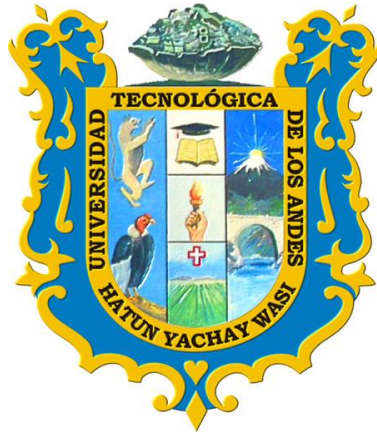


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

“Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020”

Presentado por:

Bach. PERCY CABALLERO PALOMINO

Para optar el título profesional de.

INGENIERO CIVIL

Abancay – Apurímac – Perú

2022

Tesis

Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Línea de Investigación

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible.

Asesor

Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer



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

**“INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE
AGAVE AMERICANO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c$
 $=20.59$ MPa, ABANCAY, APURÍMAC, 2020”**

Presentado por el Bach. **PERCY CABALLERO PALOMINO**, para optar el Título profesional de: **INGENIERO CIVIL**.

Sustentado y aprobado el 27 de diciembre del 2022 ante el jurado:

Presidente : Mg. Wilfredo Soto Palomino

Primer Miembro : Ph.D Abbón Alex Vásquez Ramírez

Segundo Miembro : Ing. Mauro Samuel Altamirano Camacho

Asesor : Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer

DEDICATORIA

A DIOS, por darme vida, salud y sabiduría a lo largo de mi estudio de la profesión de ingeniería civil.

A mi madre con mucho cariño y amor le dedico la presente tesis realizado con todo el esfuerzo.

A mis hermanos, por compartir momentos importantes e indicarme palabras de aliento que motivaron a cumplir mis ideales.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, quien guía mi camino y me permite sonreír y gozar de la salud para seguir logrando muchos objetivos.

A mi madre por ser un ejemplo de trabajo y empeño del día a día que vimos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
POSTPORTADA.....	ii
PAGINA DEL JURADO	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ACRÓNIMOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1. 1 Realidad problemática.....	1
1.2. Formulación e identificación del problema	3
1.2.1. <i>Problema general</i>	3
1.2.2. <i>Problemas específicos</i>	3
1.3. Justificación de la investigación.....	3
1.4. Objetivos.	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.5. Delimitación de la investigación.....	4
1.5.1. Espacial.....	5
1.5.2. Temporal	5

1.5.3.	Social.....	5
1.5.4.	Conceptual	5
1.6.	Viabilidad de la investigación	5
1.7.	Limitaciones.....	5
Capitulo II: Marco teórico.....		7
2.1.	Antecedentes de la investigación	7
2.1.1.	A nivel internacional	7
2.1.2.	A nivel nacional	9
2.1.3.	A nivel regional y local.....	11
2.2.	Bases teóricas.....	12
2.2.1.	<i>Las cenizas de agave americano (variable independiente)</i>	12
2.2.2.	<i>Propiedades mecánicas del concreto (Variable dependiente)</i>	30
2.3.	Marco conceptual	32
Capitulo III: Metodología de la investigación		35
3.1.	Hipótesis.....	35
3.1.1.	<i>Hipótesis general</i>	35
3.1.2.	<i>Hipótesis específica</i>	35
3.2.	Método	35
3.3.	Tipo de investigación.....	36
3.4.	Nivel o alcance de investigación.....	36
3.5.	Diseño de investigación.....	36
3.6.	Operacionalización de variables.....	37
3.6.1.	<i>Variable independiente:</i>	37
3.6.2.	<i>Variable dependiente:</i>	37

3.6.3.	<i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	38
3.7.	Población, muestra y muestreo	38
3.8.	Técnicas e instrumentos.....	41
3.9.	Consideraciones éticas	42
3.10.	Procedimientos estadísticos	42
3.10.1.	<i>Medidas de variación o dispersión</i>	42
3.10.2.	<i>Distribución normal</i>	43
Capitulo IV: Resultados y discusión		45
4.1.	Resultados.....	45
4.1.1.	A nivel de variable independiente: sustitución parcial del cemento por ceniza.	45
4.1.2.	A nivel de variable dependiente: propiedades mecánicas a compresión y flexión.....	73
4.2.	Discusion de resultados	92
4.3.	Prueba de hipótesis.....	94
Conclusiones y recomendaciones		107
Conclusiones:		107
Recomendaciones:		108
Bibliografía.....		110
Anexos.....		117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Características químicas del Agave Americano</i>	13
Tabla 2	<i>Requerimiento granulométrico del agregado fino</i>	16
Tabla 3	<i>Clasificación de la arena por su módulo de finura</i>	17
Tabla 4	<i>Limites permisibles para el agua de mezcla y curado</i>	23
Tabla 5	<i>Resistencia a la compresión promedio</i>	24
Tabla 6	<i>Valores de asentamiento recomendados para diversas obras</i>	24
Tabla 7	<i>Estimación de agua y contenido de aire de los agregados</i>	25
Tabla 8	<i>Relación agua cemento por resistencia.</i>	25
Tabla 9	<i>Relación agua/cemento vs f'c</i>	26
Tabla 10	<i>Cantidad de agregado grueso</i>	27
Tabla 11	<i>Estimación del peso del concreto fresco</i>	27
Tabla 12	<i>Trabajabilidad del concreto</i>	29
Tabla 13	<i>Matriz de operacionalización de variables</i>	38
Tabla 14	<i>Cantidad de muestras cilíndricas para prueba de compresión</i>	40
Tabla 15	<i>Cantidad de muestras prismáticas para prueba a flexión</i>	40
Tabla 16	<i>Ensayo de la granulometría del agregado grueso</i>	46
Tabla 17	<i>Propiedades físicas del agregado grueso</i>	48
Tabla 18	<i>Resultados de resistencia al desgaste para el agregado grueso.</i> ...	50
Tabla 19	<i>Granulometría del agregado fino</i>	50
Tabla 20	<i>Propiedades físicas del agregado fino</i>	52
Tabla 24	<i>Contenido de humedad del agave americano</i>	55
Tabla 25	<i>Porcentaje de ceniza del agave americano</i>	55

Tabla 26	<i>Determinación de la densidad de la ceniza agave americano.....</i>	56
Tabla 27	<i>Propiedades físicas de los materiales para el diseño de mezcla. ...</i>	57
Tabla 28	<i>Selección de asentamiento (SLUMP).....</i>	58
Tabla 29	<i>Resumen de diseño de mezcla patrón.</i>	61
Tabla 30	<i>Cantidad de material según el porcentaje de ceniza para elaborar 1 m³ de concreto</i>	63
Tabla 31	<i>Resumen de materiales de valores corregidos por m³ de diseño ...</i>	64
Tabla 32	<i>Proporción de material por peso para de 72 briquetas.....</i>	65
Tabla 33	<i>Proporción de material por peso para de 36 vigas.....</i>	66
Tabla 34	<i>Cronograma de elaboración de testigos cilíndricos.....</i>	66
Tabla 35	<i>Cronograma de elaboración de testigos prismáticos.....</i>	67
Tabla 36	<i>Resultados del Slump de la muestra patrón.....</i>	68
Tabla 37	<i>Resultados del Slump al 5% de CAA.</i>	69
Tabla 38	<i>Resultados del Slump de la muestra al 10% CAA.....</i>	70
Tabla 39	<i>Resultados del Slump de la muestra al 15% CAA.....</i>	70
Tabla 40	<i>Resumen de resultados del Slump según la sustitución con CAA ..</i>	71
Tabla 41	<i>Peso unitario del concreto en estado fresco</i>	72
Tabla 42	<i>Temperatura del concreto en estado fresco.....</i>	73
Tabla 43	<i>Resistencia a compresión de la muestra patrón.....</i>	74
Tabla 44	<i>Resistencia a compresión promedio de la muestra patrón.....</i>	75
Tabla 45	<i>Resistencia a compresión con sustitución al 5% de CAA.</i>	76
Tabla 46	<i>Resistencia a compresión promedio de la muestra al 5% de CAA..</i>	77
Tabla 47	<i>Resistencia a compresión con sustitución al 10% de CAA.</i>	79

Tabla 48	<i>Resistencia a compresión promedio de la muestra al 10% de CAA</i>	80
Tabla 49	<i>Resistencia a compresión con sustitución al 15% de CAA.</i>	81
Tabla 50	<i>Resistencia a compresión promedio de la muestra al 15% de CAA</i>	82
Tabla 51	<i>Resultado de las resistencias del ensayo a compresión.</i>	83
Tabla 52	<i>Resistencia a flexión del concreto patrón.</i>	84
Tabla 53	<i>Resistencia a flexión promedio de la muestra patrón.</i>	85
Tabla 54	<i>Resistencia a flexión del concreto con adición de 5% CAA.</i>	85
Tabla 55	<i>Resistencia a flexión promedio de la muestra al 5% de CAA.</i>	86
Tabla 56	<i>Resistencia a flexión del concreto con adición del 10% CAA.</i>	86
Tabla 57	<i>Resistencia a flexión promedio de la muestra al 10 de CAA.</i>	87
Tabla 58	<i>Resistencia a flexión del concreto con adición al 15% de CAA.</i>	87
Tabla 59	<i>Resistencia a flexión promedio de la muestra del 15% de CAA.</i>	88
Tabla 60	<i>Resultado de la resistencia a flexión.</i>	88
Tabla 61	<i>Costo de 1 m³ de concreto convencional</i>	90
Tabla 62	<i>Costo de 1 m³ de concreto con sustitución de 5% de CAA</i>	90
Tabla 63	<i>Costo de 1 m³ de concreto con sustitución de 10% de CAA</i>	91
Tabla 64	<i>Costo de 1 m³ de concreto con sustitución de 15% de CAA</i>	91
Tabla 65	<i>Pruebas de normalidad de Kolmogorov smirov y shapiro wilk</i>	95
Tabla 66	<i>Media, desviación de la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días</i>	95
Tabla 67	<i>ANOVA de la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días.</i>	97
Tabla 68	<i>Tukey ensayo a la compresión a los 7,14 y 28 días.</i>	98
Tabla 69	<i>Media y desviación resistencia a compresión a los 28 días</i>	99

Tabla 70 <i>Tukey resistencia a la compresión en MPa a los 28 días.....</i>	100
Tabla 71 <i>ANOVA ensayo a la compresión a los 28 días.....</i>	100
Tabla 72 <i>Media y desviación típica del ensayo a flexión a los 7,14 y 28 días.</i>	
.....	101
Tabla 73 <i>ANOVA resistencia a la flexión a los 7,14 y 28 días.....</i>	102
Tabla 74 <i>Tukey ensayo a la flexión a los 7,14 y 28 días.</i>	103
Tabla 75 <i>Media y desviación de la resistencia a flexión a los 28 días</i>	104
Tabla 76 <i>Tukey resistencia a la flexión a los 28 días</i>	105
Tabla 77 <i>ANOVA resistencia flexión los 28 días</i>	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Curva granulométrica del agregado grueso.....</i>	47
Figura 2 <i>Serie de tamices y granulometría del agregado grueso</i>	48
Figura 3 <i>Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso</i>	49
Figura 4 <i>Curva granulométrica del agregado fino.....</i>	51
Figura 5 <i>Ensayo del peso específico del agregado fino.....</i>	53
Figura 6 <i>Ensayo del contenido de humedad del agregado fino</i>	53
Figura 7 <i>Cortado del agave americano.....</i>	54
Figura 8 <i>Elaboración de probetas cilíndricas y vigas.....</i>	68
Figura 9 <i>Resultados prueba de Slump según incorporación de CAA</i>	72
Figura 10 <i>Evolución de la resistencia de la muestra patrón.....</i>	75
Figura 11 <i>Ensayo de rotura de briquetas.....</i>	77
Figura 12 <i>Evolución de la resistencia de la muestra al 5% de CAA</i>	78
Figura 13 <i>Evolución de la resistencia de la muestra al 10% de CAA</i>	80
Figura 14 <i>Evolución de la resistencia de la muestra al 15% de CAA</i>	82
Figura 15 <i>Resistencias alcanzadas según los días de curado en MPa.</i>	83
Figura 16 <i>Resistencias del ensayo a flexión alcanzadas según los días de curado en MPa.....</i>	89

ACRÓNIMOS

UNACEM : Unión Andina de Cementos

FICC : Federación Interamericana de la industria de la construcción

ANOVA : Analysis of Variance

PROMPERÚ : Comisión de la Promoción del Perú para las Exportaciones y Turismo

INEI : Instituto Nacional de Estadística y Informática

ACI : American Concrete Institute

INEN : Servicio Ecuatoriano de Normalización

RESUMEN

El concreto mundialmente es el material más usado, en ese entender, la presente experimentación tuvo finalidad el uso de materiales que proporcionen eficiencia en el concreto en ese aspecto considerando el agave americano una planta perenne resistente a terrenos áridos desarrollándose en las quebradas, no teniendo ninguna importancia, razón por lo cual, se tomó énfasis en la presente investigación.

El objetivo de la investigación es determinar la influencia de la ceniza de agave americano como sustitución parcial en el concreto, utilizando la técnica del diseño experimental, cuantitativo, con el método estadístico de comparación de medias Analysis of Variance (ANOVA).

Se realizó la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en proporciones del 5%, 10% y 15% al concreto patrón $f'c=20.59$ MPa, para ser evaluados a la resistencia a la compresión y flexión. Obteniéndose 72 muestras cilíndricas para el ensayo de la resistencia a compresión de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034) y 36 vigas para el ensayo de resistencia a flexión según NTP 339.078, evaluadas a los 7, 14 y 28 días.

En el ensayo de la resistencia a la compresión, se obtuvo resistencias del grupo patrón de 20.73 MPa, y al 5%, 10% y 15%, alcanzo 23.76 MPa, 21.97 MPa y 19.26 MPa (ver Tabla 51), en la resistencia a la flexión se obtuvo del grupo patrón de 6.87 MPa, al 5%, 10% y 15% alcanzo a 8.77 MPa, 7.92 MPa y 6.51 MPa (ver Tabla 60).

Palabras claves: resistencia del concreto, compresión, flexión, ANOVA.

ABSTRACT

Concrete is the most widely used material in the world, in this understanding, the present experimentation had the purpose of using materials that provide efficiency in concrete in this aspect, considering the American agave as a perennial plant resistant to arid terrains developing in the ravines, not having any importance, reason for which, emphasis was taken in the present investigation.

The objective of the research is to determine the influence of American agave ash as a partial substitution in concrete, using the quantitative experimental design technique, with the statistical method of comparison of means Analysis of Variance (ANOVA).

The partial substitution of cement by American agave ash in proportions of 5%, 10% and 15% to the standard concrete $f'c=20.59$ MPa was carried out, to be evaluated for compressive and flexural strength. The 72 cylindrical samples were obtained for the compressive strength test according to the Peruvian Technical Standard (NTP 339.034) and 36 beams for the flexural strength test according to NTP 339.078, evaluated at 7, 14 and 28 days.

In the compressive strength test, resistances of 20.73 MPa were obtained from the standard group, and at 5%, 10% and 15%, they reached 23.76 MPa, 21.97 MPa and 19.26 MPa (see Table 51), in the flexural strength test, 6.87 MPa was obtained from the standard group, and at 5%, 10% and 15%, 8.77 MPa, 7.92 MPa and 6.51 MPa were obtained (see Table 60).

Keywords: concrete resistance, compression, bending, ANOVA.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, se viene realizando diferentes investigaciones con el empleo de las cenizas en el concreto, en consecuencia, en la presente investigación se realizó la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en el concreto para conocer las propiedades mecánicas del concreto, por tanto, esta investigación es de beneficio tecnológico y social.

La presente investigación se desarrolla en cuatro capítulos, donde:

I CAPITULO, se fundamenta el planteamiento del problema, describiendo la realidad problemática, planteamiento del problema, así mismo el planteamiento de los objetivos.

II CAPITULO, se describe el marco teórico que abarca los antecedentes de la investigación, bases teóricas y marco conceptual.

III CAPITULO, se explica la metodología de la investigación utilizando la técnica del diseño experimental, correlacional y explicativo, también en el presente capítulo se determinó el tamaño de muestra y población.

IV CAPITULO, se detallan los resultados obtenidos, las discusiones y recomendaciones.

Durante las pruebas experimentales se realizarón combinaciones con la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano (CAA) en 5%, 10% y 15%, para la determinación de las propiedades mecánicas del concreto de la resistencia a la compresión y flexión.

Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Realidad problemática.

Mundialmente, la construcción es las actividades de mayor demanda, es el responsable de la creación de infraestructuras necesarias para fomentar un crecimiento económico, usando el concreto como el elemento principal, según Pasquel (1993), define los componentes típicos, agregados de 60 a 75 %, cemento de 7 a 15%, agua 15 a 22%, aire de 1 a 3%, siendo el principal aglomerante el cemento.

Según Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC), en Latinoamérica el sector de la construcción creció en un 1,1% del 2019 al 2020”, el mismo que indica “el Perú se encuentra en el puesto 7 según la demanda de la construcción en Latinoamérica”, por otro lado:

La Comisión de la Promoción del Perú para las Exportaciones y Turismo (PROMPERU), indica que el Perú registra un crecimiento de las exportaciones en un 10,5% en promedio en el año 2015, siendo el cemento portland el producto más dinámico, entre ellos son 5 países los que concentran el 88% de nuestras exportaciones, Bolivia como primer destino, seguido por Chile, Estados Unidos, Colombia y Ecuador.

EL Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), indica que a febrero del 2021, el sector de la construcción en el Perú aumentó en un 14.32%, mostrando un crecimiento durante 6 meses consecutivos, incrementándose en el consumo interno del cemento en un 15.97%, debido a la implementación de obras privadas y proyectos inmobiliarios, por otro lado, cabe indicar que los precios de los materiales de construcción subieron en un 7.3% entre el 2020 y el 2021, viéndose el incremento principalmente en el precio del cemento portland, registrándose el alza de S/.22.89 a S/25.30 entre enero del 2020 a agosto del 2021.

Para el año 2007, el INEI reporta, que el 38.9% (3 millones 47 mil 225) de las viviendas a nivel nacional son de concreto, y al 2017, reporta un incremento en la construcción de viviendas de concreto al 42.8% (3 millones 298 mil 280), de la misma forma, el INEI reporta que, a nivel local, para el año 2019 se tiene un incremento de 1.4% de la construcción de viviendas de concreto, lo cual confirma el uso masivo del concreto en las edificaciones a nivel nacional y a nivel local.

Según los reportes de sostenibilidad de la planta Unión Andina de Cemento (UNACEM), la producción del cemento emite altas cantidades de gases tóxicos hacia el medio ambiente, siendo el principal de ellos la emisión de dióxido de carbono (CO₂), con una representación de un 5% de las emisiones industriales, se considera que por cada tonelada de cemento producido se libera un aproximado de 900 kg de CO₂.

Por otro lado, cabe resaltar la importancia del cemento como aglomerante importante del concreto, el mismo que viene incrementándose en su demanda, costo por su puesto su producción siendo uno de las más importantes contaminadores del medio ambiente, por tanto, se da paso a la búsqueda de innovadoras alternativas de

incorporación de cenizas en el concreto, sin dejar a lado las exigencias del cumplimiento de normativas de diseño de concreto y su empleo en la construcción.

1.2. Formulación e identificación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana en las propiedades mecánicas del concreto $f'c= 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la compresión del concreto $f'c= 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac,2020?
- ¿Cuál es la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la flexión del concreto $fr= 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020?

1.3. Justificación de la investigación.

Se realizo la presente investigación, para desarrollar nuevas propuestas de sustitución parcial del cemento por cenizas en el concreto, que cumplan con los estándares de las propiedades mecánicas de la resistencia a la compresión y flexión, del mismo modo aprovechar la planta del agave americano de múltiples formas, el cual se encuentra sin un valor agregado en nuestro medio, el mismo que mediante el uso no genere un impacto ambiental adverso.

Por otro lado, existe la necesidad de conservar el medio ambiente mediante la disminución de la producción de cemento principal aglomerante del concreto, el cual en su producción está relacionado a la emisión de dióxido de carbono (Baron, 2017).

Esta investigación tiene el propósito de generar un avance científico en la utilización del agave americano para un diseño de concreto de $f'c=20.59$ MPa. utilizado en la construcción de viviendas.

La técnica de la investigación del diseño experimental nos permite comparar variables sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de agave americana en el concreto, observando el comportamiento del concreto al ensayo a la compresión y flexión, para sí sugerir la dosificación adecuada para su uso.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.
- Determinar la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la flexión del concreto $f_r=20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

1.5. Delimitación de la investigación

Descrito la realidad problemática de la investigación, se ha delimitado en los siguientes aspectos:

1.5.1. Espacial

La delimitación espacial de la investigación está comprendida dentro de la ciudad de Abancay, provincia de Abancay, región de Apurímac, donde se realizó los estudios pertinentes para la obtención de los resultados.

1.5.2. Temporal

El período de la investigación corresponde al año 2021-2022.

1.5.3. Social

La investigación no tiene delimitación social, visto que esta investigación estudio las muestras de concreto.

1.5.4. Conceptual

En la investigación, se realizó la incorporación de ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas a compresión y flexión, dicho esto se realizó el estudio para conocer cuál es el comportamiento de la ceniza de agave americano y así saber si se puede utilizar en el concreto.

1.6. Viabilidad de la investigación

El estudio para la determinación de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020, es factible, porque se cuenta con investigaciones para poder usarlo, desde el punto económico es viable porque los recursos como: materiales y equipos necesarios para la ejecución de los ensayos de compresión y flexión se cuentan en nuestra localidad.

1.7. Limitaciones

Las limitaciones para el desarrollo de la investigación fueron:

Recursos humanos, no existe especialistas en el área de concreto disponibles en la ciudad de Abancay, su costo es elevado y poca disponibilidad de tiempo para el asesoramiento.

Financieramente, el estudio se limita en realizar solo los ensayos de compresión y flexión, cabe señalar que las propiedades mecánicas del concreto son el esfuerzo de compresión, tracción, flexión y cortante, en visto que no se cuenta con los recursos necesarios para la realización de los otros ensayos.

Materiales y equipos, existe limitaciones para acceder a la maquina universal de ensayos Schenck trebel, transductores de desplazamiento vertical para la determinación de los ensayos de tracción y cortante por la carencia de equipos en la Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA) y laboratorios en la ciudad de Abancay, para realizar las otras pruebas de las propiedades mecánicas del concreto.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Para Velásquez & Durán (2016) que estudiaron la *“Evaluación de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar”*, con el uso de las cenizas volantes y cenizas de caña de azúcar en sustitución del cemento portland tipo I, verificaron el comportamiento del esfuerzo a la compresión del concreto, para el estudio utilizó la cantidad de 48 especímenes, para el cual, ha empleado para el diseño de mezcla de concreto usando el método American Concrete Institute (ACI) y para el ensayo de compresión la Norma Técnica Colombiana (NTC-673), donde concluyo que para las sustituciones de 5%, 10%, 15% y 20%, se obtuvo como porcentaje del 5% el óptimo para ambas sustituciones de cenizas alcanzando una resistencia de 26,1MPa, superando el diseño en un 9.16%.

Ma-tay (2014) realizó una investigación denominada: *“Valorización de cenizas de bagazo procedentes de Honduras: Posibilidades de uso en matrices de cemento portland”*, cuyo fin fue investigar la valoración de las distintas muestras de ceniza de

bagazo de caña de azúcar de Honduras, para el estudio utilizó 144 testigos, empleando la metodología marcadas por la norma de la Asociación Española de Normalización (UNE-EN 196-1:2005) métodos de ensayo del cemento, donde valoro la resistencia del concreto con adición de ceniza de bagazo de caña al 25% de sustitución del cemento, las resistencias fueron un 15% más que las muestras del concreto patrón.

Para la investigación, *“Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)”* Coyasamin (2016), diseñó un hormigón con la adición de materiales con propiedades puzolánicas, donde se determinó la influencia de CCA y CBC en la resistencia a compresión a los mismos días de curado, donde concluye que el porcentaje óptimo de sustitución de CCA y CBC es de 15% y el cual presenta una resistencias de 240 Kg/cm² , evaluados a los 28 días.

Para Vivas (2016), en su trabajo de tesis *“Diseño de un hormigón liviano elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino”* se diseña un concreto elaborado con ceniza de madera en sustitución parcial del agregado fino, Vivas propone un concreto base de 180 kg/cm² y concretos con sustitución parcial de 30%, 50% y 70%, se utilizó la metodología del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), a si llego a la conclusión en el concreto con un 30% de incorporación disminuye 3.45% en la resistencia a compresión, el concreto con 50% de sustitución muestra una disminución de 7.31% y del mismo modo, con un 70 % de sustitución disminuye en 16.67% de la resistencia a compresión en referencia al concreto patrón.

2.1.2. A nivel nacional

Para Mego & Meza (2018), en su investigación *“Influencia de la ceniza de caña, aditivo superplastificante y tiempo de curado sobre la compresión, rigidez, capacidad de llenado - paso y fluidez de un concreto autocompactante”* plantea evaluar porcentajes óptimos de ceniza de hoja de caña y aditivo superplastificante, la población de estudio fue de 118 testigos, donde se obtuvo los siguientes resultados:

Las muestras con adición de ceniza al 3% incrementó en 15% al esfuerzo de compresión y rigidez evaluados al día 56 permaneciendo en curado en este periodo, la muestra con adición de 2.5% presenta un incremento de 9% respecto a la muestra patrón con aditivo.

Para Idrogo (2018), en su investigación *“Estudio de la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm² con ceniza de bagazo de caña de azúcar Pimentel”*, donde diseñó un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, fabricados con ceniza de residuo de caña de azúcar, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas del concreto, teniendo una población en estudio de 36 probetas, el estudio fue de carácter descriptivo y cuasiexperimental; en la investigación, siguió las recomendaciones del método propuesto por American Concrete Institute (ACI) para el diseño de concreto, llegó finalmente a la conclusión de las probetas adicionadas al 8, 10 y 15% lo siguiente a la inclusión del 8% incremento en un 10.97% y para la adición de 10% existiendo una disminución de 10.76 % y para la adición al 15 % una disminución del 22.38 % a los 28 días.

