)							Masa seca final (g)
		24h.	48h.	$\Delta\%$	Observación*	72h.	$\Delta\%$	Observación	
01	P1 - 13	925.29	922.72	0.28	Cumple		100.00	-	<b>922.72</b>
02	P1 - 14	940.57	935.96	0.49	Secar 24h. más	935.80	0.02	Cumple	<b>935.80</b>
03	P1 - 15	974.13	967.08	0.72	Secar 24h. más	967.08	0.00	Cumple	<b>967.08</b>

Muestra N°	Código	Masa de probeta después de inmersión en agua (g)							Masa después de inmersión final (g)
		48h.	72h.	$\Delta\%$	Observación*	96h.	$\Delta\%$	Observación	
01	P1 - 13	1010.23	1011.01	0.08	Cumple		100.00	-	<b>1011.01</b>
02	P1 - 14	1023.49	1023.84	0.03	Cumple		100.00	-	<b>1023.84</b>
03	P1 - 15	1052.33	1053.11	0.07	Cumple		100.00	-	<b>1053.11</b>

Muestra N°	Código	Masa saturada después de ebullición (g) 5h + 14h	Masa sumergida aparente suspendida (g)
01	P1 - 13	987.84	553.00
02	P1 - 14	997.73	560.00
03	P1 - 15	1026.91	578.00

\*  $\Delta\% < 0.5$

**2. RESULTADOS DE ENSAYO PARA MUESTRAS DE : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 6% de ceniza de bagazo de caña, a la edad de 28 días**

PROPIEDAD	CÓDIGO	VALOR	PROMEDIO
Absorción después de inmersión (%)	P1 - 13	9.57	<b>9.29</b>
	P1 - 14	9.41	
	P1 - 15	8.90	
Absorción después de inmersión y ebullición (%)	P1 - 13	7.06	<b>6.62</b>
	P1 - 14	6.62	
	P1 - 15	6.19	
Densidad global seca (g/cm <sup>3</sup> )	P1 - 13	2.12	<b>2.14</b>
	P1 - 14	2.14	
	P1 - 15	2.15	
Densidad después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	P1 - 13	2.33	<b>2.34</b>
	P1 - 14	2.34	
	P1 - 15	2.35	
Densidad después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	P1 - 13	2.27	<b>2.28</b>
	P1 - 14	2.28	
	P1 - 15	2.29	
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	P1 - 13	2.50	<b>2.49</b>
	P1 - 14	2.49	
	P1 - 15	2.49	
Volumen de vacíos (%)	P1 - 13	14.98	<b>14.15</b>
	P1 - 14	14.15	
	P1 - 15	13.33	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Solicitante** : Chero Sánchez Carlos Eduardo  
**Proyecto** : Tesis "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
**Fecha** : 03 de junio del 2022  
**ENSAYO** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en concreto endurecido.  
**NORMA** : N.T.P. 339.187

**MUESTRA** : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 12% de ceniza de bagazo de caña, a la edad de 28 días

**1. DATOS DE LABORATORIO**

Muestra N°	Código	Masa de probeta seca al horno (g)							Masa seca final (g)
		24h.	48h.	$\Delta\%$	Observación*	72h.	$\Delta\%$	Observación	
01	P2 - 13	1042.19	1038.12	0.39	Cumple		100.00	-	<b>1038.12</b>
02	P2 - 14	990.04	985.90	0.42	Cumple		100.00	-	<b>985.90</b>
03	P2 - 15	966.56	963.25	0.34	Cumple		100.00	-	<b>963.25</b>

Muestra N°	Código	Masa de probeta después de inmersión en agua (g)							Masa después de inmersión final (g)
		48h.	72h.	$\Delta\%$	Observación*	96h.	$\Delta\%$	Observación	
01	P2 - 13	1144.34	1145.32	0.09	Cumple		100.00	-	<b>1145.32</b>
02	P2 - 14	1072.88	1073.60	0.07	Cumple		100.00	-	<b>1073.60</b>
03	P2 - 15	1060.82	1061.52	0.07	Cumple		100.00	-	<b>1061.52</b>

Muestra N°	Código	Masa saturada después de ebullición (g) 5h + 14h	Masa sumergida aparente suspendida (g)
01	P2 - 13	1114.78	618.00
02	P2 - 14	1044.26	584.00
03	P2 - 15	1032.65	572.00

\*  $\Delta\% < 0.5$

**2. RESULTADOS DE ENSAYO PARA MUESTRAS DE : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 12% de ceniza de bagazo de caña, a la edad de 28 días**