Para Chávez (2017), en su investigación *“Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico”*, en su estudio empleó ceniza de restos de caña de azúcar para

verificar el esfuerzo de compresión del concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ y así encontrar las proporciones para el diseño de concreto, cuya población de estudio fue de 45 especímenes, se realizaron muestras al 1%, 3% y 5% con adición de restos de bagazo de caña de azúcar, obteniendo a la adición del 3% un incremento de 21.88% en el esfuerzo a la compresión, mientras con la adición al 5% disminuye la resistencia a compresión en un 8.17%.

Para Vera (2018), en su investigación *“Resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal”*, donde se determinó la influencia en las propiedades del esfuerzo a compresión del concreto, incorporando ceniza de tuna o nopal, cuya población de estudio fue de 18 testigos, para lo cual, ha empleado la metodología para el diseño de concreto propuesto por American Concrete Institute (ACI), concluyó que las muestras con una adición de 15% de cenizas tienen una disminución de 32.49% en el esfuerzo a compresión del concreto, se determina que la ceniza de nopal o tuna no contiene un material cementante.

Por otro lado Galicia & Velásquez (2016), en su trabajo de investigación *“Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ ”*, donde analizaron el concreto incorporando ceniza de rastrojo de maíz, cuya población en estudio fue 96 probetas cilíndricas para el ensayo de compresión y 16 especímenes de vigueta para prueba a la flexión, para la prueba de compresión según la norma técnica peruana (NTP 339.034 – 1999), para la prueba de flexión según la norma American Society for Testing and Materials (ASTM C-31), finalmente, el autor concluyó de la sustitución en el ensayo al esfuerzo a la compresión de las adiciones al 2.5%, 5% y 7.5% se

incrementos en 30%, 35% y 47%, respecto al concreto patrón 20.99 kg/cm², para los ensayos a flexión se obtuvo de 19.20 kg/cm² con adición del 5%, a los 28 días.

2.1.3. A nivel regional y local

Para Huaraca (2019), en su trabajo *“Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, 2019”*, donde sustituyó el cemento con ceniza de bagazo de caña de azúcar al 10%, 15%, 20%, evaluados a los 7,14,21 y 28 días para un concreto patrón de diseño 210 Kg/cm², en tanto el autor concluyó que las resistencias a la compresión y flexotracción, no superaron al concreto patrón; pero sin embargo, indica que a la sustitución al 10%, resulta mantener sus propiedades físicas y mecánicas.

Por otro lado, Juárez (2022), en su investigación *“Análisis de la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de rastrojo de Zea mays L. en la resistencia mecánica de concreto $f_c=24.5$ MPa, distrito de Abancay, provincia de Abancay, región Apurímac – 2020”*, donde sustituyó parcialmente el cemento con ceniza de Zea mays L en porcentajes de 5%, 10% y 15%, para evaluar la resistencia a la compresión y flexión teniendo un total de 72 muestras, que fueron evaluados a los 7, 14 y 28 días, de la investigación el autor concluyó:

Que un concreto patrón al día 28 de curado se obtuvo una resistencia promedio de 25.68 MPa y con la sustitución del 5%, 10% y 15%, se tuvo la resistencia promedio a 27.19 MPa, 24.23 Mpa a sí mismo en la resistencia a la flexión del concreto patrón se obtuvo 3.90 MPa y con la sustitución al 5%, 10% y 15%, se obtuvo la resistencia promedio de 3.75 MPa, 3.44 MPa y 3.30 Mpa respectivamente (pág. 14).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Las cenizas de agave americano (variable independiente)

Las cenizas se obtienen a través de la quema de la planta tallo o hojas secas, las cenizas contiene como propiedades como es magnesio, fosforo, calcio, potasio y sílice. Para obtener las cenizas se debe tener en cuenta la cantidad de minerales que puedan contener, la composición química de las cenizas varía en su composición aproximada contienen 50% de sílice, 30% de alumina, 7% de óxido de hierro, 2% de cal y 1-6% de inquemados (Santaella, 2001).

Las cenizas del agave americano, así como las cenizas de origen agrícola son productos de la incineración del carbón, que poseen carácter puzolánico, siendo este de utilidad para crear cemento o usarlo en las mezclas de concreto (Rivva, 2010).

Se clasifican en puzolanas naturales (de origen volcánico o rocas sedimentarias), como sedimentarias e ígneas, y artificiales (subproducto de diversos procesos industriales y agrícolas), como cenizas volantes, humo de sílice, escoria de horno alto, arcilla calcinada, cenizas de Agave Americano, residuos de calcinación de esquistos y pizarras (Rivva, 2010).

La norma ASTM 618-12a (2012), clasifica a las puzolanas en:

- Clase F, cenizas volantes procedentes de la quema de antracita o carbón bituminoso.
- Clase C, cenizas volantes procedentes de la quema de lignito o carbón sub bituminoso.
- Clase N, puzolanas naturales, como tierras diatomeas, pizarras o cenizas volcánicas (pág. 2).

El agave americano más conocido con los nombres de Pita, Cabuya, Maguey, es una planta perenne que pertenece a la familia de las agaváceas a la especie: agave americana L., nativa de las regiones áridas y semiáridas de México y sur de Estados Unidos, el mismo que se ha distribuido ampliamente a nivel mundial (Balaguer, 1977).

Fue descubierto por Linneo en el año 1753, se caracteriza por sus largas hojas carnosas y lanceoladas con borde aserrado y una espina terminal, es una planta con un periodo de crecimiento y maduración de los 10 a 18 años posterior a ello florece (Bautista, 2006).

Esta planta puede vivir un máximo de 20-30 años, siempre que no florezca, ya que esta especie muere tras la floración. Producen abundantes semillas la forma habitual de multiplicación es a partir de hijuelos (Balaguer, 1977).

El tiempo de maduración depende de las condiciones climáticas y de suelos, el tallo es único, no ramificado, generalmente oculto por las hojas, las hojas están dispuestas en forma de roseta alrededor del tallo, son de color verde grisáceo muchas veces azulado, miden 1.20 a 2.00 m, son gruesas, carnosas, lanceoladas y sin pecíolo con un ancho de 30 cm, son ligeramente cóncavas hacia arriba, de bordes firmes con una hilera de espinas terminando el vértice con una espina de 3 cm de largo (Bautista, 2006).

Tabla 1

Características químicas del Agave Americano

Características	Porcentaje
Solidos	31 % (Celulosa 36.20%, Fructano 69.75% y Lignina 17.02%)

Humedad	67%
Otros	2 %

Fuente: (Balaguer, 1977)

Dimensiones, Cantidad de ceniza de Agave Americano en sustitución parcial del cemento. **Indicadores**, Porcentaje de sustitución de cenizas de agave americano al 5%,10% y 15% por cemento. **Instrumentos**, ensayo estandarizado según la NTP 339.033, practica normalizada para la elaboración de concreto. **Procedimientos**, el procedimiento se realizará en laboratorio, llevando la ceniza de agave americano para sustituir parcialmente al cemento para la elaboración del concreto.

2.2.1.1. El concreto hidráulico

El concreto es una mezcla de insumos o materiales, por lo que es muy importante conocer las propiedades de los materiales para su inclusión de acuerdo con lo permitido según diseño, los componentes del concreto hidráulicos son los siguientes:

2.2.1.1.1. Cemento Portland

El cemento según, “Flavio Abanto en su libro de tecnología del concreto lo denomina como un producto procedente del clinker, por su origen de minerales naturales y artificiales que contienen los componentes cal, sílice, alúmina y óxidos de hierro” (Abanto, 1994)

Hoy en día, existen diferentes clasificaciones de acuerdo con el país de origen, a nivel mundial, se clasifica el cemento portland en:

- “Cemento portland tipo I. Es empleado en obras de concreto en general, al que no se le exige propiedades especiales.

- Cemento portland tipo II. Es empleado en obras de concreto expuestos a acción moderado de sulfatos y moderado calor de hidratación.
- Cemento portland tipo III. Es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- Cemento portland tipo IV. Es el que desarrolla bajo calor de hidratación.
- Cemento portland tipo V. Es el que brinda resistencias altas a la acción de los sulfatos” (Sanchez, 2001).

2.2.1.1.2. Los Agregados

“Los agregados forman el 60 y 70 % del volumen de la mezcla, por su generalidad los agregados son materiales granulares preferentemente de origen ígneo como el granito, sienítico o diorítico, los cuales cumplen propiedades mecánicas, de acuerdo a su procedencia se tiene agregados de origen natural o procesados, los agregados para el uso en concreto deben cumplir límites granulométricos, su cumplimiento es muy importante porque afecta el rendimiento y la trabajabilidad del concreto, así mismo los agregados son materia inerte del concreto los que no deberían intervenir en las alteraciones químicas entre el agua y el cemento es importante limitar el uso de agregados que contengan álcalis o compuestos químicamente reactivos” (Harmsen, 2019).

“El agregado grueso principalmente está constituido por material roca granito, dioríticas y sieníticas, según su origen pueden ser de origen natural o mecánico, el agregado grueso es el retenido en el tamiz de 4.75 mm (N° 04), el contenido de polvo no deberá exceder del 1.5% que es el pasante de la malla N° 200 (75 μ m)” (Harmsen, 2019).

“Los agregados finos según su procedencia son de origen natural o mecánico o una combinación de ambos, deben ser libres de impurezas limo, álcalis, materia

orgánica, pizarra, limpios y duros, se le denomina así por el tamaño de partículas que de manera predominante pasa la malla N° 4 (4.75 mm) y queda en la N° 200 (75 µm)” (Harmsen, 2019).

a) Análisis granulométrico del agregado fino y grueso

“La granulometría o el conocimiento de la curva granulométrica es muy fundamental para la dosificación óptima del concreto, el mismo que los agregados finos son los influyentes en medida de la dosificación de agua en el concreto, el análisis granulométrico del agregado es efectuado mediante tamices normados luego de haber sido secado la muestra, la curva granulométrica del agregado viene representado en el eje de las abscisas por la dimensión de la malla y en las ordenadas por el porcentaje acumulado que pasa” (Gorisse, 1981).

En la siguiente tabla, se muestra la granulometría del agregado fino de acuerdo con la (NTP 400.037, 2014).

Tabla 2

Requerimiento granulométrico del agregado fino

Tamiz		Porcientos pasando recomendado
Mm	Pulgadas y/o N°	
9.51	3/8”	100
4.76	N° 4	95-100
2.38	N° 8	80-100
1.19	N° 16	50-85
0.595	N° 30	25-60
0.297	N° 50	10-30
0.149	N° 100	2-10

Fuente: (Toirac Corral, 2012).

“La finura de un agregado fino se caracteriza por:

- La forma de la curva granulométrica
- El módulo de finura
- El porcentaje de elementos inferiores a 80 μ

Estudios experimentales han demostrado que una buena arena para el uso en el concreto es aquel que tenga un módulo de finura de 2.5" (Gorisse, 1981).

Tabla 3

Clasificación de la arena por su módulo de finura

Tipo de arena	Módulo de finura (gramos)
A. Gruesa	3.2
A. Media	2.9
A. Fina	2.2
A. Muy fina	1.5

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

Los agregados gruesos al igual que las arenas finas no deben contener de un 5% de arcillas ni más de 1.5 % de material orgánica entre otros, al igual que para el agregado.

b) Determinación del peso específico del agregado fino y absorción del agregado grueso

La NTP 400.022 (2013), establece el procedimiento para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, la absorción luego de sumergir por 24 horas el agregado fino (pág. 4).

A si mismo la NTP 400.022 (2013),recomienda el procedimiento de la siguiente manera: primeramente, pesar el agregado fino obtenido del cuarteo luego de haber sometido a un peso constante a una temperatura de 110°. Luego someter la muestra a saturación por 24 horas en agua, luego extender la muestra en una superficie

expuesta a una corriente de agua, llevado al estado saturado y superficialmente seco; para verificar el estado de consistencia del agregado se usó el cono truncado, llenándose la muestra en dos capas y en cada capa dándose 15 golpes, luego de llenado realizar el enrasado retirar el molde, hasta que al quitar el molde esta se derrumbe (pág. 6).

Luego se realiza el llenado de una muestra de 500 g del material en la fiola, para luego llenar con agua hasta 500 cm³ a una temperatura de 23°C, luego realizar el pesado de la fiola más el agregado fino, después de 1 hora de transcurrido, luego sacar la muestra de la fiola y someter a secado hasta obtener un peso constante a una temperatura de 110°C, luego enfriarlos a temperatura de ambiente (NTP 400.022, 2013).

A si mismo para el cálculo nos recomienda las siguientes relaciones:

“Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{500}{V - Va} \times 100$$

Peso específico aparente (Pea)

$$Pea = \frac{Wo}{(V - Va) - (500 - Wo)} \times 100$$

Absorción (Ab)

$$Ab = \frac{500 - Wo}{Wo} \times 10$$

Donde:

Pem= Peso específico de masa

Wo= Peso en el aire de la muestra secada en el horno en gr.

V=Volumen del frasco en cm³.

Va= Volumen en cm^3 de agua añadida en el frasco.

Va = Volumen en cm^3 de agua añadida a la fiola” (pág. 8)

c) Contenido de humedad

Ensayo del contenido de la humedad de los agregados, se continúa con los procedimientos y recomendaciones de la (NTP 339.185), “el ensayo tiene como objetivo calcular el contenido de humedad del agregado por el método de secado, cuya humedad evaporable vendría a ser el contenido de humedad el cual se encuentra superficial y/o retenida en los poros” (pág. 1).

Los equipos necesarios para la realización del ensayo según la (NTP 339.185), “son los siguientes:

- Una balanza con una sensibilidad de 0.1% del peso de prueba.
- Estufa u horno ventilado capaz de conservar una temperatura firme.
- Un recipiente adecuado para altas temperaturas.
- Un cucharón de metal o espátula” (NTP 339.185, pág. 3).

El procedimiento para seguir:

- “Realizar el pesado de una masa de muestra con una exactitud de 0.1%, seguidamente se debe efectuar el proceso de secado, teniendo cuidado de evitar la pérdida de las partículas.
- Realizar cuidadosamente cuando el secado es muy rápido, porque podrían explotar algunas partículas existiendo pérdidas de las mismas.
- Finalmente, se pesará la muestra después que dicha muestra se encuentre enfriado” (NTP 339.185, pág. 3).

Finalmente, se obtiene el peso final de la muestra, para la determinación del contenido de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%H = ((P_o - P_s) / P_s) \times 100$$

Donde:

%H=Porcentaje de humedad.

Po= Peso inicial

Ps= Peso seco

d) Determinación de peso específico y absorción del agregado grueso

La determinación del peso específico y absorción del agregado grueso se continua con las recomendaciones de la MTC E 206 – 2016 y NTP 400.021.

A si mismo la NTP 400.021 (2013), indica los procedimientos de la siguiente manera:

- “Para determinar el peso específico y absorción, se preparó la muestra a ensayar, obteniendo una muestra representativa, cuarteándolos luego de haber eliminado el material inferior a 4.75 mm.
- Se continúa con el lavado de la muestra para la eliminación de toda impureza, material orgánico, seguidamente se realiza el secado en la estufa a 100 o 110 grados centígrados, hasta obtener un peso constante, luego se sumergió la muestra durante 24 horas en agua.
- Luego de haber sido sumergido la muestra, se secó las partículas hasta eliminar el agua superficial, luego se realizó el pesado de la muestra superficialmente seca.

- Continuando con el procedimiento, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica, para tomar el peso de la muestra sumergida.
- Finalmente, con los datos obtenidos se realiza el cálculo de peso específico y absorción con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Peso específico} = \frac{W1}{W2 - W3}$$

$$\text{Absorción} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

Donde:

W1= Peso de la muestra seca

W2= peso de la muestra saturada

W3= peso de la muestra sumergida saturada” (NTP 400.021, 2013).

e) Determinación de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino.

Para la determinación del peso unitario de los agregados con características compactadas o sueltas, así como para el cálculo de los vacíos de los agregados se sigue las recomendaciones de la NTP 400.017.

La NTP 400.017 (2011), indica los procedimientos para la determinación del peso unitario suelto:

“Para la determinación del peso suelto del agregado, se procedió con el llenado con agregado grueso en el molde normalizado sin varillar, con la finalidad de obtener una muestra en su estado suelto.

- Luego de haber llenado el molde, se procedió con el enrasado con una varilla, compensado las partes salientes para luego pesarlos en kg, para

determinar el peso suelto del agregado grueso se ha usado la siguiente fórmula.

$$P_{us} = W(m + ml) - W(ml)$$

Donde:

P_{us} = Peso unitario suelto gr.

$W(m+ml)$ = Peso de muestra incluido el molde expresado en gr.

$W(ml)$ = Peso del molde en gr" (NTP 400.021, 2013).

Para la determinación del peso unitario compactado del agregado grueso La NTP 400.017 (2011), indica los procedimientos de la siguiente manera:

“Para la determinación del peso unitario compactado del agregado grueso, primeramente, se llenó con el agregado grueso el molde normalizado en tres capas de igual altura, cada capa a 1 o 2 cm. arriba de la capa respectiva.

- Se utilizó una varilla lisa de 5/8", para el varillado con una longitud aproximada de 24 pulgadas.
- Se realiza el compactado con la varilla golpeando 25 golpes por cada capa continuando hasta el llenado dicho procedimiento, finalmente, enrasar con la varilla y luego pesarlo" (NTP 400.021, 2013).

2.2.1.1.3. El agua

“El agua es un elemento esencial para la preparación de mezclas de concreto, el cual permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante, cuya agua utilizada para la mezcla deberá ser limpia exenta de ácidos, aceites, material orgánico entre

otros, así mismo para Enrique Pasquel el agua que es apto para el consumo siempre será bueno para el uso en el concreto” (Pasquel, 1993).

En la tabla siguiente, se muestra los límites permisibles del agua para la preparación de concreto y el curado.

Tabla 4

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Description	Límite	Métodos de ensayo
Sólidos totales	50000 ppm	ASTM C1603
Álcalis (Na ₂ O+0,658 K ₂ O)	600 ppm	NTP 334.086
Sulfatos (SO ₄)	3000. ppm	NTP 334.086
Cloruros (Cl ⁻).	1000. ppm	NTP 334.086
pH	5 a 8	

Fuente: (NTP 339.088, 2006)

2.2.1.2. Diseño de mezcla – método ACI 211.

“El método de diseño de mezcla ACI data de los años 1944, no habiendo variantes experimentados hasta la última versión anunciada por el comité 212.1 el año 1991” (Rivva, 2010).

Este método nos permite la proporción de la mezcla del concreto normal, incluyendo ajustes por humedad de los áridos y modificaciones de las mezclas, se sigue la secuencia para el diseño:

Calcularemos la resistencia de diseño promedio, en caso existiera resultados estadísticos, la resistencia de diseño se calculará según las siguientes fórmulas:

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

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

Donde:

f'_{cr} = Resistencia promedio requerido

f'_c = Resistencia específica a la compresión

El valor del f'_{cr} de diseño será el mayor valor obtenido de ambas fórmulas, cuando no exista un registro de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada de los valores de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5

Resistencia a la compresión promedio

f'_c especificado	f'_c (kg/cm ²)
< 210	$f'_c + 70$
210-350	$f'_c + 84$
>350	$f'_c + 98$

Fuente: (Concrete Institute American, 2007)

Selección del tamaño máximo nominal del agregado: "El tamaño máximo corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso" (NTP 400.037, 2014).

Seleccionamos el asentamiento (SLUMP) de acuerdo con la Tabla siguiente:

Tabla 6

Valores de asentamiento recomendados para diversas obras

Tipo de estructura	Slump	
	Máximo (cm)	Mínimo (cm)
Muros y bases armadas, para cimientos	10	5
Pilotes y tabiques	15	10
Columnas, losas, vigas y tabiques de llenado no dificultoso	15	10
Pavimentos	5	5

Hormigón Bombeado	+de 15	7.5
-------------------	--------	-----

Fuente: (Castro & Battaglia, 2014)

Para la estimación de la relación tamaño máximo del agregado grueso y Slump para la estimación de la cantidad de agua y contenido de aire se continua con la siguiente tabla.

Tabla 7

Estimación de agua y contenido de aire de los agregados

Slump	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicada					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
	Concretos sin aire incorporado					
1" a 2"	205	200	185	180	160	155
3" a 4"	225	215	200	195	175	170
6" a 7"	240	230	210	205	185	180
Cantidad aproximada de aire atrapado en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5

Fuente: Libro "Tecnología del concreto" (Abanto, 1994, pág. 73)

Se determinará la relación agua/cemento en base a la resistencia de compresión solicitada, el cual se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 8

Relación agua cemento por resistencia.

f'c (28 días) (kg/cm ²)	Relación agua/ cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0,38	-----

400	0,43	-----
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: (Rivva, 2010)

Tabla para la determinación la relación agua/cemento:

Tabla 9

Relación agua/cemento vs $f'c$

$f'c$ (28 días)	Estimación de la relación de agua-cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal		
	3/8"	3/4"	1 1/2"
350	0,53	0,49	0,45
315	0,57	0,53	0,49
280	0,61	0,58	0,53
245	0,66	0,62	0,58
210	0,72	0,69	0,64
175	0,79	0,76	0,71
140	0,87	0,85	0,80

Fuente: (Rivva, 2010)

Cálculo del factor cemento:

$$\text{Factor cemento} = \text{agua}/(a/c)$$

Determinación del contenido del porcentaje de aire por m³ y el volumen absoluto que atrapa el concreto en función de las características granulométricas de los agregados, según Tabla N° 10.

Determinación de la cantidad de agregado grueso:

Tabla 10*Cantidad de agregado grueso*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad del volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75

Fuente: (Concrete Institute American, 2007)

Estimación del contenido de agregado fino:

Tabla 11*Estimación del peso del concreto fresco*

Tamaño máximo del agregado grueso	Primera estimación del peso del concreto en kg/m ³	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375

Fuente: Libro "Tecnología del concreto" (Abanto, pág. 73)

Obtención del volumen del agregado fino: determinado a través de la resta de 1 m³ los volúmenes hallados de cemento, agua, agregado grueso y aire.

Vol. abs. agre. fin

$$= 1\text{m}^3 - \text{Vol. abs. cemento (m}^3) - \text{Vol. abs. agua(m}^3) \\ - \text{Vol. aire (m}^3) - \text{Vol. abs. agre. grueso(m}^3)$$

Cálculo de los pesos que corresponden a los volúmenes de agregados obtenidos.

$$\text{Peso piedra (Kg)} = \text{Vol. abs. piedra (m}^3) \times \text{Peso específico piedra } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\text{Peso arena (Kg)} = \text{Vol. abs. arena (m}^3) \times \text{Peso específico arena } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$$

Corrección por humedad superficial de los agregados.

$$\text{Peso humedo piedra (Kg)} = \text{Peso piedra (Kg)} \times (1 + \text{Humedad piedra})$$

$$\text{Peso humedo arena (Kg)} = \text{Peso arena (Kg)} \times (1 + \text{Humedad arena})$$

$$\text{Balance agua en la piedra (\%)} = \text{Humedad Piedra} - \text{Absorción piedra}$$

$$\text{Balance agua en la arena (\%)} = \text{Humedad arena} - \text{Absorción arena}$$

$$\text{Contribución agua piedra (Kg)} = \text{Balance piedra (\%)} \times \text{Peso humedo piedra (Kg)}$$

$$\text{Contribución agua arena (Kg)} = \text{Balance arena (\%)} \times \text{Peso humedo arena (Kg)}$$

$$\text{Agua final} = \text{agua (Kg)} - \text{Contr. piedra (Kg)} - \text{Contr. agua arena (Kg)}$$

2.2.1.3. Propiedades físicas en estado fresco del concreto

Se define al concreto fresco a la capacidad de moldeado y plasticidad, hasta un tiempo determinado que presenta indicios de fraguado e endurecimiento, a ese espacio se le conoce como tiempo abierto, dentro de las dimensiones más relevantes se encuentra la consistencia o trabajabilidad.

- a. Trabajabilidad.** - Se define que es una cualidad física del concreto en condición fresca la cual determina la facilidad de su manipulación al ser colocado, compactado y moldeado (Concrete Institute American, 2007).

“Para verificar la trabajabilidad del concreto en estado fresco se emplea el “Cono de Abrams o “Slump” (ASTM C 143), el cual define como la consistencia de la mezcla en su estado fresco, el cual se mide el asentamiento en centímetros o pulgadas, de una masa de concreto previamente colocadas, compactadas en un molde de sección troncocónica” (Abanto, 1994).

Según el Slump el concreto se puede clasificar en tres grupos, el cual se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 12

Trabajabilidad del concreto

Descripción	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración normal
Fluida	Mayor a .5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Libro “Tecnología del concreto” (Abanto, pág. 74)

Ensayo de revenimiento o asentamiento

Procedimiento: Para el presente ensayo se siguió los procedimientos de la norma ASTM-C143, “para la realización de esta prueba se utilizó molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior de 20cm y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para el apisonado del concreto, se utiliza una barra de acero liso de diámetro de 5/8” y 60 cm de longitud puntada semiesférica” (Abanto, 1994).

El ensayo se inició con la preparación del molde, llenándolo hasta un tercio del volumen, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente, terminado la tercera capa proceder al enrasado para proceder con él levantado del molde cuidadosamente en

dirección vertical, el tiempo del ensayo no deberán transcurrir más de 2 minutos (Abanto, 1994).

2.2.2. Propiedades mecánicas del concreto (Variable dependiente)

Las propiedades mecánicas son las exigencias del concreto cuando estas están sometidos a fuerzas para un adecuado funcionamiento, aunque no solo la capacidad mecánica para soportar esfuerzo hace a un concreto adecuado para la construcción, si no también es importante tomar en cuenta las características físicas y su composición (Sanchez, 1996).

2.2.2.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la capacidad de soportar aplastamiento de cargas ejercidas a una la unidad de área expresados en términos esfuerzos, donde comúnmente se representa en MPa o en algunos casos en otras unidades de medición y se obtiene mediante el procedimiento del ensayo de compresión. (Garcia & Vargas, 2007).

Para la determinación de la resistencia a la compresión, el ensayo consiste en aplicar una carga axial a moldes o probetas cilíndricas a una velocidad determinada permitidos en un rango, es expresado como la máxima resistencia a la carga sometida en una determinada área (NTP 339.034, 2017).

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{4G}{\pi \chi D^2}$$

Donde:

R_c= Resistencia a compresión expresado en kg/cm².

D= Diámetro del espécimen cilíndrica expresado en cm.

G= Carga máxima de compresión en Kg.