PROPIEDAD	CÓDIGO	VALOR	PROMEDIO
Absorción después de inmersión (%)	P2 - 13	10.33	<b>9.81</b>
	P2 - 14	8.90	
	P2 - 15	10.20	
Absorción después de inmersión y ebullición (%)	P2 - 13	7.38	<b>6.84</b>
	P2 - 14	5.92	
	P2 - 15	7.20	
Densidad global seca (g/cm3)	P2 - 13	2.09	<b>2.11</b>
	P2 - 14	2.14	
	P2 - 15	2.09	
Densidad después de inmersión (g/cm3)	P2 - 13	2.31	<b>2.31</b>
	P2 - 14	2.33	
	P2 - 15	2.30	
Densidad después de inmersión y ebullición (g/cm3)	P2 - 13	2.24	<b>2.25</b>
	P2 - 14	2.27	
	P2 - 15	2.24	
Densidad aparente (g/cm3)	P2 - 13	2.47	<b>2.46</b>
	P2 - 14	2.45	
	P2 - 15	2.46	
Volumen de vacíos (%)	P2 - 13	15.43	<b>14.39</b>
	P2 - 14	12.68	
	P2 - 15	15.07	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Solicitante** : Chero Sánchez Carlos Eduardo  
**Proyecto** : Tesis "Evaluación del concreto para elementos no estructurales empleando ceniza de bagazo de caña como material cementicio suplementario en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
**Fecha** : 03 de junio del 2022  
**ENSAYO** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en concreto endurecido.  
**NORMA** : N.T.P. 339.187

**MUESTRA** : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 18% de ceniza de bagazo de caña, a la edad de 28 días

**1. DATOS DE LABORATORIO**

Muestra N°	Código	Masa de probeta seca al horno (g)							Masa seca final (g)
		24h.	48h.	$\Delta\%$	Observación*	72h.	$\Delta\%$	Observación	
01	P3 - 13	1081.05	1077.47	0.33	Cumple		100.00	-	<b>1077.47</b>
02	P3 - 14	998.15	994.08	0.41	Cumple		100.00	-	<b>994.08</b>
03	P3 - 15	936.40	932.51	0.42	Cumple		100.00	-	<b>932.51</b>

Muestra N°	Código	Masa de probeta después de inmersión en agua (g)							Masa después de inmersión final (g)
		48h.	72h.	$\Delta\%$	Observación*	96h.	$\Delta\%$	Observación	
01	P3 - 13	1181.51	1182.43	0.08	Cumple		100.00	-	<b>1182.43</b>
02	P3 - 14	1088.38	1089.26	0.08	Cumple		100.00	-	<b>1089.26</b>
03	P3 - 15	1020.48	1021.56	0.11	Cumple		100.00	-	<b>1021.56</b>

Muestra N°	Código	Masa saturada después de ebullición (g) 5h + 14h	Masa sumergida aparente suspendida (g)
01	P3 - 13	1156.08	643.00
02	P3 - 14	1062.13	590.00
03	P3 - 15	994.99	551.00

\*  $\Delta\% < 0.5$

**2. RESULTADOS DE ENSAYO PARA MUESTRAS DE : Concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 18% de ceniza de bagazo de caña, a la edad de 28 días**

PROPIEDAD	CÓDIGO	VALOR	PROMEDIO
Absorción después de inmersión (%)	P3 - 13	9.74	<b>9.62</b>
	P3 - 14	9.57	
	P3 - 15	9.55	
Absorción después de inmersión y ebullición (%)	P3 - 13	7.30	<b>6.95</b>
	P3 - 14	6.85	
	P3 - 15	6.70	
Densidad global seca (g/cm <sup>3</sup> )	P3 - 13	2.10	<b>2.10</b>
	P3 - 14	2.11	
	P3 - 15	2.10	
Densidad después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	P3 - 13	2.30	<b>2.30</b>
	P3 - 14	2.31	
	P3 - 15	2.30	
Densidad después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	P3 - 13	2.25	<b>2.25</b>
	P3 - 14	2.25	
	P3 - 15	2.24	
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	P3 - 13	2.48	<b>2.46</b>
	P3 - 14	2.46	
	P3 - 15	2.44	
Volumen de vacíos (%)	P3 - 13	15.32	<b>14.60</b>
	P3 - 14	14.41	
	P3 - 15	14.07	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Anexo N° 09: Certificados de calibración  
de los equipos utilizados en los ensayos**



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

## F-25213-001 R0

Page / Pág. 1 de 5

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA ELETRICA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETOS
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	ELE INTERNACIONAL
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	DIGITAL ADR
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	188614762
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	PC-03
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	1000 kN
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	CAL. JUAN PABLO II NRO. 682 URB. LAS BRISAS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO - PERÚ
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 12 - 22
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 01 - 11

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.*

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**

*Number of pages of the certificate and documents attached*

05

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

### Firmas que Autorizan el Certificado

*Signatures Authorizing the Certificate*

**Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda**  
*Metrology Laboratory of Metrology*

**Tecg. Francisco Durán Romero**  
*Metrology Laboratory of Metrology*

UNIC-2021-002

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl. 18 # 1238-72 | PBX. 57 (1) 745 4655 - 3174251640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004  
F-25213-001 R0

Pág. 2 de 5

#### DATOS TÉCNICOS

Máquina de Ensayo Bajo Calibración	
Clase	1,0
Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
División de Escala	0,1 kN
Resolución	0,1 kN
Intervalo de Medición Calibrado	Del 10 % al 100 % de la carga máxima.
Límite inferior de la Escala	20 kN

#### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.  
Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2,3}$ kN
		$S_1$ Ascendente kN	$S_2$ Ascendente kN	$S_2'$ No Aplica ---	$S_3$ Ascendente kN	$S_4$ No Aplica ---	
%	kN						
10	100,0	100,84	100,33	---	100,56	---	100,58
20	200,0	199,08	200,41	---	200,25	---	199,91
30	300,0	298,41	299,49	---	299,75	---	299,22
40	400,0	400,64	400,55	---	400,23	---	400,47
50	500,0	501,80	501,41	---	501,25	---	501,42
60	600,0	602,88	602,33	---	601,22	---	602,14
70	700,0	702,10	702,05	---	701,98	---	702,04
80	800,0	804,04	804,45	---	804,23	---	804,24
90	900,0	903,80	903,31	---	903,55	---	903,55
100	1 000,0	1 002,9	1 002,8	---	1 002,8	---	1 002,8

LM-PC-05-F-01 R12.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl. 18 #1038-72 | PBK. 5ª | (3 745 4566 - 3 7423364) | labmetrolog@pinzuar.com.co | WWW.PINZUARCOMCO



## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 2.

Error relativo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,51}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,53}$ %	$f_{0,54}$ %
0,010	0,020	---	0,010	---

Tabla 3.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Errores Relativos				Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Relativa		U		
%	kN	q %	b %	v %	a %	kN	%	---
10	100,00	-0,58	0,51	---	0,100	0,31	0,31	2,01
20	200,00	0,04	0,87	---	0,050	0,85	0,42	2,01
30	300,00	0,26	0,45	---	0,033	0,83	0,28	2,01
40	400,00	-0,12	0,10	---	0,025	0,44	0,11	2,01
50	500,00	-0,28	0,07	---	0,020	0,55	0,11	2,01
60	600,00	-0,36	0,28	---	0,017	0,99	0,16	2,01
70	700,00	-0,29	0,02	---	0,014	0,77	0,11	2,01
80	800,00	-0,53	0,05	---	0,013	0,88	0,11	2,01
90	900,00	-0,39	0,05	---	0,011	0,99	0,11	2,01
100	1 000,0	-0,28	0,02	---	0,010	1,1	0,11	2,01

Gráfica de Errores Relativos



## CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de la empresa SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. ubicada en CHICLAYO. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 23,0 °C

Temperatura Ambiente Mínima: 22,9 °C

Humedad Relativa Máxima: 55 % HR

Humedad Relativa Mínima: 54 % HR

LM-PC-06-F-01 R124

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl 18 #1038-72 | RR-57 (1) 745-4658 - 3174233643 | administracion@pinzuar.com.pe | WWW.PINZUAR.COM.PE



## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su  $R^2$ , el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	---	$R^2$
2,43570 E00	9,75690 E-01	6,16420 E-05	-3,68877 E-08		1,0000 E00

Ecuación 1: donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de deformación evaluado

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

Tabla 5.

Valores calculados en función de la fuerza aplicada ( kN )

Indicación kN	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0
100,0	100,58	110,46	120,34	130,24	140,14
150,0	150,05	159,97	169,90	179,84	189,79
200,0	199,74	209,71	219,68	229,66	239,64
250,0	249,63	259,63	269,64	279,65	289,67
300,0	299,69	309,72	319,76	329,80	339,85
350,0	349,90	359,95	370,01	380,07	390,14
400,0	400,21	410,29	420,37	430,45	440,53
450,0	450,62	460,71	470,80	480,89	490,96
500,0	501,08	511,18	521,28	531,37	541,47
550,0	551,57	561,67	571,78	581,88	591,97
600,0	602,07	612,17	622,27	632,36	642,46
650,0	652,55	662,64	672,72	682,81	692,89
700,0	702,97	713,05	723,12	733,19	743,25
750,0	753,31	763,37	773,42	783,47	793,51
800,0	803,55	813,58	823,61	833,63	843,65
850,0	853,65	863,66	873,65	883,64	893,62
900,0	903,60	913,56	923,52	933,47	943,41
950,0	953,35	963,27	973,19	983,09	992,99
1 000,0	1 002,9				

Tabla 6.