2.2.2.2. Resistencia a la flexión

Para Peña y López (2019), “la resistencia a flexión se deberá determina en especímenes prismáticas (vigas) de sección cuadrada de longitud de 50cm, por un ancho de 15 cm, elaboradas y curadas de acuerdo a las recomendaciones de NTP 339.078” (pág. 35).

Asimismo, Peña y López (2019), “la resistencia a flexión según la NTP 339.078, se realiza apoyando la viga a 2.5 cm como mínimo en los extremos teniendo una luz de 45c.m. , sometiendo las cargas en los tercios medios de la luz, la máxima tracción se denomina módulo de rotura denominado (MR), cabe señalar si la falla se sitúa dentro del medio de la luz libre de la viga; esta se deberá calcular con la siguiente fórmula” (pág. 35).

$$MR=PL/bd^2$$

Donde:

“MR= Módulo de rotura expresado en N/mm².

P= Carga máxima aplicada en Newton.

L=Luz efectiva entre apoyos en mm.

b= Ancho de la viga en mm.

d= Altura de la viga en mm”.

Peña y López (2019), “si la falla se sitúa por fuera del tercio medio de la viga, no mayor al 5% de la longitud de los extremos de la luz libre, se deberá realizar el cálculo con la siguiente ecuación”.

$$MR=3Pa/bd^2$$

Donde

a= Distancia entre la rotura y próximo apoyo, medida longitudinal en la cara inferior de la viga en mm” (pág. 35).

Dimensiones, Propiedades mecánicas del concreto. **Indicadores**, Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. **Instrumentos**, Norma Técnica Peruana 339.034, Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas, Norma Técnica Peruana 339.078, Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión. **Procedimientos**, el procedimiento se realizará en laboratorio.

2.3. Marco conceptual

- a) Concreto: “En términos generales, el concreto puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento), un material de relleno (agregado o áridos), agua y, eventualmente, aditivos que endurecen y después de un cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos” (Sanchez, 2001).
- b) Agregado fino: “Es el material procedente de la arena natural o piedra triturada o combinación de ambas, se denomina agregado fino por el tamaño de sus partículas que de manera predominante pasan la malla Nro. 4 y quedan retenidas en la malla Nro. 200” (Harmsen, 2019)
- c) Agregado grueso: “Denominado grava, gravilla o piedra es el material apto para producir concreto por su tamaño de sus partículas es el agregado retenido en el tamiz Nro. 4” (Harmsen, 2019)
- d) Cenizas: “La ceniza es un producto de combustión pulverizado, es un residuo finamente molido obtenido de la combustión del carbón en polvo” (Sanchez, 2001).
- e) Cemento Portland: “En el sentido más amplio, la palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales

le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuada” (Sanchez, 2001).

f) El agua: “Debe ser limpia, exenta de ácido, base, aceites y material orgánico. Es preferible que contenga menos de 2000 ppm de sólidos disueltos, los contenidos de carbonato de sodio y potasio pueden producir un fraguado muy rápido y los bicarbonatos de sodio y potasio pueden acelerar o retardar el fraguado, las sales pueden retardar el fraguado por lo que recomienda el uso de agua potable” (Gonzales, 2004).

g) Resistencia a compresión: “Se denomina la resistencia a compresión del concreto a la carga máxima sometida a un área de concreto, es decir, un espécimen de concreto, antes de que este fallara por agrietamiento o rotura” (Abanto, pág. 51).

h) Resistencia a flexión: “Casi todas las estructuras mecánicas, desde vigas hasta troncos, están sometidos a diversos tipos de esfuerzo, la resistencia a la flexión es la máxima resistencia a la tracción o la capacidad de doblarse del concreto sin romperse” (Kane & Sternheim, 2007).

i) Resistencia a cortante: Propiedad mecánica del concreto, es la resistencia del concreto a esfuerzos cortantes, sin embargo, generalmente es tomada en cuenta por los códigos de diseño estructural. (Sanchez, 1996).

j) Resistencia a la tracción: Propiedad mecánica del concreto, define la tracción la relación del agrietamiento del concreto, a causa de la contracción inducida por el fraguado o por los cambios de la temperatura, puesto que estos factores generan esfuerzos internos de tracción en el concreto (Sanchez, 1996).

k) Segregación: La segregación se define como la separación mecánica de los agregados gruesos de los del concreto en estado fresco, dentro de las causas que

genera la segregación está el tamaño de agregados grueso, la densidad y las prácticas ejercidas al momento de la compactación la exagerada vibración por tiempos muy prolongados, otra de las causas es el exceso de la cantidad de agua destinada para elaboración o mezclado del concreto; es importante tener en consideración para tener un concreto homogéneo (Sanchez, 2001).

l) Durabilidad del concreto: Es la propiedad física en el estado endurecido es la característica del concreto para resistir la acción del medio ambiente, los ataques químicos, la abrasión y otras condiciones de servicio, de tal manera que sus características y propiedades se mantengan a lo largo de su vida útil (Concrete Institute American, 2007).

Capítulo III: Metodología de la investigación

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

La sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americana influye en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020

3.1.2. *Hipótesis específica.*

- a) La sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americana influye al 5%, 10% y 15% en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020.
- b) La sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americana influye al 5%, 10% y 15% en la resistencia a la flexión del concreto $f'r = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020.

3.2. Método

Para el presente estudio, se usó el método deductivo, el cual consiste en “determinar las características particulares de la realidad problemática, derivando de las proposiciones y leyes científicas, mediante este razonamiento nos permite tomar una decisión del grado de certeza de una hipótesis” (Calduch, 2014).

3.3. Tipo de investigación

La presente investigación, en cuanto a su finalidad, se distingue como una investigación aplicada, debido a que se encuentra destinado a solucionar problemas prácticos de la realidad.

3.4. Nivel o alcance de investigación

El nivel de investigación es de carácter correlacional, “para determinar en qué medida dos o más variables están relacionados entre sí” (Ramirez, 2015); de esta manera se pretende hacer ver el grado de relación que puedan tener la incorporación de ceniza de agave americano en el ensayo de resistencia a la compresión y flexión del concreto.

Finalmente, siguiendo un proceso estadista, se determina y verifica la aceptación o anulación de la hipótesis descrita en el estudio.

3.5. Diseño de investigación.

El diseño de la investigación es experimental, por la manipulación de las variables o factores para analizar las consecuencias, para ver las influencias de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en el ensayo de la resistencia a la compresión y flexión del concreto 20.59 MPa.

Hernández (2014), indica que un diseño experimental requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados (pág. 130).

Para el desarrollo del diseño experimental, se implementa las sustituciones parciales del cemento por cenizas de agave americano en proporción del 5%, 10% y 15%, siguiendo las recomendaciones y parámetros del diseño de mezcla del método ACI-211.

3.6. Operacionalización de variables

3.6.1. *Variable independiente:*

- Sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano.

Dimensiones:

- a) 5% de sustitución.
- b) 10% de sustitución.
- c) 15% de sustitución.

3.6.2. *Variable dependiente:*

- Propiedades mecánicas del concreto.

Dimensiones:

- a) Resistencia a compresión.
- b) Resistencia a flexión.

3.6.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 13

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumento
Variable Independiente				
Ceniza de agave americano	Las cenizas poseen gran capacidad cementante por la composición química y tamaño de partículas. (Montes García)	Cantidad de ceniza de Agave Americano a sustituir por cemento	5% de sustitución 10% de sustitución 15% de sustitución	Fichas de laboratorio: NTP 339.033, Practica normalizada para la elaboración de concreto.
Variable dependiente				
Propiedades mecánicas del concreto	El esfuerzo a compresión es la capacidad de resistir una carga en una determinada área, el cual se determina según (NTP 334. 051: 2013- ASTM 39)	Resistencia a la compresión	Resistencia a los 7, 14 y 28 días	Norma Técnica Peruana 339.034, Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
	El esfuerzo a la ruptura es la máxima carga de resistencia, conocido como carga sometida a flexión el Método de ensayo esta normado la siguiente norma (NTP 300.078 :2012 - ASTM C78)	Resistencia a la Flexion	Resistencia a los 7, 14 y 28 días	Norma Técnica Peruana 339.078, Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Población, muestra y muestreo

Población:

“La población es denotado como el conjunto de elementos que tienen propiedades y característica en común” (Carrillo, 2015).

La población de la investigación, está comprendida 72 unidades de testigos cilíndricos (15x30 cm) y 36 unidades de testigos prismáticos (15cmx15cmx60cm) que incluye el testigo patrón y los testigos con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano al 5%,10% y 15%, para un diseño $f'c=20.59$ MPa.

Muestra:

“La muestra es el grupo de elementos a estudiar, es un subconjunto de la población, para que estos sean representativos es importante definir criterios de inclusión y exclusión” (Carrillo, 2015).

Para la presente investigación se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, la selección de la cantidad de muestra se basó de acuerdo con la norma ASTM C39, el cual indica una cantidad de 3 unidades de concreto como mínimo a ser ensayados para una mejor confiabilidad de los datos.

Para el presente estudio el tamaño de muestra se tomó a 72 unidades de testigos cilíndricos (15x30 cm) y 36 unidades de testigos prismáticos (15cmx15cmx60cm) que incluye el testigo patrón y los testigos con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano al 5%,10% y 15%, para un diseño $f'c=20.59$ MPa.

La NTP 339.088 (2006), recomienda la edad de rotura, a los 7, 14 y 28 días para ensayos a compresión a los 7,14 y 28 días para flexión, para la presente investigación en la tabla 14 se indica la cantidad de muestras cilíndricas para los ensayos de compresión y en la tabla 15 se indica la cantidad de muestras para el ensayo a flexión.

Tabla 14

Cantidad de muestras cilíndricas para prueba de compresión.

Total de muestras cilíndricas para el ensayo a compresión				
Edad de testigos	Diseño patrón	5% de ceniza	10% de ceniza	15% de ceniza
7 días	6	6	6	6
14 días	6	6	6	6
28 días	6	6	6	6
Subtotal de testigos	18	18	18	18
TOTAL	72			

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 14, se muestra la cantidad de muestras a realizarse en un total de 72 muestras, para el ensayo a compresión a los 7,14 y 28 días.

Tabla 15

Cantidad de muestras prismáticas para prueba a flexión.

Total de muestras prismáticas para el ensayo de flexión				
Edad de testigos	Diseño patrón	5% de ceniza	10% de ceniza	15% de ceniza
7 días	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
Subtotal de testigos	9	9	9	9
TOTAL	36			

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 15, se muestra la cantidad de muestras a realizarse en un total de 36 muestras, para el ensayo a flexión a los 7,14 y 28 días.

3.8. Técnicas e instrumentos

A) Recolección de datos

La recolección de datos fueron de manera directa, iniciando con el muestro de especímenes (cilíndricos y prismáticos) de concreto para luego someterlos a los ensayos de compresión y flexión en el laboratorio, registrando los resultados en los formatos respectivos, empleando procedimientos establecidos normados; tales como fechas de obtención de las probetas cilíndricas y prismáticas, fecha de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión siguiendo las recomendaciones establecidas en la norma ASTM C39 y de resistencia a la flexión o módulo de rotura de acuerdo a la norma ASTM C78.

B) Técnicas

Observación directa: La observación directa brinda al investigador, un conocimiento básico al ponerse en contacto directo con el fenómeno que pasa, el mismo que es flexible y receptiva.

Instrumentos: Los instrumentos utilizados en la investigación fueron planillas de observación, el cual contiene datos de registro con referencia, tipo de diseño de mezcla que de los especímenes cilíndricos y prismáticos rotulados: número de espécimen, fecha de elaboración, resistencia de diseño; asimismo, las planillas contienen los datos de cantidad de material empleado.

El registro de resistencias obtenida de cada espécimen que lleva los datos fecha de elaboración del testigo, edad de curado, la fecha de ruptura, el tipo de falla, peso y carga de ruptura, mostrándose en cuadros.

3.9. Consideraciones éticas

Se realizó la investigación con el fin de generar conocimiento, alternativas de materiales sustituyentes al cemento, para generar valor agregado, continuando con los procedimientos establecidos en las normas para obtener datos reales y de suma relevancia.

3.10. Procedimientos estadísticos

El procedimiento estadístico para la presente investigación, una vez recopilada la información consistió primeramente en la identificación de la prueba estadística de acuerdo con los objetivos del estudio y la escala de medición de las variables.

Flores, Miranda, & Villasís (2017), la prueba estadística fueron seleccionadas de acuerdo al objeto de estudio y escala de medición de las variables, para el que se tiene al conjunto de prueba estadística paramétrica siendo la escala de medición cuantitativa, el cual tiene el propósito la comparación de 4 grupos muestra patrón, 5, 10 y 20 % de sustitución del cemento por ceniza de agave americano, cuyos resultados fueron sometidos a la prueba de normalidad, determinándose la distribución normal de las muestras, para el que recomienda la selección de la prueba estadística comparación de medias denominada ANOVA (págs. 364-370).

3.10.1. Medidas de variación o dispersión

Las medidas de variación o dispersión están relacionadas con las medidas de tendencia central, el cual cuantifica la concentración o dispersión de los datos respecto a la media.

a.- Media aritmética. “Viene a ser la suma de los valores observados dividida por el número total de las observaciones, el mismo que se denota con \bar{X} ” (Ramos, Aguila, & Bazalar, 2017).

b.- La Varianza. “La varianza denominada así al promedio de los cuadrados de las desviaciones de los datos en referencia a la media, se expresa en unidades cuadradas.” (Ramos, Aguila, & Bazalar, 2017).

c.- Desviación estándar. (Ramos, Aguila, & Bazalar, 2017), “la raíz cuadrada positiva de la varianza se define como la desviación estándar, el mismo que muestra un valor relativamente pequeño implica concentración alrededor de la media, un valor grande indica gran dispersión” (pág. 224).

d.-Coeficiente de variación. “El coeficiente de variación mide la dispersión de los datos con respecto a la media expresado en porcentaje.” (Ramos, Aguila, & Bazalar, 2017, pág. 226).

3.10.2. *Distribución normal*

“Es utilizada comúnmente en la estadística, dependiendo de la media y la desviación típica, la distribución normal aproxima satisfactoriamente una variable a una situación ideal” (Ramos, Aguila, & Bazalar, 2017).

“Para la contratación de la prueba estadística paramétrica se verifico primeramente la distribución normal, mediante las pruebas estadísticas Kolmogorov-Smirnov para muestras mayores a 50 elementos correspondiente para el ensayo a compresión con un total de 72 muestras, Shapiro Wilk para muestras menores a 50 elementos para el ensayo a flexión con un total de 36 muestras (ver tabla 68).

Para la contrastación de la prueba de hipótesis, mediante el análisis estadístico ANOVA, teniendo el p-valor con una regla de decisión: Si $P < 0.05$, entonces, se rechaza la hipótesis nula, se obtiene de la tabla de probabilidades del análisis estadístico, de acuerdo con la comparación de medias y la desviación típica de los resultados” (Díaz & Fernández, 2021).

De acuerdo con las recomendaciones de la NTP 339.034 y NTP 339. 078, se obtuvieron los resultados de la rotura de las briquetas y vigas a edades de maduración a los 7 ,14 y 28 días de curado.

Capítulo IV: Resultados y discusión

4.1. Resultados

4.1.1. A nivel de variable independiente: sustitución parcial del cemento por ceniza.

En el presente capítulo se muestra los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados, al agregado fino, agregado grueso y la ceniza de Agave Americano en la sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano.

Para el desarrollo de los ensayos primeramente se inició con la identificación de la cantera para la extracción y preparación de los agregados, teniendo en referencia la investigación realizada, *“Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac, 2018”* (Ferrel & Moreano, 2018), en dicho estudio fue realizado de las canteras del Pachachaca, identificando que la cantera MURILLO es óptimo para el uso.

Los ensayos de las características de los agregados se realizaron en el laboratorio CONCHIPA INGENIEROS, obteniéndose los diferentes resultados:

Ensayo de granulometría fue realizado siguiendo la norma técnica peruana NTP 400.012, para el agregado grueso y fino.

Tabla 16

Ensayo de la granulometría del agregado grueso

Muestra inicial	3229.4 gr	Muestra lavada y secada		3174.0	Peso recipiente	0.0 gr
Tamiz Pulg.	Tamiz mm	p. retenido gr	p. corregido gr.	% Ret.	%Retenido acumulado	% Pasa
1 1/2	37.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.000	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4	19.000	70.2	70.20	2.17%	2.17%	97.83%
1/2	12.500	1338.0	1338.00	41.43%	43.61%	56.39%
3/8	9.500	1112.5	1112.50	34.45%	78.05%	21.95%
N° 4	4.750	545.7	545.70	16.90%	94.95%	5.05%
N° 8	2.360	39.4	39.40	1.22%	96.17%	3.83%
N° 16	1.180	20.3	20.30	0.63%	96.80%	3.20%
N° 50	0.300	21.7	21.70	0.67%	97.47%	2.53%
N°200	0.075	24.2	24.20	0.75%	98.22%	1.78%
Cazuela		0.0	57.40	1.78%	100.00%	
Total		3172.0	3229.4	100%		

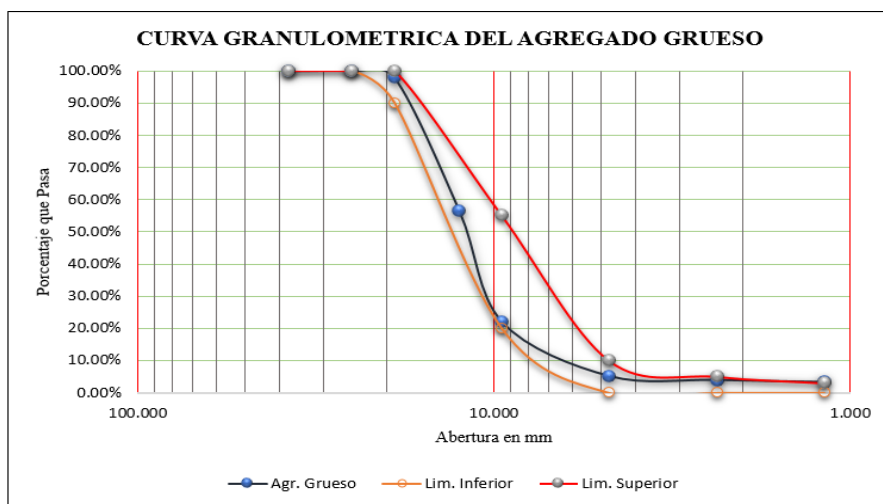
Fuente: Elaboración propia

Nota: La tabla número 16, se muestra los resultados de la granulometría del agregado grueso procedente de la cantera Murillo, el tamaño máximo nominal es calculado como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel tamiz que retenga en un promedio de 5% a 10%. del material, el cual se encuentra en la malla N° 1/2" (12.5 mm), obteniendo como tamaño máximo nominal el valor de 1/2".

El módulo de fineza del agregado grueso corresponde a la sumatoria de los porcentajes acumulados en los tamices Nro. $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 8, N°16, N°50 y N° 100, cuyo resultado es dividido entre 100, obteniéndose un módulo de fineza de 6.60.

Figura 1

Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la Figura 1, se observa la curva granulométrica del agregado grueso, el cual se encuentran en los límites de la norma, el mismo que no presenta finos ni gruesos permiten una distribución uniforme cumpliendo con lo especificado en la norma NTP 400.037.

Figura 2

Serie de tamices y granulometría del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la Figura 2, se muestra los tamices normalizados y la distribución según tamaño del agregado grueso.

Tabla 17

Propiedades físicas del agregado grueso

Descripción	Agregado grueso
Peso específico gr/cm^3	2.69
Módulo de fineza	6.60
Absorción %	0.85
Humedad %	1.36
Peso unitario suelto Kg/m^3	1390.07
Peso unitario compactado Kg/m^3	1593.41
Tamaño máximo nominal Pulg.	$\frac{1}{2}$ "

Fuente: Elaboración propia

Nota: De la Tabla 17, se tiene los resultados del peso específico y la absorción del agregado grueso, del que podemos indicar que el agregado grueso de la cantera Murillo tiene un peso específico promedio de 2.69 gr/cm^3 , el cual se encuentra en el rango de 2.6 a 3 gr/cm^3 de acuerdo NTP 400.022 (2013), asimismo, se muestra el

contenido de absorción promedio es de 0.85%, del que podemos mencionar que se encuentra en el límite aceptable; los agregados con porcentaje de absorción mayor al 3% presentan altos índices de porosidad (NTP 400.022, 2013).

Por otro lado en la tabla 17, se muestra el peso unitario suelto del gregado grueso de la cantera murillo presenta un resultado de peso unitario de 1390.066 Kg/m^3 , los rangos de los pesos unitario suelto de los agregados gruesos oscilan entre los 1380 Kg/m^3 a 1600 Kg/m^3 , se puede apreciar que se encuentra dentro del rango de acuerdo a la NTP 400.017, a si mismo se muestra los resultados del peso unitario compactado del agregado grueso, el cual fue realizado en dos ensayos del que se obtuvo el promedio de 1593.41 Kg/m^3 y un porcentaje de vacíos de 43%, y un contenido de humedad del agregado grueso fue de 1.36%.

Figura 3

Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso



Nota: En la Figura 3, se muestra el ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera Murillo.

Tabla 18

Resultados de resistencia al desgaste para el agregado grueso.

Tamaño máximo:		1/2 "			
Tamices		P. retenido	Nº Esferas	%Abrasión	
1 1/2"	1"	1249.00	12	29.58	
1"	3/4"	1252.00			
3/4"	1/2"	1256.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
Peso de la muestra seca en gr.		5007.00			
Peso de la muestra final en gr.		3526.00			
% de Abrasión:				29.58	

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la Tabla 18, se tiene los resultados del ensayo a abrasión de Los Ángeles, donde se tiene un porcentaje de abrasión de 29.58% del material grueso natural, este resultados se encuentra dentro del límite de acuerdo a la NTP 400.019.

Tabla 19

Granulometría del agregado fino.

Muestra inicial	773.9 gr	Muestra lavada y secada		698.8	Peso recipiente	0.0 gr
Tamiz (pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret. (gr.)	Peso corr. (gr.)	%Ret.	% Retenido acumulado	% Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 4	4.750	38.10	38.10	4.92%	4.92%	95.08%
Nº 8	2.360	188.00	188.00	24.29%	29.22%	70.78%
Nº 16	1.180	181.30	181.30	23.43%	52.64%	47.36%
Nº 30	0.600	127.10	127.10	16.42%	69.07%	30.93%

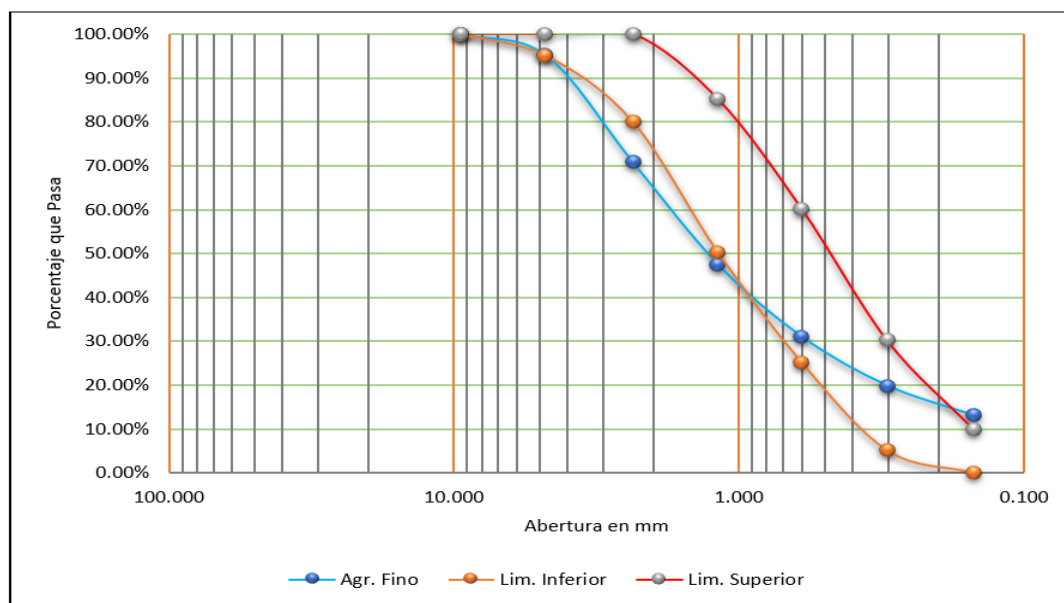
N° 50	0.300	86.30	86.30	11.15%	80.22%	19.78%
N° 100	0.150	51.80	51.80	6.69%	86.91%	13.09%
N°200	0.075	23.20	23.20	3.00%	89.91%	10.09%
Cazuela		4.40	78.10	10.09%	100.00%	
Total		700.2	773.9	100%		

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 19, se muestra la granulometría del agregado fino de la cantera Murillo.

Figura 4

Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia

Nota: De la figura 4, se muestra la uniformidad de la distribución del agregado fino de la cantera Murillo, el cual se encuentra en los rangos establecidos de la NTP 400.037.

El módulo de fineza resultado es de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$MF = (4.92 + 29.22 + 52.64 + 69.07 + 80.22 + 86.91) / 100 = 3.23$$

Teniendo el resultado del módulo de fineza del agregado fino, podemos mencionar que se encuentra en los límites establecidos entre los 2.3 – 3.1, caso si una muestra presenta inferior o superior a los ± 0.2 , estos deberán ser rechazado (NTP 400.037, 2014).

Tabla 20

Propiedades físicas del agregado fino

Descripción	Agregado fino
Peso específico gr/cm ³	2.62
Módulo de fineza	3.23
Absorción %	4.07
Humedad %	4.74
Peso unitario suelto Kg/m ³	1633.28
Peso unitario compactado Kg/m ³	1699.16
Tamaño máximo nominal Pulg.	

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 20, se muestra los pesos específicos obtenidos de las muestras se encuentran en los límites del rango de 2.6 a 3 gr/cm³, así mismo se muestra los resultados del peso suelto compactado del agregado fino, se realizó dos pruebas para sacar el promedio, donde se obtuvo un resultado de 1633.28 Kg/m³ y un porcentaje de vacíos de 38.70%, por otro lado se muestra el peso unitario y varillado del agregado fino, luego de realizado el ensayo se tiene un peso unitario de 1699.16 Kg/m³, el cual se encuentra en el rango permitido de acuerdo con la NTP 400.017, el peso unitario compactado del agregado fino oscila en un rango de 1500 a 1700 kg/m³, resultando el contenido de humedad del agregado fino obteniendo un resultado de 4.74%.

Para la presente investigación, se seleccionó las plantas de agave americano procedente de la quebrada Ollabamba, Mariscal Gamarra, Grau, Apurímac altitud 2600 msnm, al cual se obtuvo las plantas en estado maduro, desarrollados en los meses de septiembre y octubre en época de estiaje, los que se procedieron al cortado de las hojas en trozos de 10 a 20 cm, para facilitar el proceso de secado cuyo proceso fue realizado a intemperie de 50 a 60 días controlados hasta obtener un peso constante, para luego realizar el quemado en un horno por 6 horas, luego dejar enfriar, finalmente se obtuvo la ceniza de Agave Americano.

Figura 7

Cortado del agave americano



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida el agave americano, se procedió con el empacado para la realización del contenido de humedad el cual se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 21*Contenido de humedad del agave americano*

Muestra	Peso de la muestra mas recipiente en gr	Peso del recipiente gr	Peso de la Muestra mas recipiente gr (105°c x 3 h 30 min)	% Humedad
Muestra 01	1024	268	580	58.73
Muestra 02	960	268	528	62.43
Muestra 03	886	268	463	68.45
Contenido de humedad promedio				63.20

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 24 ,se muestra los resultados del contenido de humedad del agave americano sometido a la estufa a 105°c por 3 horas y 30 min hasta la obtención de un peso constante, obteniendo un contenido de humedad promedio de 63.20%.

- Porcentaje de ceniza del agave americano, se calculó con la siguiente relación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Peso del crisol mas muestra a } 650^{\circ} - \text{Peso del crisol})}{(\text{Peso del crisol mas muestra} - \text{Peso del crisol})} \times 100$$

Porcentaje de ceniza del agave americano

Tabla 22*Porcentaje de ceniza del agave americano*

Peso del crisol en gr	Peso de la muestra gr	Peso del crisol y la muestra en gr	Peso del crisol más muestra a 650°c x 4 horas en gr	% Ceniza
26.3	324	350.3	68	12.87

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 25 ,se muestra los resultados del porcentaje de cenizas del agave americano sometido a la calcinación a 650°C por 4 horas, obteniendo un contenido de cenizas de 12.87%.

Tabla 23

Determinación de la densidad de la ceniza agave americano.

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Volumen del picnómetro (ml)	500	500
Peso del picnómetro (gr)	152.4	152.4
Peso de la muestra Seca (gr)	104.5	105.5
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	712.6	714.2
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	446.3	448.6
Peso del picnómetro + agua (gr)	656.5	658.3
Peso de la muestra sumergida (gr)	56.1	55.9
Peso del agua desplazada (gr)	48.4	49.6
Peso del agua absorbida (gr)	341.8	343.1
Peso Específico (gr/cm ³)	2.16	2.13
Promedio peso específico (gr/cm³)	2.14	

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 26, se muestra los resultados la densidad promedio de la ceniza de agave americano es de 2.14 gr/cm³.

Para la presente investigación, se seleccionó el Cemento Portland tipo I (ASTM C150), comercialmente de la marca YURA, estando normalizado, siendo de uso en general en obras y la construcción en general, con un específico es de 3.14 gr/cm³.

Tabla 24

Propiedades físicas de los materiales para el diseño de mezcla.

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento Tipo I YURA	Ceniza de Agave Americano
Peso específico (gr/cm ³)	2.62	2.69	3.14	2.14
Módulo de fineza	3.23	6.60		
Absorción %	4.07	0.85		
Humedad %	4.74	1.36		
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1633.28	1390.07		
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1699.16	1593.41		
Tamaño máximo nominal Pulg.		½"		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 27, se muestra las propiedades del agregado grueso, agregado fino, peso específico del cemento, peso específico de la ceniza, resultado de los ensayos.

El diseño de mezcla fue realizado por el método ACI. Este método considera en su procedimiento nueve pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto, incluido el ajuste por humedad procedente de los agregados.

El cual se detalla el procedimiento de la siguiente manera:

Diseño de mezcla método ACI 211

a) Factor de seguridad:

El factor de seguridad para el diseño de concreto se calcula según tabla 6 para un diseño de concreto 20.59 MPa entonces será:

$$f'_{cr} = f'_c + 8.24$$

$$f'_{cr} = 28.83 \text{ MPa}$$

b) Asentamiento:**Tabla 25***Selección de asentamiento (SLUMP)*

Consistencia	Revenimiento
Plástica	3" a 4"

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla número 28, se muestra de Slump de un concreto de consistencia plástica al cual se requiere, dicha tabla se saca de selección del Asentamiento.

c) Tamaño máximo del agregado

El tamaño máximo nominal se obtiene del ensayo realizado de granulometría del agregado grueso obteniéndose el tamaño máximo nominal de 1/2".

d) Agua de mezclado y contenido de aire

De la tabla 8, de acuerdo con los datos se tiene para un revenimiento de 3" a 4" y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1/2", se tendrá 215 Lt/m³ con 2.5% de contenido de aire.

$$\text{Cantidad de agua} = 215 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Porcentaje de aire} = 2.5\%$$

e) Relación agua cemento (a/c)

La relación agua cemento se obtiene realizando la interpolación según tabla 9 para la resistencia requerida $f'c=28.83$ MPa, entonces interpolando tenemos:

29.42	300	0.55
28.83	294	X
24.52	250	0.62

$$x = 0.55 + \frac{(0.62 - 0.55) * (29.42 - 28.83)}{(29.42 - 24.52)}$$

$$\text{Relación (a/c)} = 0.56$$

f) Cálculo de la cantidad de cemento

El contenido del cemento será igual al agua de mezclado entre la relación a/c, (Abanto, 1994):

$$\text{Cantidad de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3)}{\text{a/c (para } f'_{cr})}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 373.87 \text{ kg/cm}^3$$

g) Estimación del contenido de agregado grueso

Según los datos obtenidos en el estudio de los agregados, se tiene el módulo de fineza de 3.23 y el tamaño máximo del agregado grueso es de 1/2", entonces, el volumen de agregado según la tabla 10 es 0.59 m³, calculamos el contenido de agregado grueso:

$$\text{Contenido de agregado grueso (kg)} = \text{Vol. A. grueso} * \text{P. unitario compactado A.G}$$

$$\text{Vol. de agregado grueso} = 0.592 \text{ m}^3$$

$$\text{P. unitario compacto} = 1593.41 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 943.22 \text{ kg}$$

h) Cálculo del contenido de agregado fino

Para el presente calculo existen dos métodos para su determinación, uno es el método de los pesos y otro por volúmenes absolutos.

- **Método de los pesos**

Se realizará con la tabla 14, según la tabla podemos ver que para un tamaño máximo de agregado de 1/2" sin aire incorporado, se estima el peso por metro cúbico de 2355 kg/ m³.

Teniendo en cuenta todos los datos ya calculados, calculamos el peso de agregado fino.

Peso del agua	= 215 kg
Peso del cemento	= 373.87 kg
Peso del agregado grueso	= 943.22 kg
Peso del concreto	= 2325 kg

$$\text{Peso de A.F} = \text{Peso de C}^\circ - (\text{Peso A.G} + \text{Peso de agua} + \text{Peso del cemento})$$

$$\text{Peso de A.F.} = 792.91 \text{ kg}$$

- **Método de volúmenes absolutos**

Para (Abanto, 2009), "Es un procedimiento más exacto para el cálculo de las cantidades de agregado fino por metro cúbico de concreto." (pág. 72)

Para hallar el peso del agregado fino se realizará con:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Tenemos:

Vol. de cemento =	0.111 m ³	P.E. cemento =	3140 kg/m ³
Vol. del agua =	0.215 m ³	P.E. agua =	1000 kg/m ³
Vol. del aire =	0.025 m ³		
Vol. del A. G. =	0.350 m ³	P.E. A.G =	2690 kg/m ³

El volumen de agregado fino es:

$$\text{Vol. A.F.} = 1 - (\text{Vol. A.G.} + \text{Vol. de aire} + \text{Vol. de agua} + \text{Vol. Cemento})$$

$$\text{Volumen de A. F} = 0.299 \text{ m}^3$$

$$\text{P.E. A. F} = 2627.79 \text{ kg/m}^3$$

Entonces el peso de agregado fino:

$$\text{Peso de agregado fino} = 785.71 \text{ kg}$$

i) Ajuste por contenido de humedad de los agregados

- Cálculo de pesos húmedos

$$\text{Peso húmedo de los agregados (kg)} = \text{peso del agregado} * (1 + \%W)$$

$$\text{P. del agregado grueso húmedo} = 956.05 \text{ Kg}$$

$$\text{P. del agregado fino húmedo} = 822.95 \text{ kg}$$

- Arreglo de

cantidad de agua

$$\text{Agua en agregados} = \text{Peso seco del agregado} * (\%W - \%A)$$

$$\text{Agua que aporta de A.G.} = 1.39 \text{ kg}$$

$$\text{Agua que aporta el A.F.} = 7.85 \text{ kg}$$

- Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{P. del agua} - (\text{agua que aporta el A.G} + \text{agua que aporta el A.F})$$

$$\text{Agua efectiva} = 205.76 \text{ kg}$$

Tabla 26

Resumen de diseño de mezcla patrón.

Cantidad de materiales y proporción para 1 m³ diseño de concreto f'c = 20.50 MPa						
Materiales	Cantidad /m³		Proporción en Volumen por pie³		Proporción en volumen para 1 m³	
Cemento	373.87	Kg	1.00	pie ³	8.797	bolsas
Agua	205.76	Lt	22.20	Lt	0.206	m ³
Agr. Grueso	956.05	Kg	2.23	pie ³	0.633	m ³
Agr. Fino	822.95	Kg	2.26	pie ³	0.533	m ³

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 29, se muestra el diseño de mezcla para la muestra patrón, para un diseño de concreto $f'_c = 20.50$ MPa.

Metodología de dosificación de concreto con adición de cenizas

El Instituto Americano del Concreto, adopta el uso de cenizas volantes en sus recomendaciones para dosificar mezclas de Concreto ACI 211.1, como regla general el ACI recomienda tratar las cenizas solo como un sustituto parcial del cemento, por lo que en el proceso de dosificación debe tenerse en cuenta la estimación de la relación agua-cemento que se realizara el ajuste con la nueva relación agua/material cementante y se denotará como $a/(c+caa)$, equivalente a la relación agua/cemento tradicional, mediante la utilización de la siguiente ecuación

$$\frac{a}{c + caa} = \frac{\gamma_c * \left(\frac{a}{c}\right)}{\gamma_c * (1 - Fv) + \gamma_p * Fv}$$

En donde:

$(a/c+caa)$: Relación agua /(cemento + ceniza de agave americano)

(a/c) : Relación agua cemento

γ_c : Peso específico del cemento

γ_p : Peso específico de la ceniza de agave americano

Fv : Porcentaje de ceniza en volumen expresado como factor decimal

El porcentaje de ceniza a utilizar en la elaboración del concreto debe expresarse como factor decimal y puede estar referido al peso o al volumen del cemento total a utilizarse, el ACI 211 proporciona las siguientes ecuaciones que permiten obtener una equivalencia entre ambas.

$$Fw = \frac{1}{1 + \left(\frac{\gamma_c}{\gamma_p}\right) * \left(\frac{1}{Fv} - 1\right)}$$

$$Fv = \frac{1}{1 + \left(\frac{\gamma_p}{\gamma_c}\right) * \left(\frac{1}{Fw} - 1\right)}$$

En donde:

γ_c : Peso específico del cemento

γ_p : Peso específico de la ceniza

Fv: Porcentaje de ceniza en volumen expresado como factor decimal

Fw: Porcentaje de ceniza en peso expresado como factor decimal

De esta manera se procede a calcular una nueva relación agua - cemento más ceniza para diferentes porcentajes de ceniza al peso, recordando que la relación agua - cemento del diseño del concreto fue 0.56 y el peso específico de la ceniza es 2.14 g/cm³.

Tabla 27

Cantidad de material según el porcentaje de ceniza para elaborar 1 m³ de concreto

Porcentaje	fw (%)	fv (%)	a/(c+caa)	c+caa (Kg)	c (Kg)	caa (Kg)
5%	0.05	0.072	0.57	359.04	341.09	17.95
10%	0.10	0.140	0.59	351.03	315.92	35.10
15%	0.15	0.206	0.60	343.36	291.86	51.50

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 30, se muestra la proporción de cemento y ceniza en relación al porcentaje de sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano.

Tabla 28

Resumen de materiales de valores corregidos por m³ de diseño

Diseño de mezcla para 1 m³ de concreto f'c = 20.50 MPa con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano				
Descripción	Contenido en Kg/m³			
Cantidad de cemento	100%	95%	90%	85%
Cantidad de CAA	0%	5%	10%	15%
Relación a/(c +caa)	0.56	0.57	0.59	0.60
Cemento (Kg)	373.873	341.09	315.92	291.86
Ceniza de agave americano (Kg)	0	17.95	35.10	51.50
Agua (Lt)	205.760	205.760	205.760	205.760
Agr. Fino (Kg)	822.948	822.948	822.948	822.948
Agr. Grueso (Kg)	956.049	956.049	956.049	956.049

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 31, la proporción para 1 m³ de concreto para un diseño de f'c = 20.59 MPa, con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano.

Proporción de material por peso para de 72 briquetas con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano:

$$\text{Volumen de molde} = 0.0053 \text{ m}^3$$

$$\text{Cantidad de moldes} = 72$$

$$\text{Volumen total de 72 Br.} = 0.3816 \text{ m}^3$$

Tabla 29

Proporción de material por peso para de 72 briquetas

Cantidad de material por peso para 72 briquetas de concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano				
Descripción	Peso (kg) Patrón	Peso (kg) Ceniza de agave al 5%	Peso (kg) Ceniza de agave al 10%	Peso (kg) Ceniza de agave al 15%
Cemento	142.67	130.16	120.56	111.37
Agregado fino	314.04	314.04	314.04	314.04
Agregado grueso	364.83	364.83	364.83	364.83
Agua	78.52	78.52	78.52	78.52
CAA		6.85	13.39	19.65

Fuente: Elaboración propia

Nota: En esta tabla 32, se visualiza las cantidades de material que se ha sustituido en cada vaciado, para el vaciado de briquetas con una sustitución al 5% se utilizó 6.85 kg de ceniza de agave americano, para la sustitución de 10% se utilizó 13.39 kg de ceniza de agave americano y finalmente para la sustitución de 15% se utilizó 19.65 kg de ceniza de agave americano.

Proporción en peso para 36 vigas, con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de molde} &= 0.0123 \text{ m}^3 \\ \text{Cantidad de moldes} &= 36 \\ \text{Volumen total de 36 Vigas} &= 0.4457 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabla 30

Proporción de material por peso para de 36 vigas

Cantidad de material por peso para 36 vigas de concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano				
Descripción	Peso (Kg) Patrón	Peso (Kg) Ceniza de agave al 5%	Peso (Kg) Ceniza de agave al 10%	Peso (Kg) Ceniza de agave al 15%
Cemento	166.63	152.02	140.81	130.08
Agregado fino	366.77	366.77	366.77	366.77
Agregado grueso	426.09	426.09	426.09	426.09
Agua	91.70	91.70	91.70	91.70
CAA		8.00	15.64	22.95

Fuente: Elaboración propia

Nota: En esta tabla 33, se visualiza las cantidades de material que se ha sustituido para el vaciado de 36 vigas con una sustitución al 5% se utilizó 8.00 kg de ceniza de agave americano, para la sustitución de 10% se utilizó 15.64 kg de ceniza de agave americano y finalmente para la sustitución de 15% se utilizó 22.95 kg de ceniza de agave americano.

Tabla 31

Cronograma de elaboración de testigos cilíndricos.

Cronograma de elaboración de testigos normalizados y curado de especímenes de concreto en laboratorio NTP 339.183 f'c 20.59 MPa						
Diseño de concretos	de	Número de muestras	Fecha de elaboración	Fecha de rotura		
				7 días	14 días	28 días
Muestra patrón		18	15/01/22	22/01/22	29/01/22	12 /02/22
Muestra 5% CAA		18	15/01/22	22/01/22	29/01/22	12/02/22
Muestra 10% CAA		18	16/01/22	23/01/22	30/01/22	13/02/22

Muestra 15% CAA	18	16/01/22	23/01/22	30/01/22	13/02/22
Total, de Muestras	72				

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 34, se muestra el cronograma de elaboración de probetas cilíndricas, el cual fue realizado en dos días en un total de 72 vigas.

Tabla 32

Cronograma de elaboración de testigos prismáticos.

Cronograma de elaboración de testigos prismáticos concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo NTP 339.078 f'c =20.59 MPa						
Diseño de concretos	Número de muestras	Fecha de elaboración	Fecha de rotura			
			7 días	14 días	28 días	
Muestra Patrón	9	15/01/22	22/01/22	29/01/22	12/02/22	
Muestra del 5% CAA	9	15/01/22	22/01/22	29/01/22	12/02/22	
Muestra del 10%CAA	9	16/01/22	23/01/22	30/01/22	13/02/22	
Muestra de 15% CAA	9	16/01/22	23/01/22	30/01/22	13/02/22	
Total, de muestras	36					

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 35, se muestra el cronograma de elaboración de testigo prismático, el cual fue realizado en dos días en un total de 36 vigas.

Figura 8

Elaboración de probetas cilíndricas y vigas



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la figura 8, se muestra la elaboración de las probetas cilíndricas y vigas, para los ensayos de compresión y flexión.

Tabla 33

Resultados del Slump de la muestra patrón.

Datos del slump de la muestra patrón NTP 339.035				
N°	Descripción del elemento	Slump (cm)	Slump (Pulgadas)	Tipo de consistencia
1	M. Patron	10.40	4.09	Plastica
2	M. Patron	10.30	4.06	Plastica
3	M. Patron	10.50	4.13	Plastica
4	M. Patron	10.80	4.25	Plastica
5	M. Patron	10.00	3.94	Plastica
6	M. Patron	10.20	4.02	Plastica
7	M. Patron	9.80	3.86	Plastica
8	M. Patron	10.50	4.13	Plastica
9	M. Patron	10.40	4.09	Plastica
Promedio		10.32	4.06	Plastica

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 39, se muestra los resultados del Slump de la muestra patrón realizados de acuerdo con la norma técnica peruana NTP 339.035, teniendo un Slump promedio de 4.06 pulgadas de consistencia plástica.

Tabla 34

Resultados del Slump al 5% de CAA.

Datos del Slump de la muestra del 5% CAA NTP 339.035				
N°	Descripcion del elemento	Slump (cm)	Slump (Pulgadas)	Tipo de consistencia
1	M. 5% CAA	9.20	3.62	Plástica
2	M. 5% CAA	9.50	3.74	Plastica
3	M. 5% CAA	9.40	3.70	Plastica
4	M. 5% CAA	9.50	3.74	Plastica
5	M. 5% CAA	9.60	3.78	Plastica
6	M. 5% CAA	9.20	3.62	Plastica
7	M. 5% CAA	9.80	3.86	Plastica
8	M. 5% CAA	9.10	3.58	Plastica
9	M. 5% CAA	9.20	3.62	Plastica
Promedio		9.39	3.70	Plastica

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 37, se muestra los resultados del Slump de la muestra patrón realizados de acuerdo con la norma técnica peruana NTP 339.035, teniendo un Slump promedio de 3.70 pulgadas de consistencia plástica.

Tabla 35*Resultados del Slump de la muestra al 10% CAA*

Datos del Slump de la muestra del 10% CAA NTP 339.035				
N°	Descripcion del elemento	Slump (cm)	Slump (Pulgadas)	Tipo de consistencia
1	M. 10% CAA	8.80	3.46	Plastica
2	M. 10% CAA	8.60	3.39	Plastica
3	M. 10% CAA	8.00	3.15	Plastica
4	M. 10% CAA	8.20	3.23	Plastica
5	M. 10% CAA	8.00	3.15	Plastica
6	M. 10% CAA	8.90	3.50	Plastica
7	M. 10% CAA	8.80	3.46	Plastica
8	M. 10% CAA	8.40	3.31	Plastica
9	M. 10% CAA	8.20	3.23	Plastica
Promedio		8.43	3.32	Plastica

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 38, se muestra los resultados del Slump de la muestra al 10% de CAA, realizados de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 339.035, teniendo un Slump promedio de 3.32 pulgadas de consistencia plástica.

Tabla 36*Resultados del Slump de la muestra al 15% CAA*

Datos del slump de la muestra del 15% CAA NTP 339.035				
N°	Descripcion del elemento	Slump (cm)	Slump (Pulgadas)	Tipo de consistencia
1	M. 15% CAA	8.00	3.15	Plastica
2	M. 15% CAA	7.80	3.07	Plastica
3	M. 15% CAA	7.70	3.03	Plastica
4	M. 15% CAA	6.80	2.68	Plastica

5	M. 15% CAA	7.80	3.07	Plastica
6	M. 15% CAA	8.00	3.15	Plastica
7	M. 15% CAA	7.20	2.83	Plastica
8	M. 15% CAA	7.50	2.95	Plastica
9	M. 15% CAA	8.00	3.15	Plastica
Promedio		7.64	3.01	Plastica

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 39, se muestra los resultados del Slump de la muestra al 15% de CAA, realizados de acuerdo con la norma técnica peruana NTP 339.035, teniendo un Slump promedio de 3.01 pulgadas de consistencia plástica.

Tabla 37

Resumen de resultados del Slump según la sustitución con CAA

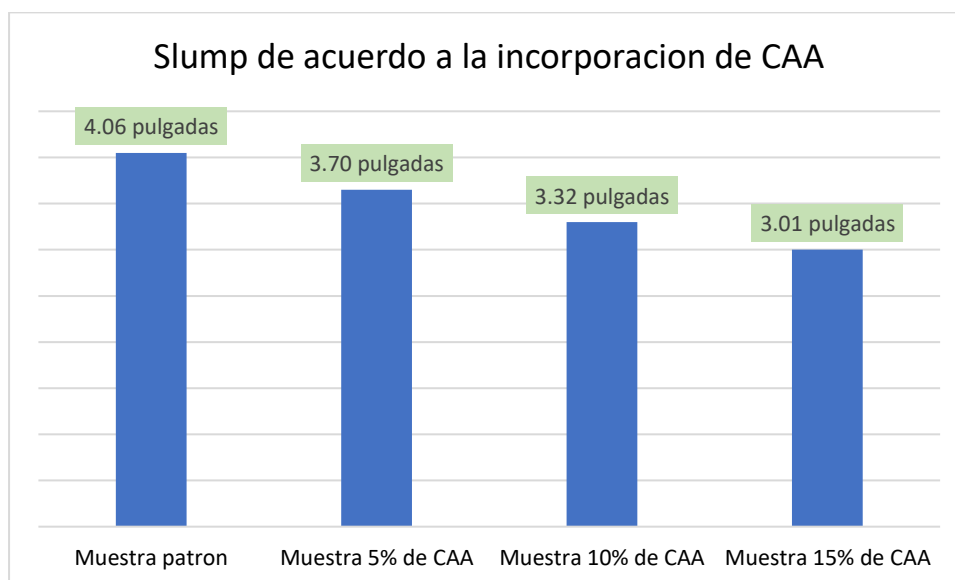
Descripción	Slump (cm)	Slump (pulgadas)	Consistencia
Muestra patron	10.32	4.06	Plastica
Muestra 5% de CAA	9.39	3.70	Plastica
Muestra 10% de CAA	8.43	3.32	Plastica
Muestra 15% de CAA	7.64	3.01	Plastica

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 40, se muestra los Slump promedio obtenido de acuerdo con la incorporación de ceniza de agave americano al 5%,10% y 15%, teniendo una disminución en referencia a la muestra patrón.

Figura 9

Resultados prueba de Slump según incorporación de CAA



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la figura 9, se muestra los Slump promedio de la muestra patrón alcanzando de 4.06 pulgadas, la muestra del 5% de CAA se ha obtenido de 3.70 pulgadas, a la muestra de 10% de CAA se ha obtenido 3.32 pulgadas y a la muestra del 15% se ha obtenido 3.01 pulgadas de asentamiento de la mezcla.

Tabla 38

Peso unitario del concreto en estado fresco

Peso unitario del concreto en estado fresco NTP 339.046				
Descripcion del elemento	M. Patron	5% CAA	10% CAA	15% CAA
Peso del molde +concreto (Kg)	22.50	21.90	21.25	21.08
Peso del molde (Kg)	8.40	8.40	8.40	8.40
Peso del concreto (Kg)	14.10	13.50	12.85	12.68
Volumen del molde (m ³)	0.006	0.006	0.006	0.006
Peso unitario (Kg/m³)	2350.00	2250.00	2141.67	2113.33

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 41, se muestra los pesos unitarios del concreto en estado fresco resultando de la muestra patrón igual a 2350 Kg/m^3 , de la muestra del 5% de CAA resultando 2250 Kg/m^3 , de la muestra de 10% de CAA se a obtenido 2141.67 Kg/m^3 y de la muestra del 15% se ha obtenido 2113.33 Kg/m^3 .

Tabla 39

Temperatura del concreto en estado fresco

Descripcion del elemento	Muestra Patron	5% CAA	10% CAA	15% CAA
M1 (°C)	20.1	22.5	24.30	25.80
M2 (°C)	20.6	22.8	24.50	27.40
M3 (°C)	20.4	21.6	23.80	26.30
Promedio (°C)	20.4	22.3	24.20	26.50

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 42, se muestra la temperatura de la muestra patrón igual a 20.4°C , de la muestra del 5% de CAA resulta 22.3°C , de la muestra de 10% de CAA resulta una temperatura de 24.2°C y de la muestra del 15% resulta 26.5°C .

4.1.2. A nivel de variable dependiente: propiedades mecánicas a compresión y flexión.

A nivel de la variable dependiente se realizaron los ensayos de compresión y flexión, se procedió a realizar la rotura de 72 muestras cilíndricas y 24 muestras prismáticas a los 7,14, 28 días, para el que se inició primeramente tomando las medidas de los testigos cilíndrico y prismáticos con el uso de la *Escala de Vernier*. Luego se colocó los testigos en la máquina de ensayo, verificando su alineación y asegurándose que este centrado procediendo con la rotura aplicando la carga a una velocidad comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05 \text{ MPa/s}$, esta velocidad se mantuvo

durante la segunda mitad del ciclo de ensayo hasta que se produzca la falla del espécimen.

Tabla 40

Resistencia a compresión de la muestra patrón.