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
100,0	100,58	100,58	0,0
200,0	199,91	199,74	-0,2
300,0	299,22	299,69	0,5
400,0	400,47	400,21	-0,3
500,0	501,42	501,08	-0,3
600,0	602,14	602,07	-0,1
700,0	702,04	702,97	0,9
800,0	804,24	803,55	-0,7
900,0	903,55	903,60	0,0
1 000,0	1 002,8	1 002,9	0,1

UM-PC-05-F-01 R124

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | D3 18 #1238-72 | F.RX. 57 (C) 745-4555 - 3174253640 | correo@laboratorio-pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





ISO/IEC 17025:2017  
13-LAC-004  
**F-25213-001 R0**

Pág. 5 de 5

#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

#### TRAZABILIDAD

##### Instrumento de Referencia

<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 1 MN.
<b>Modelo</b>	KAL 1MN.
<b>Clase</b>	0,5.
<b>Número de Serie</b>	017403.
<b>Certificado de Calibración</b>	5047 del INM.
<b>Próxima Calibración</b>	2023-02-03.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

#### OBSERVACIONES

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- El cliente autoriza emitir el certificado de calibración y conoce que los puntos por debajo del 20% del límite superior no se obtuvieron de acuerdo a lo establecido en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Numeral 6.4.5. Los resultados en valores discretos de fuerza reportados fueron solicitados y aprobados por el cliente.
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-25213-001

Fin del Certificado

LMPC-05F-01 R12.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl. 18 #1038-22 | BKA, 67 | 745 4855 - 5174233440 | admin@ingepinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO  
N°LC 020



Registro N°LC - 080

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 3

N° de Certificado : 1224-MPES-C-2021  
N° de Orden de trabajo : 0471

**1. SOLICITANTE** : **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Dirección : Cal. Juan Pablo II Nro. 882 Urb. Las Brisas Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

Marca : OHAUS  
Modelo : R31P30  
Número de Serie : 8339020109  
Alcance de Indicación : 30000 g  
División de escala real (d) : 1 g  
División de escala de verificación (e) : 1 g  
Procedencia : CHINA  
Identificación : BAL-57 (\*)  
Tipo de Indicación : Electrónica  
Ubicación : LABORATORIO  
Fecha de Calibración : 2021-11-04

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los items calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:  
Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM-INDECOP), 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Vicente Russo, Chiclayo 14011

Seño

Fecha de Emisión

Autorizado por



2021-11-09

Sandra Jurupe Melgarejo  
Gerente Técnico

RT06-F09\_Rev06

Elaborado: J.C.F.A.

Realizado: J.M.S.E.

Aprobado: N.G.J.C.

Av. Condeville 1269 Urb. EL OLIVAR - Callao | Telef 4848092 - 4847633 - 7444303 - 7444306 | Celular 994060329 - 975525151  
Email: ventas@pesatec.com | Website: www.pesatec.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PESATEC PERU S.A.C.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO  
N°LC 020



Registro N°LC - 020

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1224-MPES-C-2021**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	25,3 °C	25,5 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 264 - 2021
		MP-07	LM-C-299-2021
	Pesas (Clase de exactitud F1)	MP-10	LM-C-300-2021
		MP-11	LM-C-239-2021

**7. OBSERVACIONES**

Para 30000 g la balanza indicó 29995 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.  
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.  
Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO",  
(\* ) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TENE	ESCALA	NO TENE
OSCILACIÓN LIBRE	TENE	CURSOR	NO TENE
PLATAFORMA	TENE	SIST. DE TRABA	NO TENE
NIVELACIÓN	TENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición	Carga L1*	Temp. (°C)		Carga L2*	ΔL(mg)	E(mg)
		Inicial	Final			
		25,3 °C	25,1 °C			
	15 000 g			30 000 g		
N°	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	15 000	800	-100	30 001	700	800
2	15 000	600	-100	30 001	800	700
3	15 000	500	0	30 000	700	-200
4	15 000	800	-100	30 001	700	800
5	15 000	500	0	30 001	700	800
6	15 000	500	0	30 001	700	800
7	15 000	500	0	30 000	700	-200
8	15 000	800	-100	30 000	800	-300
9	15 000	500	0	30 001	800	700
10	15 000	500	0	30 001	700	800
Diferencia Máxima			100	1 100		
Error máximo permitido ±			2 000 mg	± 3 000 mg		

RT08-F09 - Rev 05

Elaborado: JCFA

Revisado: JMSE

Aprobado: MGCJ

Av. Condeville 1269 Urb. EL OLIVAR - Callao | Telef 4848092 - 4847633 - 7444303 - 7444306 | Celular 994080329 - 975525151  
Email: ventas@pesatec.com | Website: www.pesatec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PESATEC PERU SAC