Descripción Del elemento	Medidas (cm)			Edad días	Esfuerzo kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	H cm	D cm	Área cm ²				
M. Patrón	30	15.13	179.79	7	211.06	11.94	corte
M. Patrón	30	15.12	179.55	7	212.47	12.02	corte
M. Patron	30	15.08	178.60	7	153.10	8.66	cono
M. Patron	30	15.06	178.13	7	184.44	10.43	corte
M. Patron	30	14.99	176.48	7	209.22	11.84	cono
M. Patron	30	15.01	176.95	7	149.72	8.47	corte
M. Patron	30	15.21	181.70	14	185.72	15.51	corte
M. Patron	30	15.15	180.27	14	158.86	18.94	columnar
M. Patron	30	15.32	184.33	14	193.57	17.82	corte
M. Patron	30	14.76	171.10	14	256.21	18.83	corte
M. Patron	30	15.08	178.60	14	252.78	14.38	cono
M. Patron	30	15.13	179.79	14	277.07	15.67	corte
M. Patron	30	14.98	176.24	28	280.42	20.61	corte
M. Patron	30	15.37	185.54	28	370.90	21.10	corte
M. Patron	30	15.20	181.46	28	351.68	19.89	cono
M. Patron	30	15.11	179.32	28	283.01	20.80	corte
M. Patron	30	15.17	180.74	28	375.12	21.34	corte
M. Patron	30	15.12	179.55	28	364.59	20.62	columnar

Fuente: Elaboración propia

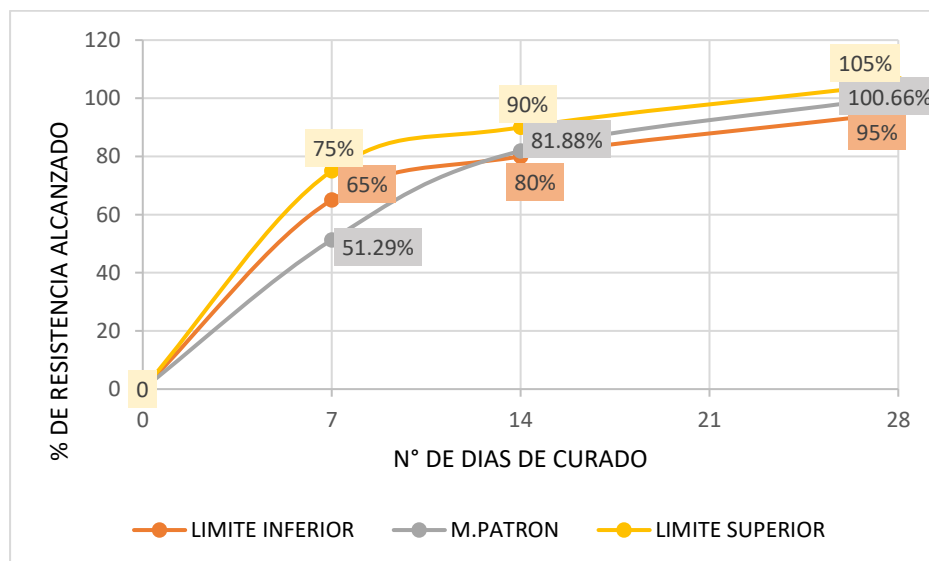
Nota: Se muestra en la tabla 43, la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón.

Tabla 41*Resistencia a compresión promedio de la muestra patrón*

Tipo	Días	Promedio (MPa)	Resistencia alcanzada (%)
Muestra patrón	7	10.560	51.29
Muestra patrón	14	16.858	81.88
Muestra patrón	28	20.727	100.66

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 44, se muestra la resistencia a los 7 días alcanzando en promedio de 10.56 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio de 16.85 Mpa y a los 28 días alcanzando en promedio de 20.72 Mpa.

Figura 10*Evolución de la resistencia de la muestra patrón.**Fuente: Elaboración propia*

Nota: En la figura 10, se muestra la evolución de la resistencia en % a los 7,14 y 28 días, el cual a los 7 días se encuentra la resistencia de la muestra patrón por debajo del límite inferior del 65%, a los 14 días se supera la resistencia del límite inferior del 80%, finalmente a los 28 días se obtiene una resistencia del 100.66% el cual se

encuentra en el límite permitido, así mismo el ACI establece la resistencia promedio a alcanzar a los 7 días teniendo como límite inferior el 65% y el límite superior del 75%, a los 14 días el límite inferior el 80% y el límite superior del 90%, a los 21 días límite inferior el 90% y el límite superior del 98% y a los 28 días límite inferior el 95% y el límite superior del 105%.

Tabla 42

Resistencia a compresión con sustitución al 5% de CAA.

Descripción Del elemento	Medidas (cm)			Edad Días	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	H cm	D cm	Área cm ²				
M. 5% CAA	30	15.12	179.55	7	395.14	22.36	corte
M. 5% CAA	30	15.09	178.84	7	388.21	21.96	corte
M. 5% CAA	30	15.13	179.79	7	413.77	23.41	columnar
M. 5% CAA	30	15.1	179.08	7	366.71	20.75	corte
M. 5% CAA	30	15.02	177.19	7	381.92	21.61	corte
M. 5% CAA	30	14.98	176.24	7	409.97	23.20	corte
M. 5% CAA	30	15.48	188.21	14	410.51	23.22	cono
M. 5% CAA	30	15.12	179.55	14	434.86	24.60	corte
M. 5% CAA	30	15.31	184.09	14	328.20	18.57	corte
M. 5% CAA	30	15.11	179.32	14	426.45	24.13	corte
M. 5% CAA	30	15.20	181.46	14	423.44	23.96	corte
M. 5% CAA	30	15.15	180.27	14	413.65	23.38	cono
M. 5% CAA	30	15.03	177.42	28	433.24	24.51	cono
M. 5% CAA	30	15.11	179.32	28	423.21	23.94	corte
M. 5% CAA	30	15.22	181.94	28	420.05	23.76	corte
M. 5% CAA	30	14.97	176.01	28	404.15	22.87	corte
M. 5% CAA	30	15.17	180.74	28	408.78	23.13	columnar
M. 5% CAA	30	15.05	177.89	28	429.91	24.32	corte

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 45, se muestra la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días del concreto de la muestra al 5% de CAA.

Figura 11

Ensayo de rotura de briquetas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Resistencia a compresión promedio de la muestra al 5% de CAA

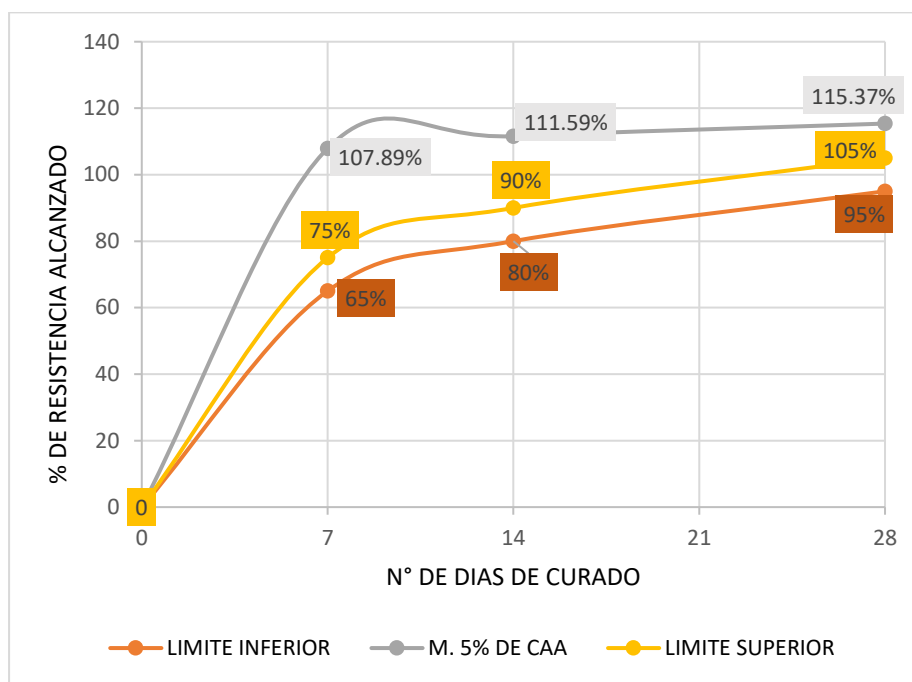
Tipo	Días	Promedio (MPa)	Resistencia alcanzada (%)
Muestra 5% de CAA	7	22.220	107.89
Muestra 5% de CAA	14	22.980	111.59
Muestra 5% de CAA	28	23.760	115.37

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 46, se muestra la resistencia a los 7 días alcanzando en promedio de 22.22 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio de 22.98 Mpa y a los 28 días alcanzando en promedio de 23.76 Mpa.

Figura 12

Evolución de la resistencia de la muestra al 5% de CAA



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la figura 12, se muestra la evolución de la resistencia en % a los 7,14 y 28 días, el cual a los 7 días se encuentra la resistencia de la muestra patrón por encima del límite superior del 75%, a los 14 días se supera la resistencia del límite superior del 80%, finalmente a los 28 días se obtiene una resistencia del 115.37%, los límites superiores a edad de 7,14 y 28 días deberían ser alcanzados a 75, 90 y 105 % respectivamente a si mismo los límites inferiores deberán de ser de 65, 80 y 95% recomendados por el ACI de acuerdo a la edad de maduración.

Tabla 44

Resistencia a compresión con sustitución al 10% de CAA.

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Edad Días	Esfuerzo Kg-f	Resistencia	Tipo de falla
	H cm	D cm	Área cm ²			a MPa	
M. 10% CAA	30	14.98	176.24	7	300.59	17.01	corte
M. 10% CAA	30	15.03	177.42	7	291.58	16.50	corte
M. 10% CAA	30	14.99	176.48	7	318.09	18.00	cono
M. 10% CAA	30	15.06	178.13	7	310.19	17.56	cono
M. 10% CAA	30	14.97	176.01	7	279.98	15.85	corte
M. 10% CAA	30	15.06	178.13	7	308.15	17.43	corte
M. 10% CAA	30	15.23	182.18	14	332.58	18.82	cono
M. 10% CAA	30	15.01	176.95	14	347.60	19.67	corte
M. 10% CAA	30	14.98	176.24	14	344.83	19.51	corte
M. 10% CAA	30	15.32	184.33	14	359.44	20.34	corte
M. 10% CAA	30	15.16	180.50	14	316.02	17.89	corte
M. 10% CAA	30	15.23	182.18	14	348.83	20.02	corte
M. 10% CAA	30	15.28	183.37	28	373.56	21.13	cono
M. 10% CAA	30	15.09	178.84	28	408.05	23.10	corte
M. 10% CAA	30	15.36	185.30	28	368.62	20.86	corte
M. 10% CAA	30	15.11	179.32	28	383.18	21.68	corte
M. 10% CAA	30	15.21	181.70	28	412.46	23.34	cono
M. 10% CAA	30	15.10	179.08	28	383.67	21.72	corte

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45

Resistencia a compresión promedio de la muestra al 10% de CAA

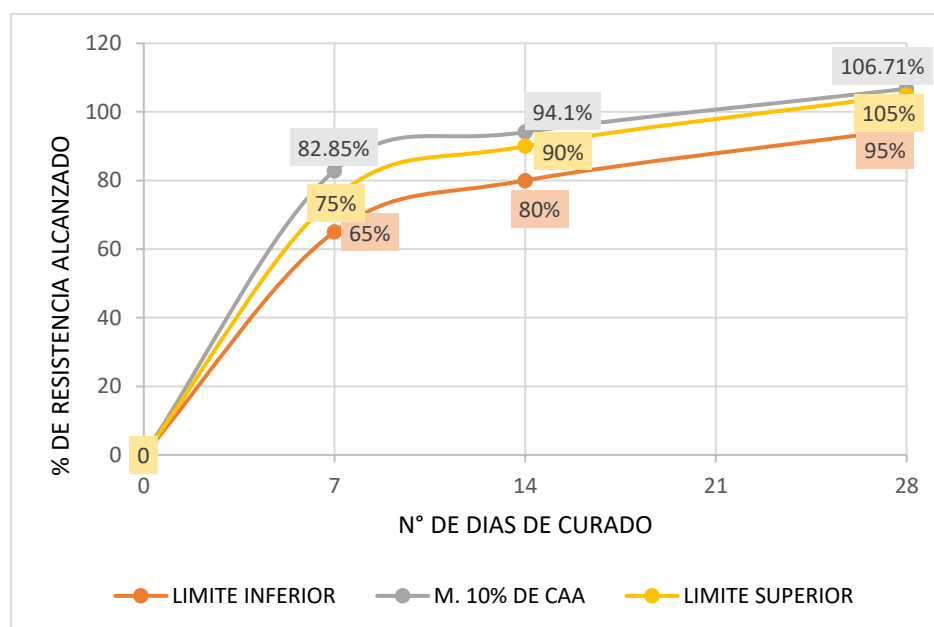
Tipo	Días	Promedio (MPa)	Resistencia alcanzada (%)
Muestra 10% de CAA	7	17.060	82.85
Muestra 10% de CAA	14	19.380	94.10
Muestra 10% de CAA	28	21.970	106.71

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 48, se muestra la resistencia a los 7 días alcanzando en promedio de 17.06 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio de 19.38 Mpa y a los 28 días alcanzando en promedio de 21.97 Mpa.

Figura 13

Evolución de la resistencia de la muestra al 10% de CAA



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la figura 13, se muestra la evolución de la resistencia en % a los 7,14 y 28 días, el cual a los 7 días se encuentra la resistencia de la muestra patrón por encima

del límite superior del 75%, a los 14 días se supera la resistencia del límite superior del 80%, finalmente a los 28 días se obtiene una resistencia del 106.71%.

Tabla 46

Resistencia a compresión con sustitución al 15% de CAA.

Descripción del elemento	Medidas			Edad	Esfuerzo	Resistencia	Tipo de falla
	A	D	Área cm ²	Días	Kg-f	MPa	
M. 15% CAA	30	15.01	176.95	7	276.72	15.62	corte
M. 15% CAA	30	15.10	179.08	7	308.02	17.43	corte
M. 15% CAA	30	15.13	179.79	7	223.38	12.64	columnar
M. 15% CAA	30	15.12	179.55	7	259.84	14.70	corte
M. 15% CAA	30	15.03	177.42	7	300.59	17.01	cono
M. 15% CAA	30	14.98	176.24	7	267.30	15.03	corte
M. 15% CAA	30	15.15	180.27	14	323.33	18.29	cono
M. 15% CAA	30	15.13	179.79	14	316.76	17.92	corte
M. 15% CAA	30	15.18	180.98	14	360.55	20.40	cono
M. 15% CAA	30	15.12	179.55	14	335.01	18.95	corte
M. 15% CAA	30	15.17	180.74	14	325.46	18.41	corte
M. 15% CAA	30	15.18	180.98	14	323.27	18.29	corte
M. 15% CAA	30	15.03	177.42	28	340.99	19.32	columnar
M. 15% CAA	30	15.08	178.60	28	333.60	18.87	columnar
M. 15% CAA	30	15.02	177.19	28	345.93	19.60	corte
M. 15% CAA	30	14.99	176.48	28	338.02	19.12	corte
M. 15% CAA	30	15.11	179.32	28	362.85	20.53	cono
M. 15% CAA	30	15.07	178.37	28	320.21	18.12	columnar

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se muestra en la tabla 49, la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días del concreto de la muestra al 15% de CAA.

Tabla 47

Resistencia a compresión promedio de la muestra al 15% de CAA

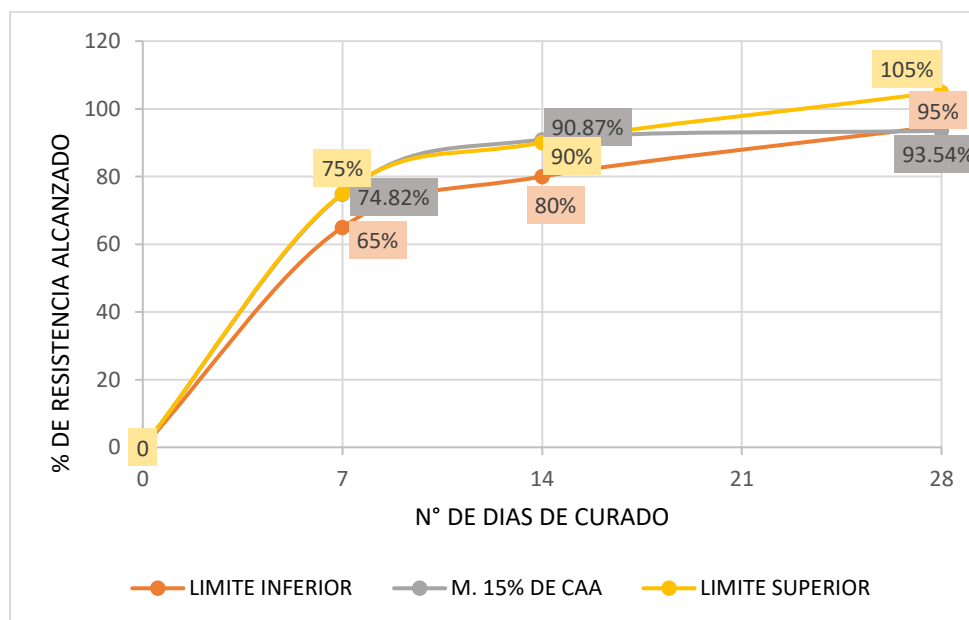
Tipo	Días	Promedio (MPa)	Resistencia alcanzada (%)
Muestra 15% de CAA	7	15.410	74.82
Muestra 15% de CAA	14	18.710	90.87
Muestra 15% de CAA	28	19.260	93.54

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 50, se muestra la resistencia a los 7 días alcanzando en promedio de 15.41 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio de 18.71 Mpa y a los 28 días alcanzando en promedio de 19.26 Mpa.

Figura 14

Evolución de la resistencia de la muestra al 15% de CAA



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la figura 14, se muestra la evolución de la resistencia en % a los 7,14 y 28 días, el cual a los 7 días se encuentra la resistencia de la muestra patrón por debajo

del límite superior del 75%, a los 14 días supera la resistencia del límite superior del 80%, finalmente a los 28 días se obtiene una resistencia del 93.54%.

Tabla 48

Resultado de las resistencias del ensayo a compresión.

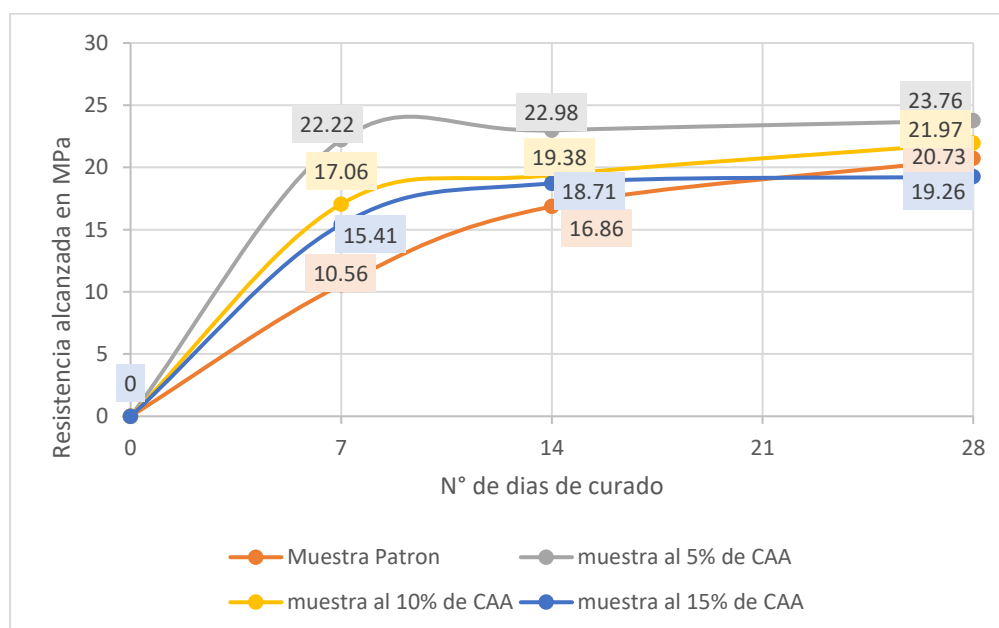
N° días	Maestra Patron (MPa)	Muestra al 5% de CAA (MPa)	Muestra al 10% de CAA (MPa)	Muestra al 15% de CAA (MPa)
7	10.56	22.22	17.06	15.41
14	16.86	22.98	19.38	18.71
28	20.73	23.76	21.97	19.26

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 51, se muestra la resistencia alcanzada a la compresión según los días de curado a los 7, 14 y 28 días en las incorporaciones del 5,10 y 15 %.

Figura 15

Resistencias alcanzadas según los días de curado en MPa.



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la figura 15, se muestra la evolución de la resistencia en % a los 7,14 y 28 días, el cual a los 7 y 14 días se observa claramente el aumento de resistencia del 5, 10,15 % sin embargo existe una permanencia y disminución de la resistencia a los 28 días progresivamente al 5, 10,15 %.

Resultados de las pruebas de flexión de las muestras prismáticas como se indica la NTP 339.078, para el cual, se muestra los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 49

Resistencia a flexión del concreto patrón.

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Edad días	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	L	H	A				
M. Patrón	53.60	15.21	15.29	7	19.32	4.39	Tercio Central
M. Patrón	53.87	15.23	15.32	7	25.53	5.67	Tercio Central
M. Patrón	53.70	15.22	15.31	7	24.98	5.06	Tercio Central
M. Patrón	54.19	15.22	15.33	14	30.43	6.76	Tercio Central
M. Patrón	54.38	15.21	15.31	14	22.97	5.64	Tercio Central
M. Patrón	54.25	15.21	15.32	14	29.10	6.26	Tercio Central
M. Patrón	53.64	15.23	15.29	28	28.77	6.39	Tercio Central
M. Patrón	54.76	15.21	15.31	28	33.05	7.30	Tercio Central
M. Patrón	54.06	15.22	15.30	28	29.50	6.91	Tercio Central

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 52, se muestra la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días del concreto de la muestra patrón a la resistencia a la flexión.

Tabla 50

Resistencia a flexión promedio de la muestra patrón.

Tipo	Días	Promedio (MPa)
Muestra patron	7	5.040
Muestra patron	14	6.220
Muestra patron	28	6.870

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 53, se muestra la resistencia a la flexión a los 7 días alcanzando en promedio de 5.04 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio la resistencia de 6.22 MPa y a los 28 días alcanzando una resistencia en promedio de 6.87 MPa.

Tabla 51

Resistencia a flexión del concreto con adición de 5% CAA.

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Edad Días	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	L	H	A				
M. 5% CAA	54.42	15.24	15.32	7	24.54	5.45	Tercio Central
M. 5% CAA	53.62	15.20	15.31	7	30.62	6.75	Tercio Central
M. 5% CAA	54.18	15.12	15.30	7	30.05	6.18	Tercio Central
M. 5% CAA	54.40	15.21	15.30	14	29.21	6.49	Tercio Central
M. 5% CAA	54.12	15.21	15.31	14	32.20	7.09	Tercio Central
M. 5% CAA	54.35	15.20	15.30	14	29.56	6.88	Tercio Central
M. 5% CAA	53.68	15.21	15.29	28	40.62	9.02	Tercio Central
M. 5% CAA	54.23	15.23	15.32	28	38.41	8.51	Tercio Central
M. 5% CAA	53.80	15.20	15.30	28	39.10	8.80	Tercio Central

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 54, se muestra la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días del concreto de la muestra al 5% de ceniza de agave americano a la resistencia a la flexión.

Tabla 52

Resistencia a flexión promedio de la muestra al 5% de CAA.

Tipo	Días	Promedio (MPa)
Muestra 5% de CAA	7	6.130
Muestra 5% de CAA	14	6.820
Muestra 5% de CAA	28	8.780

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 55, se muestra la resistencia a la flexión a los 7 días alcanzando en promedio de 6.13 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio la resistencia de 6.82 Mpa y a los 28 días alcanzando una resistencia en promedio de 8.78 Mpa.

Tabla 53

Resistencia a flexión del concreto con adición del 10% CAA.

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Edad Días	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	L	H	A				
M. 10% CAA	54.42	15.23	15.29	7	20.71	4.60	Tercio Central
M. 10% CAA	54.41	15.21	15.32	7	24.68	5.44	Tercio Central
M. 10% CAA	54.40	15.24	15.30	7	23.90	5.08	Tercio Central
M. 10% CAA	53.82	15.24	15.29	14	20.52	4.76	Tercio Central
M. 10% CAA	54.40	15.22	15.31	14	30.44	6.79	Tercio Central
M. 10% CAA	54.55	15.23	15.30	14	29.40	5.73	Tercio Central
M. 10% CAA	54.39	15.20	15.30	28	34.40	7.64	Tercio Central
M. 10% CAA	54.42	15.24	15.29	28	39.36	8.22	Tercio Central
M. 10% CAA	54.40	15.23	15.30	28	38.10	7.90	Tercio Central

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 56, se muestra la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días del concreto de la muestra al 10% de ceniza de agave americano a la resistencia a la flexión.

Tabla 54

Resistencia a flexión promedio de la muestra al 10 de CAA

Tipo	Días	Promedio (MPa)
Muestra 10% de CAA	7	5.040
Muestra 10% de CAA	14	5.760
Muestra 10% de CAA	28	7.920

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 57, se muestra la resistencia a la flexión a los 7 días alcanzando en promedio de 5.04 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio la resistencia de 5.76 Mpa y a los 28 días alcanzando una resistencia en promedio de 7.92 Mpa.

Tabla 55

Resistencia a flexión del concreto con adición al 15% de CAA

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Edad DIAS	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	L	H	A				
M. 15% CAA	53.62	15.22	15.33	7	24.09	5.35	Tercio Central
M. 15% CAA	54.41	15.21	15.31	7	19.99	4.45	Tercio Central
M. 15% CAA	53.30	15.22	15.30	7	20.22	4.88	Tercio Central
M. 15% CAA	53.63	15.22	15.32	14	24.80	5.51	Tercio Central
M. 15% CAA	53.62	15.22	15.31	14	29.63	6.14	Tercio Central
M. 15% CAA	53.64	15.21	15.29	14	25.12	5.78	Tercio Central
M. 15% CAA	53.63	15.21	15.34	28	32.06	7.12	Tercio Central
M. 15% CAA	54.22	15.19	15.31	28	26.57	5.95	Tercio Central
M. 15% CAA	53.21	15.20	15.30	28	29.50	6.46	Tercio Central

Fuente: Elaboración propia

Nota: En la tabla 58, se muestra la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días del concreto de la muestra patrón a la resistencia a la flexión.

Tabla 56

Resistencia a flexión promedio de la muestra del 15% de CAA

Tipo	Días	Promedio (MPa)
Muestra 15% CAA	7	4.895
Muestra 15% CAA	14	5.805
Muestra 15% CAA	28	6.510

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 59, se muestra la resistencia a la flexión a los 7 días alcanzando en promedio de 4.895 MPa, a los 14 días alcanzando en promedio la resistencia de 5.805 Mpa y a los 28 días alcanzando una resistencia en promedio de 6.510 Mpa.

Tabla 57

Resultado de la resistencia a flexión.

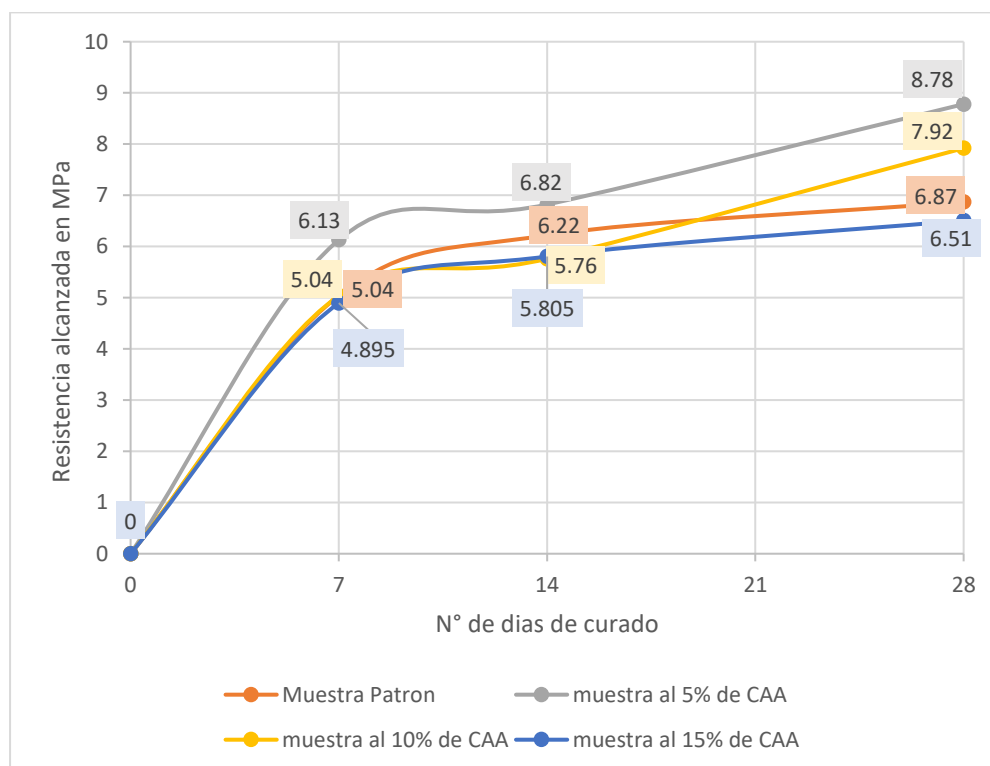
N° días	Muestra Patron (MPa)	5% de CAA (MPa)	10% de CAA (MPa)	15% de CAA (MPa)
7	5.04	6.13	5.04	4.895
14	6.22	6.82	5.76	5.805
28	6.87	8.78	7.92	6.51

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 60, se muestra la resistencia alcanzada a la flexión según los días de curado a los 7, 14 y 28 días en las incorporaciones del 5,10 y 15 %.

Figura 16

Resistencias del ensayo a flexión alcanzadas según los días de curado en MPa.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura 16, se muestra la evolución de la resistencia a la flexión a los 7,14 y 28 días, el cual a los 7 se muestra superior la resistencia al 5 % CAA, sin embargo, la muestra al 10 % CAA a los 28 días logra un aumento de la resistencia al 15 % a los 7,14 y 28 días se muestra inferior a los esfuerzos a flexión.

Análisis comparativo de costos

Es necesario realizar la evaluación económica, de la elaboración de concreto sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de agave americano para un concreto $f'c = 20.59$ MPa, teniendo en cuenta la zona de extracción del agave americano, el cortado, secado, calcinado, transporte los cuales hacen un costo por 1 Kg de ceniza de S/. 0.42 Soles.

Tabla 58*Costo de 1 m3 de concreto convencional*

Materiales	Cantidad m3		Proporción en volumen para 1 m3		Precio Unitario	Costo para 1 m3
Cemento	373.873	Kg	8.797	Bolsas	S/26.50	S/233.12
Agua	205.76	Lt	0.205	m3	S/4.50	S/0.92
A. Fino	822.948	Kg	0.533	m3	S/60.00	S/31.98
A. Grueso	956.049	Kg	0.633	m3	S/60.00	S/37.96
Costo total para 1 m3 de concreto convencional en Soles						S/303.99

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 61, se muestra el costo de elaboración de un metro cubico de concreto $f'c = 20.59$ MPa, teniendo un costo de S/303.99, con los precios unitarios del mercado local de la ciudad de Abancay al 2022.

Tabla 59*Costo de 1 m3 de concreto con sustitución de 5% de CAA*

Materiales	Cantidad m3		Proporción en volumen para 1 m3		Precio Unitario	Costo para 1 m3
Cemento	341.09	Kg	8.025	Bolsas	S/ 26.50	S/212.66
CAA	17.95	Kg	17.950	Kg	S/ 0.42	S/7.54
Agua	205.76	Lt	0.205	m3	S/4.50	S/0.92
A. Fino	822.948	Kg	0.533	m3	S/ 60.00	S/31.98
A. Grueso	956.049	Kg	0.633	m3	S/ 60.00	S/37.96
Costo total para 1 m3 de concreto con 5% de sustitución de ceniza en Soles						S/291.06

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 62, se muestra el costo de elaboración de un metro cubico de concreto $f'c = 20.59$ MPa con sustitución del 5 % CAA, teniendo un costo de S/. 291.06, respecto al análisis de la muestra patrón existe una disminución en un S/. 12.93.

Tabla 60

Costo de 1 m³ de concreto con sustitución de 10% de CAA

Materiales	Cantidad m³		Proporción en volumen para 1 m³		Precio Unitario	Costo para 1 m³
Cemento	315.92	Kg	7.433	Bolsas	S/26.50	S/196.97
CAA	35.10	Kg	35.10	Kg	S/ 0.42	S/14.74
Agua	205.76	Lt	0.205	m ³	S/ 4.50	S/0.92
A. Fino	822.948	Kg	0.533	m ³	S/ 60.00	S/31.98
A. Grueso	956.049	Kg	0.633	m ³	S/ 60.00	S/37.96
Costo total para 1 m ³ de concreto con 10% de sustitución de ceniza en Soles						S/282.57

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 63, se muestra el costo de elaboración de un metro cubico de concreto $f'c = 20.59$ MPa con sustitución del 10 % CAA, teniendo un costo de S/. 282.57, respecto al análisis de la muestra patrón existe una disminución en un S/. 21.42.

Tabla 61

Costo de 1 m³ de concreto con sustitución de 15% de CAA

Materiales	Cantidad m³		Proporción en volumen para 1 m³		Precio Unitario	Costo para 1 m³
Cemento	291.86	Kg	6.867	Bolsas	S/ 26.50	S/181.97
CAA	51.50	Kg	51.50	Kg	S/ 0.42	S/21.63
Agua	205.76	lt	0.205	m ³	S/ 4.50	S/0.92
Agregado Fino	822.948	Kg	0.533	m ³	S/ 60.00	S/31.98
Agregado Grueso	956.049	Kg	0.633	m ³	S/ 60.00	S/37.96
Costo total para 1 m ³ de concreto con 15% de sustitución de ceniza en Soles						S/274.46

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 64, se muestra el costo de elaboración de un metro cubico de concreto $f'c = 20.59$ MPa con sustitución del 15 % CAA, teniendo un costo de

S/.274.46, respecto al análisis de la muestra patrón existe una disminución en un S/. 29.53

4.2. Discusion de resultados

a. Discusion de resultados del objetivo general

Visualizando la tabla 53 resultados del ensayo a la compresion y la tabla 64 del ensayo de la flexion debo señalar la resistencias a la compresión promedio alcanzado a los 28 dias, de las muestras fue una resistencia a compresión promedio de la muestra patron de 20.73 MPa, y al 5%, 10% y 15% las resistencias fueron de 23.76 ,21.97 MPa y 19.26 MPa, observando que a la sustitucion del 5% y 10% resultan optimos los cuales concuerdan con la investigacion de Juárez (2022).

Por otro lado, en el ensayo a la flexión, la resistencias a la flexión promedio alcanzadas a los 28 días de curado, se obtuvo una resistencia de 6.87 MPa de la muestra patron, al 5%, 10% y 15% alcanzaron una resistencia a la flexion del 8.77 MPa, 7.92 MPa ,6.51 MPa.

De los ensayos de compresion y flexion evaluados a los 28 dias se puede observar incrementos al 5%y 10% sin embargo al 15% de sustitucion existe una disminucion.

b. Discusión de resultados del objetivo específico “a”

La resistencias a la compresión promedio alcanzado a los 28 dias, de las muestras fue una resistencia a compresión promedio de la muestra patron de 20.73 MPa, al 5% de sustitucion del cemento por CAA, se obtiene una una resistencia promedio de 23.76 MPa, al 10% de sustitucion del cemento por CAA se obtiene una una resistencia promedio de 21.97 MPa y al sustituir al 15% de sustitucion del cemento por CAA se ovtubo la resistencia de 19.26 MPa, asimismo, podemos mencionar la

sustitución al 5 y 10% de ceniza de agave americano resultan óptimos frente a la muestra patrón, asimismo, la sustitución al 15% no resulta adecuado frente a la muestra patrón el cual es inferior.

De los resultados se puede observar que la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 5% por CAA, tiene un incremento del 14.6%, así mismo, al 10% de sustitución se tiene un incremento del 6 %, mientras que al 15% se tuvo una disminución del 7.1%; todos respecto a la resistencia de la muestra patrón evaluados a los 28 días.

Estos resultados concuerdan con la investigación de Juárez (2022), quien indica que la resistencia a la compresión incrementa cuando se sustituye ceniza de rastrojo de Zea mays L. al 5%, respecto al concreto patrón de 24.5 MPa , alcanzando una resistencia de $f'_c=27.19$ MPa, por otro lado a la sustitución del 10 % se obtuvo el resultado de 24.23 MPa ligeramente existiendo una disminución a si mismo a la sustitución del 15% se obtuvo un resultado del 23.49 MPa evaluados a los 28 días.

También Huaraca (2019), evaluó la sustitución del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar a los porcentajes del 10, 15 y 20 %, evaluados a los 28 días, indio que a la sustitución del 10% se obtuvo una resistencia promedio de 289.58 kg/cm², evidenciándose una mínima disminución del 1.89% respecto al concreto patrón de 295.16 kg/cm² , sin embargo, con los porcentajes del 15% y 20% de sustitución, la resistencia del concreto disminuyó en un 6.14% y 13.85% respectivamente.

c. Discusión de resultados del objetivo específico “b”

La *resistencias* a la flexión promedio alcanzadas a los 28 días de curado, obtuviéndose una resistencia de 6.87 MPa de la muestra patron, y a la sustitución del

cemento por CAA del 5% alcanzo una resistencia a la flexion del 8.77 MPa, al sustituir al 10% CAA se obtuvo una una resistencia promedio de 7.92 MPa y al sustituir al 15% CAA se optiene una una resistencia promedio de 6.51 MPa.

De estos resultados se puede observar que la resistencia a la flexión del concreto con sustitución del 5% por CAA, tiene un incremento del 17.80%, así mismo, al 10% de sustitución se tiene un incremento del 15.28 %, mientras que al 15% se tuvo una disminución del 5.24%; todos respecto a la resistencia de la muestra patrón evaluados a los 28 días.

Comparando con la investigación de Juárez (2022), quien indica que la resistencia a la flexión de la muestra patrón evaluado fue de 3.90 MPa, y a la dosificación del 5% de sustitución resulta una resistencia de 3.75 MPa existiendo una disminución en un porcentaje del 15.31% respecto a la muestra patrón, con el 10 % se obtuvo el resultado de 3.44 MPa existiendo una disminución del 14.04 % y con el 15% se obtuvo el resultado de 3.30 MPa presentando una disminución del 13.47%.

También Huaraca (2019), evaluó la sustitución del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar sometido a la flexión a los porcentajes del 10, 15 y 20 %, evaluados a los 28 días, quien concluyó que a la sustitución del 10% se obtuvo una resistencia promedio de 289.58 kg/cm², evidenciándose una mínima disminución del 1.89% respecto al concreto patrón de 295.16 kg/cm² , sin embargo, con los porcentajes del 15% y 20% de sustitución, la resistencia del concreto disminuyó en un 6.14% y 13.85% respectivamente.

4.3. Prueba de hipótesis.

Prueba de hipótesis

Hipótesis nula (H₀) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H1) $\mu_1 > \mu_2$

Análisis y/o tratamiento de resultado de muestras del ensayo a la compresión y flexión.

En la tabla 65, se muestra la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, en el que se observa que la variable resistencia a la compresión y flexión tiene una distribución normal en cada uno de sus grupos ($P > 0.05$), por lo tanto, para este estudio se aplicó la prueba paramétrica análisis de la varianza (ANOVA).

Tabla 62

Pruebas de normalidad de Kolmogorov smirov y shapiro wilk

Muestra	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P	Estadístico	gl	P
Patrón	,194	6	,200	,965	6	,855
5% CAA	,194	6	,200	,955	6	,780
10% CAA	,192	6	,200	,908	6	,425
15% CAA	,175	6	,200	,980	6	,949

Fuente: Elaboración propia.

$P \geq 0.05$ = Los datos provienen de una distribución normal.

$P < 0.05$ = Los datos no provienen de una distribución normal.

Regla de decisión: Si $P < 0.05$, entonces, se rechaza la hipótesis nula.

P: Es la probabilidad o error de aceptar la hipótesis del investigador (H_a).

Tabla 63

Media, desviación de la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días

Muestra	Días	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior

	7	6	10,56	1,65	8,82	12,30
Patrón	14	6	16,86	1,92	14,84	18,88
	28	6	20,73	0,50	20,20	21,25
	7	6	22,22	1,00	21,17	23,26
5% de CAA	14	6	22,98	2,22	20,65	25,30
	28	6	23,76	0,65	23,08	24,43
	7	6	17,06	0,78	16,24	17,88
10% de CAA	14	6	19,38	0,89	18,44	20,31
	28	6	21,97	1,02	20,90	23,05
	7	6	15,41	1,73	13,59	17,22
15% de CAA	14	6	18,71	0,89	17,77	19,65
	28	6	19,26	0,80	18,42	20,10

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 66, se muestra la resistencia por compresión en el grupo patrón a los 7 días es de 10.56 MPa en promedio, con una desviación típica de 1.65 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 8.82 a 12.30 al 95% de confianza, similarmente a los 14 días la resistencia es de 16.86 MPa en promedio, con una desviación típica de 1.92 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 14.84 a 18.88 MPa al 95% de confianza, asimismo, a los 28 días tiene una resistencia de 20.73 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.50 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 20.20 a 21.25 MPa al 95% de confianza. También la resistencia por compresión al 5% de ceniza de agave americano a los 7 días es de 22.22 MPa en promedio, con una desviación típica de 1.00 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 21.17 a 23.26 MPa al 95% de confianza, similarmente a los 14 días la resistencia es de 22.98 MPa en promedio, con una

desviación típica de 2.22 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 20.65 a 25.30 MPa al 95% de confianza, asimismo, a los 28 días tiene una resistencia de 23.76 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.65 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 23.08 a 24.43 MPa al 95% de confianza.

Tabla 64

ANOVA de la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días.

Muestra		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Patrón	Inter-grupos	315,988	2	157,994	70,885	,000
	Intra-grupos	33,433	15	2,229		
	Total	349,421	17			
5% de CAA	Inter-grupos	7,115	2	3,558	1,685	,219
	Intra-grupos	31,667	15	2,111		
	Total	38,782	17			
10% de CAA	Inter-grupos	72,501	2	36,250	44,372	,000
	Intra-grupos	12,255	15	,817		
	Total	84,755	17			
15% de CAA	Inter-grupos	52,173	2	26,087	17,634	,000
	Intra-grupos	22,190	15	1,479		
	Total	74,363	17			

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 67, se muestra $P < 0.05$, lo que indica es en el grupo patrón, 10% y 15% de ceniza de agave americano, respectivamente, existen diferencias significativas en las resistencias por compresión en los diferentes días y no existe diferencia significativa 5% de ceniza de agave americano en los días 7,14 y 28.

Tabla 65

Tukey ensayo a la compresión a los 7,14 y 28 días.

Muestra	Días	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
Patrón	7 días	6	10,56		
	14 días	6		16,86	
	28 días	6			20,73
5% de CAA	7 días	6	22,22		
	14 días	6	22,98		
	28 días	6	23,76		
10% de CAA	7 días	6	17,06		
	14 días	6		19,38	
	28 días	6			21,97
15% de CAA	7 días	6	15,41		
	14 días	6		18,71	
	28 días	6		19,26	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 68, se muestra que existen diferencias significativas en las resistencias en el grupo patrón a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Por otro lado, no existen diferencias significativas en la resistencia en el grupo de 5% de ceniza de agave americano a los 7,14 y 28 días porque se encuentra en el mismo subgrupo. En el grupo de 10% de ceniza de agave americano, existen diferencias significativas en la resistencia porque se encuentra en diferentes subgrupos y finalmente en el grupo de 15% de ceniza de agave americano existen diferencias significativas en las resistencias porque se encuentra en diferentes subgrupos, ya sea a los 7, 14 y 28 días.

Hipótesis específica 1:

Hi ($\mu_1 \neq \mu_2$): La sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano **influye** sobre la resistencia a compresión del concreto $f'c=20.59$ MPa Abancay Apurimac, 2020.

Ho ($\mu_1 = \mu_2$): La sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano **No influye** sobre la resistencia a compresión del concreto $f'c=20.59$ MPa Abancay Apurimac, 2020.

Regla de decisión: Si $P < 0.05$, entonces, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 66

Media y desviación resistencia a compresión a los 28 días

Descripción	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Patrón	6	20,73	0,50	20,20	21,25
5% de CAA	6	23,76	0,65	23,08	24,43
10% de CAA	6	21,97	1,02	20,90	23,05
15% de CAA	6	19,26	0,80	18,42	20,10
Total	24	21,43	1,83	20,65	22,20

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 69, se muestra la resistencia por compresión a los 28 días en cada grupo, en el grupo patrón la resistencia es de 20.73 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.50 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 20.20 a 21.25 al 95% de confianza, similarmente en el grupo del 5% de ceniza de agave americano, la resistencia es de 23.76 MPa en promedio, con una

desviación típica de 0.65 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 23.08 a 21.25 MPa al 95% de confianza.

Tabla 67

Tukey resistencia a la compresión en MPa a los 28 días

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
15% de CAA	6	19,26			
Patrón	6		20,73		
10% de CAA	6			21,97	
5% de CAA	6				23,76
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 70, se muestra que existen diferencias significativas en las resistencias en cada uno de los grupos de estudio como: patrón, 5% de ceniza de agave americano, 10% de ceniza de agave americano y 15% de ceniza de agave americano porque se encuentran en diferentes subgrupos.

Tabla 68

ANOVA ensayo a la compresión a los 28 días

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Inter-grupos	65,416	3	21,805	37,006	,000
Intra-grupos	11,785	20	,589		
Total	77,200	23			

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 71, se muestra $P < 0.05$, lo que indica es que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la incorporación de ceniza de agave americano influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 20.59$ MPa, Abancay - 2020.

Tratamiento de resultado del ensayo a la flexión.

Tabla 69

Media y desviación típica del ensayo a flexión a los 7, 14 y 28 días.

Muestra	Días	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	7	3	5,03	0,91	-3,10	13,16
	14	3	6,22	0,76	-0,64	13,08
	28	3	6,87	0,67	0,83	12,90
	Total	9	6,04	1,03	4,96	7,12
5% de CAA	7	3	6,13	0,95	-2,45	14,70
	14	3	6,82	0,47	2,63	11,01
	28	3	8,77	0,35	5,66	11,89
	Total	9	7,24	1,33	5,85	8,63
10% de CAA	7	3	5,04	0,62	-0,55	10,63
	14	3	5,76	1,41	-6,95	18,47
	28	3	7,92	0,40	4,36	11,48
	Total	9	6,24	1,52	4,65	7,83
15% de CAA	7	3	4,89	0,64	-0,89	10,68
	14	3	5,81	0,42	2,06	9,55
	28	3	6,51	0,86	-1,24	14,26
	Total	9	5,74	0,89	4,80	6,67

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Tabla 72, se muestra la resistencia a flexión a los 7 días en el grupo patrón, cuya resistencia a flexión es de 5.03 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.91 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre -3.10 a 13.16 MPa al 95% de confianza, similarmente, a los 14 días, la resistencia de flexión es de 6.22 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.76 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre -0.64 a 13.08 Mpa al 95% de confianza.

También, a los 28 días, la resistencia de flexión es de 8.77 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.35 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 5.66 a 11.89 MPa al 95% de confianza.

Tabla 70

ANOVA resistencia a la flexión a los 7,14 y 28 días.

Muestra		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Patrón	Inter-grupos	3,466	3	1,733	2,805	,206
	Intra-grupos	1,854	4	,618		
	Total	5,320	6			
5% de CAA	Inter-grupos	7,552	3	3,776	9,069	,053
	Intra-grupos	1,249	4	,416		
	Total	8,801	6			
10% de CAA	Inter-grupos	8,986	3	4,493	5,298	,104
	Intra-grupos	2,544	4	,848		
	Total	11,530	6			
15% de CAA	Inter-grupos	2,622	3	1,311	2,952	,196
	Intra-grupos	1,332	4	,444		
	Total	3,955	6			

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La Tabla 73, se muestra $P < 0.05$, lo que indica es en el grupo patrón, 10% y 15% de ceniza de agave americano, respectivamente, no existen diferencias significativas en las resistencias por flexión ($P > 0.05$).

Tabla 71

Tukey ensayo a la flexión a los 7,14 y 28 días.

Muestra	Días	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
Patrón	7	6	5,03
	14	6	6,22
	28	6	6,87
5% de CAA	7	6	6,13
	14	6	6,82
	28	6	8,77
10% de CAA	7	6	5,04
	14	6	5,76
	28	6	7,92
15% de CAA	7	6	4,89
	14	6	5,81
	28	6	6,51

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Tabla 74, se muestra que no existen diferencias significativas en los grupos de estudio como: patrón, 5% de ceniza de agave americano, 10% de ceniza de agave americano y 15% de ceniza de agave americano, porque se encuentran cada uno de los grupos en el mismo subgrupo.

Hipótesis específica 2:

Hi ($\mu_1 \neq \mu_2$): La sustitucion parcial del cemento por ceniza de agave americano **influye** sobre la resistencia a la flexión del concreto $f'c=20.59$ MPa.

Ho ($\mu_1 = \mu_2$): La sustitucion parcial del cemento por ceniza de agave americano **no influye** sobre la resistencia a la flexión del concreto $f'c=20.59$ MPa.

Regla de decisión: Si $P < 0.05$, entonces, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 72

Media y desviación de la resistencia a flexión a los 28 días

Descripción	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Patrón	3	6,87	0,67	0,83	12,90
5% de CAA	3	8,77	0,35	5,66	11,89
10% de CAA	3	7,92	0,40	4,36	11,48
15% de CAA	3	6,51	0,86	-1,24	14,26
Total	12	7,52	1,06	6,63	8,40

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Tabla 75, se muestra la resistencia a flexión a los 28 días en cada grupo, en el grupo patrón la resistencia promedio es de 6.87 MPa, con una desviación típica de 0.67 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 0.83 a 12.90 al 95% de confianza, similarmente en el grupo del 5% de ceniza de agave americano, la resistencia es de 8.77 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.35 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 5.66 a

11.89 MPa al 95% de confianza. Asimismo, en el grupo del 10% de ceniza de agave americano, la resistencia es de 7.92 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.40 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre 4.36 a 11.89 MPa al 95% de confianza. Por otro lado, en el grupo del 15% de ceniza de agave americano, la resistencia es de 6.51 MPa en promedio, con una desviación típica de 0.86 MPa y con intervalo de confianza para la media que toma valores entre -1.24 a 14.26 MPa al 95% de confianza.

Tabla 73

Tukey resistencia a la flexión a los 28 días

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
15% de ceniza de agave americano	3	6,51
Patrón	3	6,87
10% de ceniza de agave americano	3	7,92
5% de ceniza de agave americano	3	8,77

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Tabla 76, se muestra que no existen diferencias significativas en las resistencias por flexión en los grupos de estudio como: patrón, 5% de ceniza de agave americano, 10% de ceniza de agave americano y 15% de ceniza de agave americano porque se encuentran cada uno de los grupos en el mismo subgrupo.

Tabla 74*ANOVA resistencia flexión los 28 días*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Inter-grupos	6,368	3	2,123	5,767	,062
Intra-grupos	1,472	4	,368		
Total	7,841	7			

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La Tabla 77, se muestra que $P < 0.05$, lo que indica es que no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la sustitucion parcial del cemento por ceniza de agave americano no influye en la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, 2020.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones:

Conclusión N° 1 del objetivo general

La sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano influye en el comportamiento de las propiedades mecánicas a la compresión y flexión, respecto al objetivo general podemos indicar que sí influye en las propiedades mecánicas de compresión a la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano al 5%, 10%, y 15%, al contrario, podemos indicar que en las propiedades mecánicas de la flexión no influyen en la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las proporciones del 5%, 10%, y 15%.