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1224-MPES-C-2021**

Página 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	lg	Δ (mg)	E(mg)	Carga (g)	lg	Δ (mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	10	10	800	-300	10 000	10 000	800	-300	0
2		10	700	-200		9 999	300	-800	-800
3		10	700	-200		10 000	700	-200	0
4		10	700	-200		10 001	500	1 000	1 200
5		10	800	-300		10 000	700	-200	100

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 2 000 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				smg(*)
	lg	Δ(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	lg	Δ(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
10	10	800	-300						
50	50	700	-200	100	50	300	200	500	1 000
200	200	800	-300	0	200	300	200	500	1 000
1 000	1 000	800	-300	0	1 000	300	200	500	1 000
5 000	5 000	800	-100	200	5 000	400	100	400	1 000
10 000	10 000	900	-400	-100	10 000	500	0	300	2 000
15 000	15 000	500	0	300	15 001	800	700	1 000	2 000
20 000	20 000	400	100	400	20 000	200	300	600	2 000
25 000	25 001	700	800	1 100	25 001	800	700	1 000	3 000
28 000	28 001	800	700	1 000	28 001	700	800	1 100	3 000
30 000	30 001	700	800	1 100	30 001	700	800	1 100	3 000

(\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000023 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,45 \text{ g}^2 + 0,000000017 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    Δ: Carga incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error es cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

-----  
Fin del certificado de calibración



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO  
N°LC 020



Registro N°LC - 020

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 3

N° de Certificado : **1225-MPES-C-2021**

N° de Orden de trabajo : 0471

**1. SOLICITANTE** : **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Dirección : Cal. Juan Pablo II Nro. 682 Urb. Las Brisas Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

Marca : AND

Modelo : GF-8000

Número de Serie : T0323226

Alcance de Indicación : 8100 g

División de escala real (d) : 0,1 g

División de escala de verificación (e) : 1 g

Procedencia : JAPON

Identificación : BAL-27 (\*)

Tipo de indicación : Electrónica

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2021-11-04

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM-INDECOP, 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Vicente Russo, Chiclayo 14011

Sello	Fecha de Emisión	Autorizado por
	2021-11-09	 Sandra Jurupe Meigarejo Gerente Técnico

RT08-F09\_Rev.06

Elaborado: JCFA

Revisado: JMSE

Aprobado: NGJC

Av. Condevilla 1269 Urb. EL OLIVAR - Callao | Telef. 4848092 - 4847633 - 7444303 - 7444306 | Celular 994080329 - 975525151  
Email: ventas@pesatec.com | Website: www.pesatec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PESATEC PERU S.A.C.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1225-MPES-C-2021**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	24,7 °C	24,5 °C
Humedad Relativa	59 %	59 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 264 - 2021
		MP-07	LM-C-298-2021

**7. OBSERVACIONES**

Para 7000 g la balanza indicó 6999,7 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.  
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.  
 Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".  
 (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
INVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Carga L1= 4 000,0 g			Carga L2= 8 000,0 g		
	(g)	ΔL(mg)	E(mg)	(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	3 999,9	90	-140	8 000,0	70	-20
2	3 999,8	70	-220	8 000,0	60	-10
3	3 999,8	60	-200	8 000,0	60	-10
4	3 999,9	90	-140	8 000,0	60	-10
5	3 999,9	80	-130	8 000,0	50	0
6	3 999,8	80	-230	8 000,0	50	0
7	3 999,9	80	-130	8 000,0	50	0
8	3 999,9	90	-140	8 000,0	60	-10
9	3 999,9	90	-140	8 000,0	50	0
10	3 999,8	80	-230	8 000,0	50	0
Diferencia Máxima			100	20		
Error máximo permitido ±			1 000 mg	± 2 000 mg		

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1225-MPES-C-2021

Página 3 de 3



Vista Frontal

## ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga mínima (g)	Determinación de $E_2$			Determinación del Error corregido				
		(g)	$\Delta L$ (mg)	$E_2$ (mg)	Carga (g)	(g)	$\Delta L$ (mg)	$E_2$ (mg)	$E_c$ (mg)
1	2,0	2,0	60	-10	2 500,0	2 499,9	40	-90	-80
2		2,0	40	10		2 500,0	90	-40	-50
3		2,0	60	0		2 500,0	70	-20	-20
4		2,0	50	0		2 499,8	90	-240	-240
5		2,0	60	-10		2 499,7	90	-340	-330

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido :  $\pm$  1 000 mg

## ENSAYO DE PESAJE

Carga (g)	I (g)	CRECIENTES			DECRECIENTES			emp (*) $\pm$ (mg)	
		$\Delta L$ (mg)	$E_1$ (mg)	$E_2$ (mg)	(g)	$\Delta L$ (mg)	$E_1$ (mg)		$E_2$ (mg)
2,0	2,0	50	0						
5,0	5,0	60	-10	-10	5,0	60	-10	-10	1 000
20,0	20,0	60	-10	-10	20,0	50	0	0	1 000
500,0	500,0	90	-40	-40	500,0	70	-20	-20	1 000
1 000,0	999,9	30	-60	-60	1 000,0	80	-30	-30	1 000
5 000,0	4 999,8	20	-170	-170	4 999,9	60	-110	-110	1 000
6 000,0	5 999,8	20	-170	-170	5 999,9	60	-110	-110	2 000
7 000,0	6 999,9	40	-90	-90	7 000,0	80	-30	-30	2 000
7 600,0	7 600,0	80	-30	-30	7 600,0	50	0	0	2 000
8 000,0	8 000,0	50	0	0	8 000,1	90	60	60	2 000
8 100,0	8 100,1	90	60	60	8 100,1	90	60	60	2 000

(\*) error máximo permitido

## Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000012 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,0039 \text{ g}^2 + 0,000000011 \times R^2}$$

 R : Lectura de la balanza     $\Delta L$  : Carga incrementada    E : Error encostado     $E_2$  : Error en cero     $E_c$  : Error corregido
-----  
Fin del certificado de calibración



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS, CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SLSP-LM-006-2022

pág. 1 de 4

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

1.- Expediente : 006  
2.- Cliente : SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

Dirección : CAL. JUAN PABLO II NRO. 882 URB. LAS BRISAS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO

3.- Equipo : BALANZA

Marca : KERN

Modelo : FKB16K0.1

N° Serie : W1408227

Procedencia : GERMANY

Identificación : BAL-37

Capacidad máxima : 16000 g

Capacidad mínima : NO INDICA

Div. De escala ( d ) : 0.1 g

Div. De verificación ( e ) : NO INDICA

Clase de exactitud : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

Servicios de Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

#### 4.- Fecha y lugar de calibración

Fecha de calibración : 19/01/22  
Lugar de calibración : Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Fecha de Emisión : 19/01/22

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELO Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Ing. Secundino Burga Fernández  
Jefe de METROLOGÍA  
REG. COS 185278



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELO Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Ing. Jan Carlos Chavesta R.  
Técnico de METROLOGÍA

Ing. Secundino Burga Fernández  
Jefe del Laboratorio de Metrología

Jan Carlos Chavesta Reyes  
Técnico de Metrología

📍 Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
📠 LABORATORIO DE SUELOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
📞 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
✉ emp\_calibraciones@hotmail.com  
✉ servicios\_lab@hotmail.com



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS, CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SLSP-LM-006-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

pág. 2 de 4

#### 5.- Método de calibración

Los resultados de la calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII "del SNM - INACAL.

#### 6.- Patrones de referencia

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de unidades ( SI ).

TRAZABILIDAD	PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO
PESATEC PERU S.A.C LABORATORIO ACREDITADO	JUEGO DE PESAS ( 1mg a 2 kg) CLASE DE EXACTITUD (M1)	1021-MPES-C-2021
PESATEC PERU S.A.C LABORATORIO ACREDITADO	PESA 10 kg CLASE DE EXACTITUD( M2 )	1030-MPES-C-2021
PESATEC PERU S.A.C LABORATORIO ACREDITADO	PESA 5 kg CLASE DE EXACTITUD( M2 )	1018-MPES-C-2021

#### 7.- Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	NO TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	NO TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOS	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

TEMPERATURA	INICIAL	FINAL
	28°C	28°C

HUMEDAD RELATIVA	INICIAL	FINAL
	58%HR	58%HR

Medición N°	CARGA L1 (g) = 8000.00		
	I (g)	ΔL (mg)	E (g)
1	7998.9	50.0	-1.100
2	7998.9	40.0	-1.090
3	7999.1	50.0	-0.900
4	7999.0	50.0	-1.000
5	7998.8	40.0	-1.190
6	7999.0	60.0	-1.010
7	7999.0	30.0	-0.980
8	7999.0	40.0	-0.890
9	7999.1	30.0	-0.880
10	7999.0	40.0	-0.890
Diferencia máxima (g)			0.310
± Error máximo permisible (g)			20.000

Medición N°	CARGA L2 (g) = 16000.00		
	I (g)	ΔL (mg)	E (g)
1	16002.6	50.0	2.600
2	16001.5	40.0	1.510
3	16002.5	40.0	2.510
4	16001.8	30.0	1.820
5	16001.9	50.0	1.900
6	16000.8	60.0	0.790
7	16000.9	60.0	0.890
8	16000.8	50.0	0.800
9	16001.3	40.0	1.310
10	16001.2	40.0	1.210
Diferencia máxima (g)			1.810
± Error máximo permisible (g)			20.000



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS, CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SLSP-LM-006-2022

pág. 3 de 4

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

#### POSICIÓN DE LAS CARGAS

TEMPERATURA	INICIAL	FINAL	HUMEDAD RELATIVA	INICIAL	FINAL
	28.2°C	28.5°C		58.2%HR	58%HR

2	5
1	
3	4

POSICIÓN DE CARGA	DETERMINACIÓN DE E <sub>e</sub>				DETERMINACIÓN DEL ERROR CORREGIDO E <sub>c</sub>				
	CARGA EN CERO (g)	l (g)	ΔL (mg)	E <sub>e</sub> (g)	CARGA L(g)	l (g)	ΔL (mg)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	1.00	0.90	50.0	-0.100	5000.00	4999.40	40	-0.590	-0.490
2		1.00	40.0	0.010		4998.30	50	-1.700	-1.710
3		1.00	40.0	0.010		4997.60	50	-2.400	-2.410
4		1.00	50.0	0.000		4999.80	40	-0.190	-0.190
5		1.00	50.0	0.000		5002.20	40	2.210	2.210
± Error máximo permisible (g)									20.000

#### Ensayo de pesaje

TEMPERATURA	INICIAL	FINAL	HUMEDAD RELATIVA	INICIAL	FINAL
	27°C	27°C		65%HR	65%HR

CARGA L(g)	CRECIENTE				DECRECIENTE				± EMP (g)
	l (g)	ΔL (mg)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1.000	1.00	40.0	0.010	.....	.....	.....	.....	.....	.....
200.000	200.00	50.0	0.000	-0.010	199.600	40.000	-0.400	-0.400	10.000
500.000	500.00	50.0	0.000	-0.010	499.600	50.000	-0.410	-0.410	10.000
1000.000	1000.00	40.0	0.010	0.000	999.800	50.000	-0.210	-0.210	10.000
2000.000	2000.00	40.0	0.010	0.000	1999.600	40.000	-0.400	-0.400	10.000
3000.000	3000.10	50.0	0.100	0.090	2999.900	40.000	-0.100	-0.100	10.000
5000.000	4999.30	40.0	-0.690	-0.700	4999.300	40.000	-0.700	-0.700	20.000
8000.000	7999.10	50.0	-0.900	-0.910	7999.200	50.000	-0.810	-0.810	20.000
10000.000	10000.50	50.0	0.500	0.490	10000.300	50.000	0.290	0.290	20.000
15000.000	15000.80	40.0	0.810	0.800	15000.400	50.000	0.390	0.390	20.000
16000.000	16001.50	40.0	1.510	1.500	16001.500	40.000	1.500	1.500	20.000

L: Carga puesta sobre la balanza.

E<sub>e</sub>: Error en cero.

EMP: Error máximo permisible

l: Lectura de la balanza.

E: Error encontrado.

ΔL: Carga incrementada.

E<sub>c</sub>: Error corregido.

#### Incertidumbre expandida de medición

Lectura corregida

$$U_R = 2 \times \sqrt{0.454835002 \text{ g}^2 + 3.01175\text{E-}08 \text{ R}^2}$$

$$R_{\text{corregida}} = R + (-1.12151\text{E-}05) \text{ R}$$



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS, CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SLSP-LM-006-2022

pág. 4 de 4

### 8.- Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.  
La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones de largo plazo.

### 9.- Observaciones:

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

### 10.- Evidencias:

- Se adjunta una foto del equipo calibrado.



**METROTEC****METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV- 383 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 1 de 2

<b>1. Expediente</b>	<b>210511</b>	Este Informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</b>	
<b>3. Dirección</b>	Cal. Juan Pablo II Nro. 682 Urb. Las Brisas - Chiclayo - Chiclayo - LAMBAYEQUE	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>CARGA ABRASIVA (esferas)</b>	
<b>Fabricante</b>	<b>FORNEY</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>1001 (*)</b>	
<b>Modelo</b>	<b>LA-0855</b>	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Tipo de indicación</b>	<b>NO APLICA</b>	Este Informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>5. Fecha de Verificación</b>	<b>2021-08-27</b>	
<b>6. Lugar de Verificación</b>	<b>INSTALACIONES DE LA EMPRESA TÉCNICAS CP S.A.C.</b>	El Informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-08-28


Firmado digitalmente por Eleazar  
Cesar Chavez Raraz

Fecha: 2021.08.31 13:02:58 -05'00'



Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá N° 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV- 383 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 2 de 2

**7. Método de Verificación**

La verificación se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al DM / INACAL tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	19 °C	19 °C
Presión Atmosférica	71 %	70 %

**9. Patrones de referencia**

Se utilizaron patrones trazables al DM-INACAL, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de verificaci
Regla de acero Clase I INACAL DM / LLA-445-2020 Magnificador óptico con aproximación de lectura de 0,1 mm INACAL DM / LLA-122-2019	Regla Metálica de 1 000 mm con incertidumbre de 200 µm	L-0132-2021
PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL	BALANZA - OHAUS Con clase de exactitud II	MT-LM-013-2021

**10. Resultados**

Características de las esferas

Nº	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro ( mm )	Peso ( g )
1	46,72	416,0
2	46,71	415,9
3	46,71	416,1
4	46,71	415,8
5	46,71	415,9
6	46,71	416,1

Nº	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro ( mm )	Peso ( g )
7	46,71	416,0
8	46,70	416,0
9	46,71	416,0
10	46,71	415,8
11	46,71	415,8
12	46,71	415,7

**Nota 1.-** El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,38 mm y 47,63 mm.

**11. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **VERIFICADO**.
- (\*) Serie indicada en el equipo al que pertenece las esferas

**METROTEC****METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 047 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>210475</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</b>	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>3. Dirección</b>	Av. Vicente Ruso lote 1 fundo El Cerrito - Chiclayo - LAMBAYEQUE	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Fabricante</b>	<b>TAMIEQUIPOS</b>	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>Número de Serie</b>	<b>005</b>	
<b>Modelo</b>	<b>TM15</b>	
<b>Alcance de Indicación</b>	<b>0 a 9999 Vueltas</b>	
<b>Div. de escala / Resolución</b>	<b>1 Vuelta</b>	
<b>Identificación</b>	<b>MAQ-ABR-01 (*)</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>COLOMBIA</b>	
<b>Tipo de indicación</b>	<b>ANALOGICO</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2021-09-11</b>	
<b>6. Lugar de calibración</b>	<b>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS Av. Vicente Ruso lote 1 fundo El Cerrito - Chiclayo - LAMBAYEQUE</b>	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-09-16



Firmado digitalmente por  
Eleazar Cesar Chavez Raraz  
Fecha: 2021.09.16 12:41:29  
-05'00'

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 047 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al DM / INACAL tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,3 °C
Presión Atmosférica	76 %	76 %

**9. Patrones de referencia**

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOPI, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Tacómetro Óptico LTF-C-018-2020	TACÓMETRO ÓPTICO Incertidumbre del orden de 0,2 rpm	T's-0019-2021
Anillo Patrón INACAL DM / LLA-005-2020	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 11 um	F-1039-2020
Cilindro Patrón INACAL DM / LLA-037-2020		
Bloques Patrón (grado 0) INACAL DM / LLA-275-2018		
Bloques Patrón (grado 1) INACAL DM / LLA-C-035-2019		
Regla Metálica LLA-445-2020	REGLA METÁLICA con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	L-0132-2021
Magnificador Óptico LLA-122-2019	BALANZA - OHAUS Con clase de exactitud II	MT-LM-013-2021
PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL		

**10. Resultados**

Características de las esferas

Nº	MEDICION DE LAS ESFERAS	
	Diámetro ( mm )	Peso ( g )
1	46,35	406,3
2	46,38	406,3
3	46,38	406,3
4	46,39	406,6
5	46,35	406,2
6	46,37	406,3

Nº	MEDICION DE LAS ESFERAS	
	Diámetro ( mm )	Peso ( g )
7	46,36	406,1
8	46,34	406,1
9	46,38	406,4
10	46,70	415,9
11	46,71	416,0

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Tel: (511) 540-0642  
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com

## Determinación del vuelta/tiempo

Tiempo (seg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN			Giro de la Máquina (rpm)
	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	
60	33	33	33	33,0
120	65	65	65	32,0
180	97	97	97	32,0
240	128	128	128	31,0
300	160	160	160	32,0
360	192	192	192	32,0
420	224	224	224	32,0
480	256	256	256	32,0
540	288	288	288	32,0
600	320	320	320	32,0
660	352	352	352	32,0
720	384	384	384	32,0
780	416	416	416	32,0
840	448	448	448	32,0
900	480	480	480	32,0

## Características del tambor del equipo

Diámetro Interior	711 mm
Longitud Interior	511 mm

**Nota 1.-** El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,38 mm y 47,63 mm.

**Nota 2.-** El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

**Nota 3.-** El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de  $711 \pm 5$  mm.

**Nota 4.-** El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de  $508 \pm 5$  mm.

**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.

Fin del documento