Conclusión N° 2 del objetivo específico “a”

Se muestra la resistencia a la compresión a los 28 días, en el grupo patrón la resistencia es de 20.73 MPa, en promedio, con una desviación típica de 0.50 MPa, en el grupo del 5% de ceniza de agave americano la resistencia es de 23.76 MPa en promedio con una desviación típica de 0.65 MPa, en el grupo del 10% de ceniza de agave americano la resistencia es de 21.97 MPa en promedio con una desviación típica de 1.02 MPa y en el grupo del 15% de ceniza de agave americano la resistencia es de 19.26 MPa en promedio con una desviación típica de 0.80 MPa, cuando se muestra la probabilidad de aceptar la hipótesis $P < 0.05$ sí cumple, se concluye que la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano sí influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 20.59$ MPa, Abancay, 2020.

Conclusión N° 3 del objetivo específico “b”

Se muestra la resistencia a la flexión a los 28 días, en el grupo patrón la resistencia es de 6.87 MPa en promedio con una desviación típica de 0.67 MPa,

similarmente, en el grupo del 5% de ceniza de agave americano la resistencia es de 8.77 MPa, en promedio, con una desviación típica de 0.35 MPa, asimismo, en el grupo del 10% de ceniza de agave americano la resistencia es de 7.92 MPa, en promedio, con una desviación típica de 0.40 MPa; por otro lado, en el grupo del 15% de ceniza de agave americano, la resistencia es de 6.51 MPa, en promedio, con una desviación típica de 0.86 MPa, cuando se muestra la probabilidad de aceptar la hipótesis $P < 0.05$ no cumple, se concluye que la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano no influye en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=20.59$ MPa.

Recomendaciones:

Recomendación N° 1 del objetivo general

Visto los resultados de las propiedades mecánicas a la compresión y flexión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano, debo indicar que resulta adecuado la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano para elementos estructurales sometidos a la compresión, asimismo, debo diferenciar de los elementos estructurales sometidos a la flexión resulta indiferente la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano, para un concreto de resistencia $f'c=20.59$ MPa.

Recomendación N° 2 del objetivo específico “a”

Visto los resultados de los ensayos las resistencias alcanzadas de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las combinaciones del 5%, 10% y 15%, se recomienda el uso de la sustitución al 5%, 10% óptimos a utilizar para los diseños de resistencia de concreto $f'c=20.59$ MPa, asimismo, debo diferenciar la sustitución al 15% resultando no adecuado para diseño de la resistencia de concreto $f'c=20.59$ MPa, para elementos estructurales sometidos a la compresión.

Recomendación N° 3 del objetivo específico “b”

Visto los resultados de los ensayos de la resistencia a la flexión de la sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano en las combinaciones del 5%, 10% y 15%, se recomienda realizar a mayor porcentajes de sustitución de agave americano.

Asimismo, tener mucha consideración la manipulación de las vigas de concreto durante el curado y al momento de la rotura puesto que son frágiles.

Otras recomendaciones:

- Se recomienda realizar el tamizado correspondiente de la ceniza, obtenida de la calcinación con la finalidad de eliminar los residuos de carbón y de esta manera obtener un material de granulometría homogénea.
- Se recomienda el almacenamiento de la ceniza en sacos de doble plástico para que estos no absorban la humedad, así como en un ambiente seco y fresco.
- De los resultados de la trabajabilidad del concreto, se recomienda tener a cuenta la relación agua -cemento mas ceniza en los porcentajes de 5,10 y 15% los cuales resultan consistencia seca, incrementando la temperatura los cuales con el uso de aditivo plastificante podrían evitarse el uso de agua excesivo en la mezcla

Bibliografía

- Abanto, F. (1994). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos. Obtenido de <http://www.librosperuanos.com/libros/detalle/5021/Tecnologia-del-concreto>
- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- ASTM 618-12a, A. S. (2012). *Standard Specification For Coal Fly Ash and Raw Or Calcined Natural o Pozzolan For Use In Concrete*. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/19596/--astm-c618---1>
- Balaguer, F. (1977). *Las Industrias Agrícolas* (Imprenta cuesta ed., Vol. Tomo I). Madrid. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=HLXB3I9a-QYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Baron, A. L. (2017). *Evaluación del tamaño de partícula y porcentaje de sustitución óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la variación de la resistencia de un mortero sostenible (Tesis de Pregrado)*. Bogota.
- Bautista, N. (2006). Estudio químico y bromatológico y elaboración de nectar de aguamiel de agave americano L. (maguey) procedente de Ayacucho. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2335/Bautista_cn.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Calduch, R. (2014). *Metodos y tecnicas en relaciones internacionales*. Madrid. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Tecnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf?fbclid=IwAR2uAEJ6UqmCEQV0hq2nkZmRQ8Sb0NTgsBUXTmiCNtSEbAxfgKL--bRqGoE>

- Carizaile, E., & Anquise, S. (2015). *Viabilidad del uso de concreto reciclado para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna*. Tacna. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2825>
- Carrillo, A. L. (2015). *Población y Muestra*. Mexico: Universidad Autonoma del Estado de Mexico.
- Castro, M. E., & Battaglia, M. (2014). *Recursos para el diseño de Estructuras Resistentes* (Vol. III). Buenos Aires: NOBUKO.
- Chavez, C. H. (2017). *Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azucar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboracion del concreto hidraulico*(Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Concrete Institute American, A. (2007). *Manual of Concrete Inspection*. Washington: Tenth Edition.
- Coyasamin , O. V. (2016). *Analsis comparativo de la resistencia a compresion del hormigon tradicional, con Hormigon adicionado con cenizas de cascara de arroz (CCA) y hormigon adicionado con ceniza de bagazo de caña de azucar (CBC)*(Tesis de pregrado). Ambato.
- Cuellar, J. C., & Sequeiros, W. (2017). *Influencia del curado en la resistencia a la compresion del concreto preparado con cemento portland tipo I y cemento puzolanico tipo IP en la ciudad de Abancay- Apurimac* (Tesis de pregrado). Abancay.
- Díaz, P., & Fernández, P. (12 de 10 de 2021). La Distribucion Normal. pág. 12.
- Ferrel, E., & Moreano, E. (2018). *Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca - Abancay y su*

influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac.

Flores, E., Miranda, N., & Villasís, K. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial*. 64:364-370. Obtenido de <http://www.revistaalergia.mx>

Galicia, M. A., & Velásquez, M. A. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210$ KG/CM² (Tesis de pregrado)*. Cusco.

García, J., & Vargas, M. (2007). *Resistencia de Materiales*. Cochabamba.

González, F. (2004). *Manual de Supervisión de obras de concreto*. México: Limusa Noriega.

Gorisse, F. (1981). *Ensayos y controles de los hormigones*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados.

Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Sede Manzanales.

Harmsen, T. E. (2019). *Diseño de Estructura de Concreto Armado*. Lima: Fondo Editorial.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

- Hernandez, R., Fernandez, C., Baptista, M. D., & Carrasco, S. (2014). *Metodologia de la investigacion* (Vol. 5ta Edicion).
- Huaraca, C. Y. (2019). *Evaluacion de la resistencia a la compresion y flexotraccion del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azucar como sustitucion parcial del cemento en Abancay 2019*. Abancay.
- Idrogo , E. E. (2018). *Estudio de la resistencia a la compresion del concreto 210 kg/cm² con ceniza de bagazo de caña de azucar pimentel, Chiclayo (Tesis de pregrado)*. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo.
- INEI. (2019). *Instituto nacional de estadistica e informatica ,Indicadores economicos y sociales*. Obtenido de <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/indicadores-economicos-y-sociales/1/#lista>
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. (2005). *Soluciones en Concreto*. Mexico.
- Juarez, Y. (2022). *Análisis de la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de rastrojo de Zea mays L. en la resistencia mecánica de concreto f'c=24.5 MPa, distrito de Abancay, provincia de Abancay, región Apurímac – 2020*. Abancay.
- Kane, J., & Sternheim, M. (2007). *Fisica*. Barcelona: Editorial Reverte S.A.
- Laura , S. (2006). *Diseño de mezclas de concreto*. Puno.
- Ma-tay, D. E. (2014). *Valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento pórtland (Tesis de postgrado)*. Honduras.
- Mego, J. C., & Meza, K. E. (2018). *Influencia de la ceniza de caña,aditivo superplastificante y tiempo de curado sobre la compresion ,rigidez,capacidad*

de llenado- paso y fluidez de un concreto autocompactante (Tesis de pregrado).
Trujillo.

NTP 334.009. (2005). *Norma Tecnica Peruana (Cementos Portland. Requisitos).* Lima.

NTP 339.034. (2017). *Norma tecnica Peruana (Metodo de ensayo a la compresion).*

NTP 339.088, P. N. (2006). *HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.*

NTP 339.185, N. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados.* LIMA: INDECOPI.
Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/home_tienda.aspx

NTP 400.017. (2011). *Norma Tecnica Peruana (Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad "Peso Unitario" y los vacíos en los agregados).* Lima.

NTP 400.021, N. T. (2013). *Metodo de ensayo normalizado para la densidad, peso especificoy absorcion del agregado grueso.*

NTP 400.022. (2013). *Norma Tecnica Peruana (Método de ensayo normalizado para ladensidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino).* Lima.

NTP 400.037. (2014). *Norma Tecnica Peruana (Especificaciones normalizadas para agregados en el concreto).* Lima.

Pasquel, C. E. (1993). *Topicos de tecnologia del concreto en el Peru.* Lima.

Peña, C., & Lopez, L. (2019). *Evaluacion de la resistencia del concreto a flexion MR 4.2 sin curado y sometido a dos tipos de curado (Tesis de pregrado).* Pereira Risaralda.

- Quispe, Y., & Mayhuire, H. J. (2018). *Incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influyen en el comportamiento del concreto estructural en la ciudad de Abancay, 2018 (Tesis de pregrado)*. Abancay.
- Ramirez, F. A. (2015). Definición del tipo de investigación a realizar. *ACADEMIA*, 9.
- Ramos, J. F. (2015). *Activación de Sistemas Binarios y Ternarios Base Cemento Portland con Residuos Agro-Industriales (Tesis de posgrado)*. Mexico.
- Ramos, J., Aguila, V. d., & Bazalar, A. (2017). *Estadística Basica para los Negocios*. Lima: Fondo Editorial.
- Rivva Lopez, E. (1992). *Tecnología del Concreto*. Lima.
- Rivva, E. (2010). *Concreto-Diseño de mezclas*. Lima: ICG.
- Sanchez, D. (1996). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogota: bhandar editorial Ltda.
- Sanchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y Mortero*. Colombia: Bhandar Editores.
- Santaella, E. (2001). Caracterización física química y mineralógica de las cenizas volantes. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91101007.pdf>
- SENCICO. (2014). *Manual de preparacion,colocacion y cuidado del concreto*. Lima.
- Toirac Corral, J. (2012). Caracterización granulometrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costos de Homigón. *Ciencia y Sociedad* , 293-334.
- Velasquez, N., & Duran, N. P. (2016). *Evaluacion de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azucar (Tesis de pregrado)*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña.

- Vera, T. Y. (2018). *Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal (Tesis de pregrado)*. Cajamarca.
- Vivas , K. N. (2016). *Diseño de un hormigon liviano elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino (Tesis de pregrado)*. Ambato.
- Zabaleta, H. (1988). *Compendio de Tecnologia del Concreto*. Chile.

Anexos

Anexo 1 <i>Matriz de consistencia</i>	118
Anexo 2 <i>Instrumentos de recolección de datos</i>	119
Anexo 3 <i>Fichas de recolección de datos</i>	119
Anexo 4 <i>Panel Fotográfico</i>	119
Anexo 5 <i>Resultado de laboratorio</i>	116
Anexo 6 <i>Certificados de calibración</i>	117

Título: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020.

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente: Ceniza de agave americano como sustitución parcial del cemento.	Cantidad de ceniza de agave americano	sustitución al 5 % sustitución al 10 % sustitución al 15 %	Método: Deductivo Tipo: Explicativo Nivel: Correlacional Diseño: Experimental Enfoque: Cuantitativo Población: Conjunto de probetas cilíndricas y prismáticas de concreto. Muestra: 72 testigos para la resistencia a la compresión y 24 testigos para la resistencia a la flexión. técnica: Observación Instrumentos: - Ficha de recolección de datos para los ensayos de resistencia a la compresión según NTP 339.034 - Ficha de recolección de datos para los ensayos de resistencia a la flexión según NTP 339.078
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	Variable Dependiente: Propiedades mecánicas del concreto a compresión y flexión,	Dimensión	Resistencia a los 7, 14 y 28 días	
¿Cuál es la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020?	Determinar la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020.	La sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana influye al 5%,10% y 15% en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac 2020.	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión	Resistencia a los 7, 14 y 28 días	
¿Cuál es la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la flexión del concreto $f'r = 20.59$ MPa, Abancay 2020?	Determinar la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana al 5%,10% y 15% en la resistencia a la flexión del concreto $f'r = 20.59$ MPa, Abancay 2020.	La sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americana influye al 5%,10% y 15% en la resistencia a la flexión del concreto $f'r = 20.59$ MPa, Abancay 2020.				

Anexo 2

Instrumentos de recolección de datos

Instrumento de recolección de datos para el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de acuerdo al ensayo de la NTP 400.021



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
NTP 400.021**

LUGAR:

MUESTRA:

CANTERA:

ASESOR:

FECHA:

TESISTAS:

ENSAYO	
A= PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE (g)	
B=PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN EL AIRE (g)	
C=PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA(g)	
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (PeM)= $A/(B-C)$	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeMSS) = $B/(B-C)$	
PESO ESPECÍFICO APARENTE (Pea)= $A/(A-C)$	
ABSORCIÓN (Ab%) = $((B-A)/A)*100$	

Instrumento de recolección datos para el análisis granulométrico de los agregados de acuerdo al ensayo de la NTP 400.012

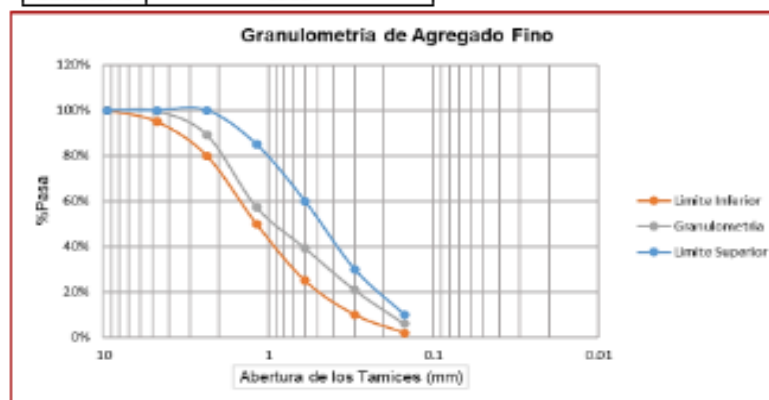


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANEXO N° 03: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO
 ANALISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.012**

LUGAR:
MUESTRA:
CANTERA:
ASESOR:
FECHA:
TESISTAS:

GRANULOMETRIA DE AGREGADOS FINOS					
MASA INICIAL					
Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida Corregida (gr)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasa
Sumatoria		1282			



**Instrumento de recolección datos del diseño de mezcla de concreto Método
ACI comité 211**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

LUGAR:

MUESTRA:

CANtera:

ASESOR:

FECHA:

TESISTAS:

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Descripción	A. Fino	A. Grueso	Desc.	Obtención de resultados Técnicos ACI
P. Unitario suelto seco			Peso específico Cemento Portland Compuesto Tipo ICO (gr/cm ³)	
P. Unitario Compactado seco				
P. Especifico Masa seca			Relación a/c	
Contenido de Humedad		%	Factor Cemento (Kg/m ³)	
% de Absorción		%	Asentamiento (pulg)	
Módulo de fineza			Cantidad de Agr. Grueso	
Tamaño Máximo nominal		**		

DESC.	Vol.Abs.Materiales (m ³)	Pesos secos del agregado (kg/m ³)	Corrección por Humedad (kg/m ³)	Proporción en peso
Cemento Portland Compuesto Tipo ICO				
A. Fino				
A. Grueso				
Agua 0.205 205				
Aire 0.02				
Ceniza Volante				-----

Anexo 3

Fichas de recolección de datos



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 – 2016, NTP 400.012

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

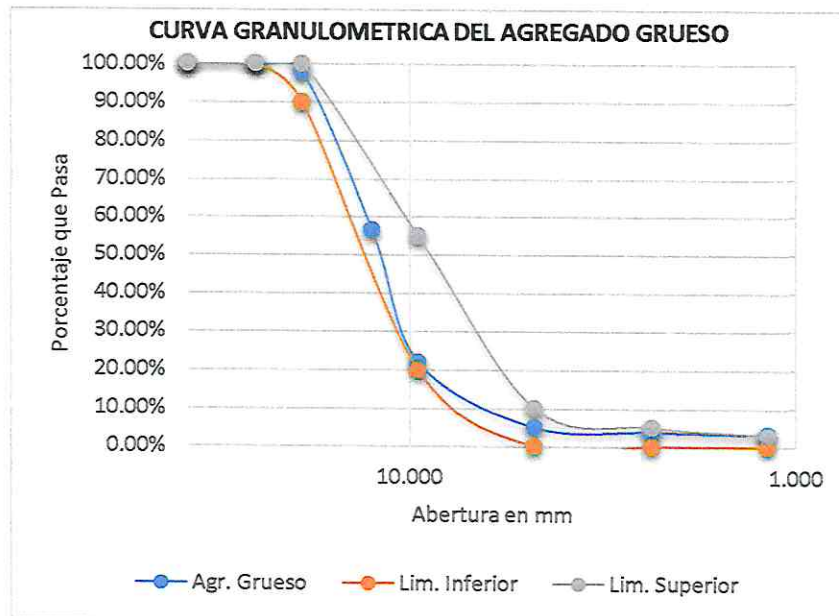
Ubicación: Sector: Abancay
 Distrito: Abancay
 Provincia: Abancay
 Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
 Cantera: Murillo

Tesista: *Bach. Percy caballero palomino*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO									
Muestra inicial	3229.4 gr	Muestra lavada y secada			3174.0	P. Recipiente	0.0 gr	HUSO	67
TAMIZ	TAMIZ	PESO RET.	PESO CORR.	%RET.	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
(Pulg.)	(mm)	(gr.)	(gr.)						
1 1/2	37.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	
1	25.000	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	
3/4	19.000	70.2	70.20	2.17%	2.17%	97.83%	90%	100%	
1/2	12.500	1338.0	1338.00	41.43%	43.61%	56.39%	50%	70%	
3/8	9.500	1112.5	1112.50	34.45%	78.05%	21.95%	20%	55%	
Nº 4	4.750	545.7	545.70	16.90%	94.95%	5.05%	0%	10%	
Nº 8	2.360	39.4	39.40	1.22%	96.17%	3.83%	0%	5%	
Nº 16	1.180	20.3	20.30	0.63%	96.80%	3.20%	0%	3%	
Nº 50	0.300	21.7	21.70	0.67%	97.47%	2.53%	0%	1%	
Nº 200	0.075	24.2	24.20	0.75%	98.22%	1.78%			
Cazuela		0.0	57.40	1.78%	100.00%				
	TOTAL	3172.0	3229.4	100%					



CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saul José Chipa Cahuana
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

PESO UNITARIO SUELTO, COMPACTADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO MTC E 203 – 2016, NTP 400.017

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay Fecha: Diciembre, 2021

Distrito: Abancay

Provincia: Abancay

Región: Apurímac

Material: Agregado grueso

Cantera: Murillo

Tesista Bach. Percy caballero palomino

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO		
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso del Molde (gr)	10070	10070
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	22640.0	22688.0
Peso de la Muestra Suelta (gr)	12570.0	12618
Volumen del Molde (cm ³)	9060.00	9060.00
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.387	1.393
Peso Específico (kg/m ³)	2687.555	2687.555
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1387.417	1392.715
Porcentaje de Vacíos	48.38%	48.18%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1390.066	
Porcentaje de Vacíos	48.28%	

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO		
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	10070	10070
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	23900.0	23998.0
Peso de la Muestra Varillada (gr)	13830.0	13928.0
Volumen del Molde (cm ³)	9060.00	9060.00
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.526	1.537
Peso Específico (kg/m ³)	2687.555	2687.555
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1526.49	1537.31
Porcentaje de Vacíos	43.20%	42.80%
Peso Unitario compactado (kg/m ³)	1531.90	
Porcentaje de Vacíos	43.00%	

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
MTC E 206 – 2016 NTP 400.022

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay Fecha: Diciembre, 2021
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay Material: Agregado grueso
Región: Apurímac Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Peso de la canastilla sumergida en gr.	864	866
Peso de la Muestra seca en gr.	3045	3045
Peso (muestra + canastilla) sumergida en gr.	2797	2809
Peso Muestra saturada con superficie seca gr.	3069	3073
Peso del agua absorbida gr.	24	28
Peso Específico (gr/cm ³)	2.685	2.695
C. de Absorción (%)	0.79%	0.92%

Peso Específico (gr/cm ³)	2.69
C. de Absorción (%)	0.85%

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO NTP 339.185

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay
Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso agregado húmedo + recipiente gr	3278.80	3248.10	3273.30
Peso agregado seco + recipiente en gr	3236.40	3202.80	3229.40
Peso del agua en gr	42.40	45.30	43.90
Peso del recipiente gr	0.00	0.00	0.00
Peso neto del suelo seco en gr	3236.40	3202.80	3229.40
% de Humedad	1.31	1.41	1.36
	1.36		

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

DESGASTE POR ABRASION DE AGREGADOS NTP 400.019

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay
Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Tamaño máximo:		1/2 "	Nº Esferas	%Abrasión
Tamices		P. retenido "A"		
1 1/2"	1"	1249.00	12	29.58
1"	3/4"	1252.00		
3/4"	1/2"	1256.00		
1/2"	3/8"	1250.00		
W de la muestra seca en gr.		5007.00		
W de la muestra final en gr.		3526.00		
% de Abrasión:				29.58

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO NTP 400.022

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay
Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Volumen del picnómetro en ml.	500	500
Peso del picnómetro en gr.	152.4	152.4
Peso de la muestra seca en gr.	486.5	482.5
Peso del picnómetro + agua + muestra en gr.	956.2	971.3
Peso de la muestra saturada con superficie seca gr.	503.6	504.8
Peso del picnómetro + agua gr.	652.3	658.5
Peso de la muestra sumergida en gr.	303.9	312.8
Peso del agua desplazada en gr.	182.6	169.7
Peso del agua absorbida en gr.	17.1	22.3
Peso Específico en gr/cm ³	2.66	2.84
Peso Específico promedio en gr/cm ³	2.75	
Capacidad de absorción	3.51%	4.62%
Capacidad de absorción promedio	4.07%	

CONCHIPA E.I.R.L.

SJC
Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 – 2016 NTP 400.012

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
 Distrito: Abancay
 Provincia: Abancay
 Región: Apurímac

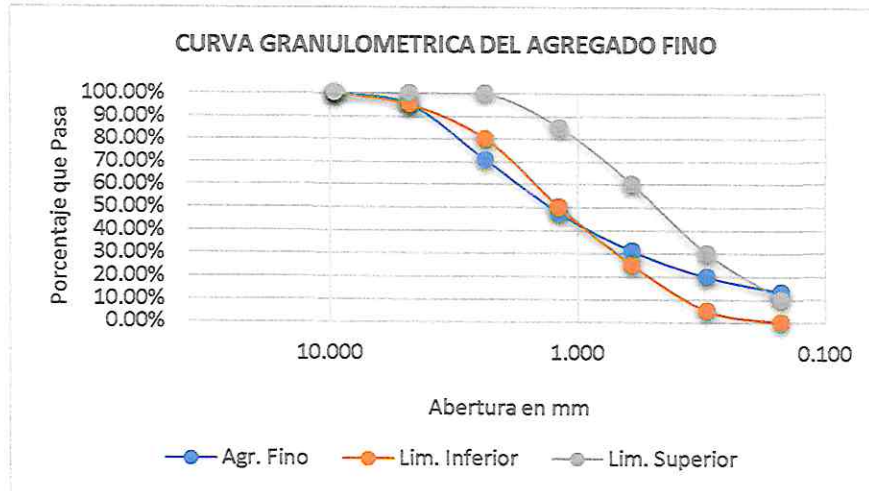
Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado fino
 Cantera: Murillo

Tesista: *Bach. Percy caballero palomino*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO									
Muestra inicial	773.9 gr	Muestra lavada y secada			698.8	Peso Recipiente	0.0 gr	HUSO	
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	
Nº 4	4.750	38.10	38.10	4.92%	4.92%	95.08%	95%	100%	
Nº 8	2.360	188.00	188.00	24.29%	29.22%	70.78%	80%	100%	
Nº 16	1.180	181.30	181.30	23.43%	52.64%	47.36%	50%	85%	
Nº 30	0.600	127.10	127.10	16.42%	69.07%	30.93%	25%	60%	
Nº 50	0.300	86.30	86.30	11.15%	80.22%	19.78%	5%	30%	
Nº 100	0.150	51.80	51.80	6.69%	86.91%	13.09%	0%	10%	
Nº 200	0.075	23.20	23.20	3.00%	89.91%	10.09%			
Cazuela		4.40	78.10	10.09%	100.00%				
TOTAL		700.2	773.9	100%					

Módulo de Fineza = 3.23



CONCHIPA E.I.R.L.
 Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO NTP 400.017

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay Fecha: Diciembre, 2021
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay Material: Agregado grueso
Región: Apurímac Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Peso unitario suelto	Muestra 01	Muestra 02
Peso Molde (gr)	4614	4614
Peso Molde + muestra suelta (gr)	8905	8852
Peso de la muestra suelta (gr)	4291	4238
Volumen del molde (cm ³)	2611.00	2611.00
Peso Unitario suelto (gr/cm ³)	1.643	1.623
Peso Específico (kg/m ³)	2664.294	2664.294
Peso Unitario suelto (kg/m ³)	1643.432	1623.133
Porcentaje de vacíos	38.32%	39.08%
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1633.282	
Porcentaje de vacíos	38.70%	

Peso unitario varillado	Muestra 01	Muestra 02
N° de capas	3	3
N° de golpes	25	25
W del molde (gr)	4614	4614
W del molde + muestra varillada (gr)	9012	9089
W de la muestra varillada (gr)	4398	4475
V del molde (cm ³)	2611.00	2611.00
W Unitario varillado (gr/cm ³)	1.684	1.714
W Específico (kg/m ³)	2664.294	2664.294
W Unitario varillado (kg/m ³)	1684.412	1713.903
Porcentaje de vacíos	36.78%	35.67%
Peso Unitario suelto (kg/m ³)	1699.16	
Porcentaje de vacíos	36.22%	

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay
Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Determinación del contenido de humedad del agregado fino.			
Nº Capsula	Muestra m1	Muestra m2	Muestra m3
W agregado fino húmedo + recipiente (g)	806.50	818.10	815.90
W agregado fino seco + recipiente (g)	772.50	779.80	777.80
W del agua (g)	34.00	38.30	38.10
W neto del suelo seco (g)	772.50	779.80	777.80
% de Humedad	4.40	4.91	4.90
% de Humedad Promedio	4.74		

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL AGAVE AMERICANO DETERMINACIÓN DE CENIZAS NTP 205.038

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay
Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Contenido de humedad del agave americano				
Muestra	Peso de la muestra + recipiente en gr	Peso del recipiente gr	Peso de la Muestra + recipiente gr (105°C x 3 horas y 30 min)	% Humedad
Muestra 01	1024	268	580	58.73
Muestra 02	960	268	528	62.43
Muestra 03	886	268	463	68.45
Contenido de humedad promedio				63.20

Porcentaje de cenizas del agave americano				
Peso de crisol en gr	Peso de la muestra gr	Peso del crisol y la muestra en gr	Peso del crisol más muestra a 650°C x 4 horas en gr	% Ceniza
26.3	324	350.3	68	12.87

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

PESO ESPECIFICO DE LAS CENIZAS

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay
Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Volumen del picnómetro (ml)	500	500
Peso del picnómetro (gr)	152.4	152.4
Peso de la muestra Seca (gr)	104.5	105.5
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	712.6	714.2
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	446.3	448.6
Peso del picnómetro + agua (gr)	656.5	658.3
Peso de la muestra sumergida (gr)	56.1	55.9
Peso del agua desplazada (gr)	48.4	49.6
Peso del agua absorbida (gr)	341.8	343.1
Peso Especifico (gr/cm ³)	2.16	2.13
Promedio peso específico (gr/cm ³)	2.14	

CONCHIPA E.I.R.L.


Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO ACI 211

Tesis: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación: Sector: Abancay
Distrito: Abancay
Provincia: Abancay
Región: Apurímac

Fecha: Diciembre, 2021

Material: Agregado grueso
Cantera: Murillo

Tesista: Bach. Percy caballero palomino

DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO CON RESISTENCIA $f'c = 20.59$ MPa

1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Peso específico de los materiales cementantes

Descripción	Cemento Tipo I YURA	Ceniza de Agave Americano
Peso específico (gr/cm ³)	3.14	2.14

Agregado fino y grueso

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso
Cantera	Murillo	Murillo
Peso específico (gr/cm ³)	2.62	2.69
Módulo de fineza	3.23	6.60
Absorción %	4.07	0.85
Humedad %	4.74	1.36
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1633.28	1390.07
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1699.16	1593.41
Tamaño máximo nominal Pulg.		1/2"

2. RESISTENCIA REQUERIDA PROMEDIO

DATOS		
$f'c$	20.59	MPa
Factor de seguridad	8.24	MPa
$f'cr$ (Diseño)	28.83	MPa

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

3. VALORES DE DISEÑO

PROCESAMIENTO		
Asentamiento	3 - 4	Pulgadas
Tamaño Máximo Nominal	1/2	Pulgadas
Volumen unitario de agua	215	Lt/m ³
Contenido de aire	2.5	%

4. RELACIÓN AGUA CEMENTO

29.42	MPa	0.55
28.83	MPa	X
24.52	MPa	0.62

$$x = 0.55 + \frac{(0.62 - 0.55) * (29.42 - 28.83)}{(29.42 - 24.52)}$$

$$\text{Relación (a/c)} = 0.56$$

5. ANÁLISIS DE DISEÑO

Factor cemento:

$$\text{Cantidad de cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3)}{\text{a/c (para } f'_{cr})}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 373.87 \text{ kg/cm}^3$$

Contenido de agregado grueso:

$$\text{Contenido de agregado grueso (kg)} = V. \text{ Agregado grueso} * P. \text{ unitario compactado A.G}$$

$$\text{Vol. de agregado grueso} = 0.592 \text{ m}^3$$

$$P. \text{ unitario compacto} = 1593.41 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 943.22 \text{ kg}$$

contenido de agregado fino

Método de los pesos:

Peso del agua	= 215 kg
Peso del cemento	= 373.87 kg
Peso del agregado grueso	= 943.22 kg
Peso del concreto	= 2325 kg

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 ING. CIVIL CIP. 193001

$$\begin{aligned} \text{Peso de A.F} &= \text{Peso de C}^\circ - (\text{Peso A.G} + \text{Peso de agua} + \text{Peso del cemento}) \\ \text{Peso de A.F.} &= 792.91 \text{ kg} \end{aligned}$$

Método de volúmenes absolutos:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Tenemos:

Vol. de cemento =	0.111 m ³	P.E. cemento =	3140 kg/m ³
Vol. del agua =	0.215 m ³	P.E. agua =	1000 kg/m ³
Vol. del aire =	0.025 m ³		
Vol. del A. G. =	0.350 m ³	P.E. A.G =	2690 kg/m ³

El volumen de agregado fino es:

$$\begin{aligned} \text{Vol. A.F.} &= 1 - (\text{Vol. A.G.} + \text{Vol. de aire} + \text{Vol. de agua} + \text{Vol. Cemento}) \\ \text{Volumen de A. F} &= 0.299 \text{ m}^3 \\ \text{P.E. A. F} &= 2627.79 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Entonces el peso de agregado fino:

$$\text{Peso de agregado fino} = 785.71 \text{ kg}$$

6. VALORES DE DISEÑO

Cemento	373.87	Kg/m ³
Agua de diseño	205.76	Lt/m ³
Agregado Grueso seco	956.05	Kg/m ³
Agregado fino seco	785.71	Kg/m ³

7. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

$$\text{Peso húmedo de los agregados (kg)} = \text{peso del agregado} * (1 + \%W)$$

$$\text{P. del agregado grueso húmedo} = 956.05 \text{ Kg}$$

$$\text{P. del agregado fino húmedo} = 822.95 \text{ kg}$$

Arreglo de cantidad de agua

$$\text{Agua en agregados} = \text{Peso seco del agregado} * (\%W - \%A)$$

$$\text{Agua que aporta de A.G.} = 1.39 \text{ kg}$$

$$\text{Agua que aporta el A.F.} = 7.85 \text{ kg}$$

Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{P. del agua} - (\text{agua que aporta el A.G} + \text{agua que aporta el A.F})$$

$$\text{Agua efectiva} = 205.76 \text{ kg}$$

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

8. CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO POR M3

Cemento	373.87	Kg
Agua	205.76	Lt
Agr. Grueso	956.05	Kg
Agr. Fino	822.95	Kg

9. PROPORCIÓN EN PESO

$$\text{Cemento} = \frac{373.87 \text{ Kg/m}^3}{373.87 \text{ Kg/m}^3} = 1.00$$

$$\text{Agua Efectiva} = \frac{205.76 \text{ Lt/m}^3}{373.87 \text{ Kg/m}^3} = 0.55$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{822.95 \text{ Kg/m}^3}{373.87 \text{ Kg/m}^3} = 2.20$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{956.05 \text{ Kg/m}^3}{373.87 \text{ Kg/m}^3} = 2.55$$

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

Anexo 4*Panel Fotográfico*

Obtención del Agave Americano y cortado para su secado.



Agave Americano secado y calcinado para la obtención de la ceniza



Sector de Pachachaca-Abancay, cantera Murillo



Cuardeo de muestras y ensayo del contenido de humedad del agregado fino



Ensayo granulométrico del agregado grueso, y peso unitario compactado del agregado grueso



Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino y el ensayo granulométrico por lavado del agregado fino.



Granulometría del agregado fino y el Granulometría del agregado fino y el ensayo del peso unitario del agregado fino



Contenido de humedad del agregado grueso y ensayo de abrasión del agregado grueso.



Pesado de los agregados y ceniza de Agave Americano para el mezclado del concreto



Ceniza de Agave Americano y equipos y herramientas para el mezclado del concreto



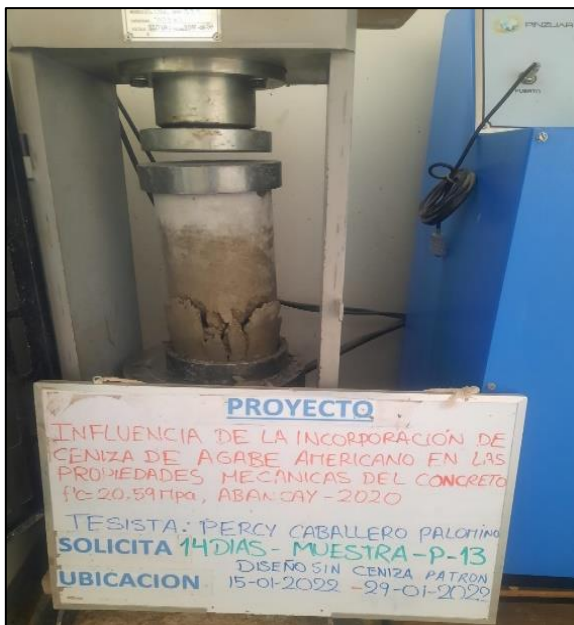
Probetas cilíndricas listos para el vaciado y mezclado del concreto



Control de temperatura en el concreto y briquetas vaciadas



Curado de los especímenes de concreto y rotura de las probetas de concreto.



Rotura de las probetas de concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano



Rotura de las probetas cilíndricas y vigas de concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de Agave Americano

CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431
JR. ARICA 720 - ABANCAV



CERTIFICADO DE USO DEL LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

El que suscribe, **Ing. Saúl José Chipa Cahuana**, gerente general de la empresa **CONCHIPA E.I.R.L.**, con R.U.C. 20601715431, con domicilio legal Prolongación Arica S/N del distrito de Abancay y región de Apurímac.


CERTIFICA:

Que, la **Bach. Percy Caballero Palomino**, identificado con **DNI: 70792855**, ha hecho uso de los equipos y materiales de nuestro Laboratorio de Agregados y Concreto, los meses de diciembre del 2021, enero y febrero del 2022, para la tesis denominada: Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Se expide la presente, a solicitud de la interesada, para los fines que estime por conveniente.

Abancay, 28 de febrero del 2022

CONCHIPA
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO



Ing. Saúl José Chipa Cahuana
GERENTE GENERAL



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

RESULTADO DE ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

INFORME TÉCNICO
N°380 – 2022

TESIS

Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.



Solicitante : Bach. Percy Caballero Palomino

Ubicación : Lugar : Abancay
Distrito : Abancay
Provincia : Abancay
Departamento: Apurímac

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Abancay-2022

RESULTADO DE ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

Tesis : Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.
Ubicación : Abancay
Distrito : Abancay
Provincia : Abancay
Departamento: Apurímac

Resistencia a compresión del concreto patrón

Descripción del elemento	Medidas			Fecha		Edad Dias	Dial carg kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	Altura cm	Díametro cm	Area Cm ²	Moldeo	Rotura				
M. Patron (1/18)	30	15.13	179.79	15/01/2022	22/01/2022	7	211.06	11.94	CORTE
M. Patron (2/18)	30	15.12	179.55	15/01/2022	22/01/2022	7	212.47	12.02	CORTE
M. Patron (3/18)	30	15.08	178.60	15/01/2022	22/01/2022	7	153.10	8.66	CONO
M. Patron (4/18)	30	15.06	178.13	15/01/2022	22/01/2022	7	184.44	10.43	CORTE
M. Patron (5/18)	30	14.99	176.48	15/01/2022	22/01/2022	7	209.22	11.84	CONO
M. Patron (6/18)	30	15.01	176.95	15/01/2022	22/01/2022	7	149.72	8.47	CORTE
M. Patron (7/18)	30	15.21	181.70	15/01/2022	29/01/2022	14	185.72	15.51	CORTE
M. Patron (8/18)	30	15.15	180.27	15/01/2022	29/01/2022	14	158.86	18.94	COLUMNAR
M. Patron (9/18)	30	15.32	184.33	15/01/2022	29/01/2022	14	193.57	17.82	CORTE
M. Patron (10/18)	30	14.76	171.10	15/01/2022	29/01/2022	14	256.21	18.83	CORTE
M. Patron (11/18)	30	15.08	178.60	15/01/2022	29/01/2022	14	252.78	14.38	CONO
M. Patron (12/18)	30	15.13	179.79	15/01/2022	29/01/2022	14	277.07	15.67	CORTE
M. Patron (13/18)	30	14.98	176.24	15/01/2022	12/02/2022	28	280.42	20.61	CORTE
M. Patron (14/18)	30	15.37	185.54	15/01/2022	12/02/2022	28	370.90	21.10	CORTE
M. Patron (15/18)	30	15.20	181.46	15/01/2022	12/02/2022	28	351.68	19.89	CONO
M. Patron (16/18)	30	15.11	179.32	15/01/2022	12/02/2022	28	283.01	20.80	CORTE
M. Patron (17/18)	30	15.17	180.74	15/01/2022	12/02/2022	28	375.12	21.34	CORTE
M. Patron (18/18)	30	15.12	179.55	15/01/2022	12/02/2022	28	364.59	20.62	COLUMNAR

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921

CONCHIPA E.I.R.L.
SJC
Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

RESULTADO DE ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

Tesis : Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación : Abancay

Distrito : Abancay

Provincia : Abancay

Departamento: Apurímac

Resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del 5% por ceniza de agave americano

Descripción del elemento	Medidas			Fecha		Edad Días	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	Altura cm	Diámetro cm	Área cm ²	Moldeo	Rotura				
V. 5% C.A.A (1/18)	30	15.12	179.55	15/01/2022	22/01/2022	7	395.14	22.36	CORTE
V. 5% C.A.A (2/18)	30	15.09	178.84	15/01/2022	22/01/2022	7	388.21	21.96	CORTE
V. 5% C.A.A (3/18)	30	15.13	179.79	15/01/2022	22/01/2022	7	413.77	23.41	COLUMNAR
V. 5% C.A.A (4/18)	30	15.1	179.08	15/01/2022	22/01/2022	7	366.71	20.75	CORTE
V. 5% C.A.A (5/18)	30	15.02	177.19	15/01/2022	22/01/2022	7	381.92	21.61	CORTE
V. 5% C.A.A (6/18)	30	14.98	176.24	15/01/2022	22/01/2022	7	409.97	23.20	CORTE
V. 5% C.A.A (7/18)	30	15.48	188.21	15/01/2022	29/01/2022	14	410.51	23.22	CONO
V. 5% C.A.A (8/18)	30	15.12	179.55	15/01/2022	29/01/2022	14	434.86	24.60	CORTE
V. 5% C.A.A (9/18)	30	15.31	184.09	15/01/2022	29/01/2022	14	328.20	18.57	CORTE
V. 5% C.A.A (10/18)	30	15.11	179.32	15/01/2022	29/01/2022	14	426.45	24.13	CORTE
V. 5% C.A.A (11/18)	30	15.20	181.46	15/01/2022	29/01/2022	14	423.44	23.96	CORTE
V. 5% C.A.A (12/18)	30	15.15	180.27	15/01/2022	29/01/2022	14	413.65	23.38	CONO
V. 5% C.A.A (13/18)	30	15.03	177.42	15/01/2022	12/02/2022	28	433.24	24.51	CONO
V. 5% C.A.A (14/18)	30	15.11	179.32	15/01/2022	12/02/2022	28	423.21	23.94	CORTE
V. 5% C.A.A (15/18)	30	15.22	181.94	15/01/2022	12/02/2022	28	420.05	23.76	CORTE
V. 5% C.A.A (16/18)	30	14.97	176.01	15/01/2022	12/02/2022	28	404.15	22.87	CORTE
V. 5% C.A.A (17/18)	30	15.17	180.74	15/01/2022	12/02/2022	28	408.78	23.13	COLUMNAR
V. 5% C.A.A (18/18)	30	15.05	177.89	15/01/2022	12/02/2022	28	429.91	24.32	CORTE

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

RESULTADO DE ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

Tesis : Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación : Abancay

Distrito : Abancay

Provincia : Abancay

Departamento: Apurímac

Resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del 10% por ceniza de agave americano

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Fecha		Edad Días	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	Altura cm	Diámetro cm	Área cm ²	Moldeo	Rotura				
M. 10% C.A.A (1/18)	30	14.98	176.24	16/01/2022	23/01/2022	7	300.59	17.01	CORTE
M. 10% C.A.A (2/18)	30	15.03	177.42	16/01/2022	23/01/2022	7	291.58	16.50	CORTE
M. 10% C.A.A (3/18)	30	14.99	176.48	16/01/2022	23/01/2022	7	318.09	18.00	CONO
M. 10% C.A.A (4/18)	30	15.06	178.13	16/01/2022	23/01/2022	7	310.19	17.56	CONO
M. 10% C.A.A (5/18)	30	14.97	176.01	16/01/2022	23/01/2022	7	279.98	15.85	CORTE
M. 10% C.A.A (6/18)	30	15.06	178.13	16/01/2022	23/01/2022	7	308.15	17.43	CORTE
M. 10% C.A.A (7/18)	30	15.23	182.18	16/01/2022	30/01/2022	14	332.58	18.82	CONO
M. 10% C.A.A (8/18)	30	15.01	176.95	16/01/2022	30/01/2022	14	347.60	19.67	CORTE
M. 10% C.A.A (9/18)	30	14.98	176.24	16/01/2022	30/01/2022	14	344.83	19.51	CORTE
M. 10% C.A.A (10/18)	30	15.32	184.33	16/01/2022	30/01/2022	14	359.44	20.34	CORTE
M. 10% C.A.A (11/18)	30	15.16	180.50	16/01/2022	30/01/2022	14	316.02	17.89	CORTE
M. 10% C.A.A (12/18)	30	15.23	182.18	16/01/2022	30/01/2022	14	348.83	20.02	CORTE
M. 10% C.A.A (13/18)	30	15.28	183.37	16/01/2022	13/02/2022	28	373.56	21.13	CONO
M. 10% C.A.A (14/18)	30	15.09	178.84	16/01/2022	13/02/2022	28	408.05	23.10	CORTE
M. 10% C.A.A (15/18)	30	15.36	185.30	16/01/2022	13/02/2022	28	368.62	20.86	CORTE
M. 10% C.A.A (16/18)	30	15.11	179.32	16/01/2022	13/02/2022	28	383.18	21.68	CORTE
M. 10% C.A.A (17/18)	30	15.21	181.70	16/01/2022	13/02/2022	28	412.46	23.34	CONO
M. 10% C.A.A (18/18)	30	15.10	179.08	16/01/2022	13/02/2022	28	383.67	21.72	CORTE

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

RESULTADO DE ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

Tesis : Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Ubicación : Abancay

Distrito : Abancay

Provincia : Abancay

Departamento: Apurímac

Resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del 15% por ceniza de agave americano

Descripción del elemento	Medidas			Fecha		Edad	Esfuerzo	Resistencia	Tipo de falla
	Altura cm	Diámetro Promedio cm	Área cm ²	Molde	Rotura	Días de curado	Kg-f	MPa	
l. 15% C.A.A (1/18)	30	15.01	176.95	16/01/2022	23/01/2022	7	276.72	15.62	CORTE
l. 15% C.A.A (2/18)	30	15.10	179.08	16/01/2022	23/01/2022	7	308.02	17.43	CORTE
l. 15% C.A.A (3/18)	30	15.13	179.79	16/01/2022	23/01/2022	7	223.38	12.64	COLUMNAR
l. 15% C.A.A (4/18)	30	15.12	179.55	16/01/2022	23/01/2022	7	259.84	14.70	CORTE
l. 15% C.A.A (5/18)	30	15.03	177.42	16/01/2022	23/01/2022	7	300.59	17.01	CONO
l. 15% C.A.A (6/18)	30	14.98	176.24	16/01/2022	23/01/2022	7	267.30	15.03	CORTE
l. 15% C.A.A (7/18)	30	15.15	180.27	16/01/2022	30/01/2022	14	323.33	18.29	CONO
l. 15% C.A.A (8/18)	30	15.13	179.79	16/01/2022	30/01/2022	14	316.76	17.92	CORTE
l. 15% C.A.A (9/18)	30	15.18	180.98	16/01/2022	30/01/2022	14	360.55	20.40	CONO
l. 15% C.A.A (10/18)	30	15.12	179.55	16/01/2022	30/01/2022	14	335.01	18.95	CORTE
l. 15% C.A.A (11/18)	30	15.17	180.74	16/01/2022	30/01/2022	14	325.46	18.41	CORTE
l. 15% C.A.A (12/18)	30	15.18	180.98	16/01/2022	30/01/2022	14	323.27	18.29	CORTE
l. 15% C.A.A (13/18)	30	15.03	177.42	16/01/2022	13/02/2022	28	340.99	19.32	COLUMNAR
l. 15% C.A.A (14/18)	30	15.08	178.60	16/01/2022	13/02/2022	28	333.60	18.87	COLUMNAR
l. 15% C.A.A (15/18)	30	15.02	177.19	16/01/2022	13/02/2022	28	345.93	19.60	CORTE
l. 15% C.A.A (16/18)	30	14.99	176.48	16/01/2022	13/02/2022	28	338.02	19.12	CORTE
l. 15% C.A.A (17/18)	30	15.11	179.32	16/01/2022	13/02/2022	28	362.85	20.53	CONO
l. 15% C.A.A (18/18)	30	15.07	178.37	16/01/2022	13/02/2022	28	320.21	18.12	COLUMNAR

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los testigos fueron elaborados en el laboratorio de suelos CONCHIPA E.I.R.L.
2. El procedimiento para el ensayo de rotura de probetas de concreto fue realizado según lo estipulado en el manual de ensayo de materiales del ministerio de transportes y comunicaciones, en su sección N°07 CONCRETO- MTC E 704 y la NTP 339.034.

CONCHIPA E.I.R.L.

EG

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59 \text{ MPa}$, Abancay, Apurímac, 2020.

PANEL FOTOGRAFICO



CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

RESULTADO DE ROTURA DE VIGAS DE CONCRETO

INFORME TÉCNICO

N°381 – 2022

TESIS

Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.



Solicitante : Bach. Percy Caballero Palomino

Ubicación : Lugar : Abancay

Distrito : Abancay

Provincia : Abancay

Departamento: Apurímac

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saul José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO (NTP 339. 078)

Tesis : Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020..

Ubicación : Abancay

Distrito : Abancay

Provincia : Abancay

Departamento: Apurímac

Resistencia a compresión del concreto patrón

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Fecha		Edad	Esfuerzo	Resistencia	Tipo de falla
	L	H	A	Moldeo	Rotura	Día	Kg-f	MPa	
VI. Patrón (1/1)	53.6	15.21	15.29	15/01/2022	22/01/2022	7	19.32	4.39	Tercio central
VI. Patrón (1/2)	53.87	15.23	15.32	15/01/2022	22/01/2022	7	25.53	5.67	Tercio central
VI. Patrón (1/3)	53.70	15.22	15.31	15/01/2022	22/01/2022	7	24.98	5.06	Tercio central
VI. Patrón (1/4)	54.19	15.22	15.33	15/01/2022	29/01/2022	14	30.43	6.76	Tercio central
VI. Patrón (1/5)	54.38	15.21	15.31	15/01/2022	29/01/2022	14	22.97	5.64	Tercio central
VI. Patrón (1/6)	54.25	15.21	15.32	15/01/2022	29/01/2022	14	19.10	6.26	Tercio central
VI. Patrón (1/7)	53.64	15.23	15.29	15/01/2022	12/02/2022	28	28.77	6.39	Tercio central
VI. Patrón (1/8)	54.76	15.21	15.31	15/01/2022	12/02/2022	28	33.05	7.34	Tercio central
VI. Patrón (1/9)	54.06	15.22	15.30	15/01/2022	12/02/2022	28	29.50	6.91	Tercio central

Resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del 5% por ceniza de agave americano

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Fecha		Edad	Esfuerzo	Resistencia	Tipo de falla
	L	H	A	Moldeo	Rotura	Días	Kg-f	MPa	
I. 5% CAA (1/1)	54.42	15.24	15.32	15/01/2022	22/01/2022	7	24.54	5.45	Tercio central
I. 5% CAA (1/2)	53.62	15.2	15.31	15/01/2022	22/01/2022	7	30.62	6.75	Tercio central
I. 5% CAA (1/3)	54.18	15.12	15.30	15/01/2022	22/01/2022	7	30.05	6.18	Tercio central
I. 5% CAA (1/4)	54.40	15.21	15.30	15/01/2022	29/01/2022	14	29.21	6.49	Tercio central
I. 5% CAA (1/5)	54.12	15.21	15.31	15/01/2022	29/01/2022	14	32.20	7.09	Tercio central
I. 5% CAA (1/6)	54.35	15.20	15.30	15/01/2022	29/01/2022	14	29.56	6.88	Tercio central
I. 5% CAA (1/7)	53.68	15.2	15.29	15/01/2022	12/01/2022	28	40.62	9.02	Tercio central
I. 5% CAA (1/8)	54.23	15.23	15.32	15/01/2022	12/01/2022	28	38.41	8.51	Tercio central
I. 5% CAA (1/9)	5.80	15.20	15.30	15/01/2022	12/01/2022	28	39.10	8.80	Tercio central

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac
conchipa.earl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

Resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del 10% por ceniza de agave americano

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Fecha		Edad	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	L	H	A	Moldeo	Rotura	Días			
M. 10% CAA (1/1)	54.42	15.23	15.29	16/01/2022	23/01/2022	7	20.71	4.60	Tercio central
M. 10% CAA (1/2)	54.41	15.21	15.32	16/01/2022	23/01/2022	7	24.68	5.44	Tercio central
M. 10% CAA (1/3)	54.40	15.24	15.30	16/01/2022	23/01/2022	7	23.90	5.08	Tercio central
M. 10% CAA (1/4)	53.82	15.24	15.29	16/01/2022	30/01/2022	14	20.52	4.76	Tercio central
M. 10% CAA (1/5)	54.40	15.22	15.31	16/01/2022	30/01/2022	14	30.44	6.79	Tercio central
M. 10% CAA (1/6)	54.55	15.23	15.30	16/01/2022	30/01/2022	14	29.40	5.73	Tercio central
M. 10% CAA (1/7)	54.39	15.20	15.30	16/01/2022	13/02/2022	28	34.40	7.64	Tercio central
M. 10% CAA (1/8)	54.42	15.24	15.29	16/01/2022	13/02/2022	28	39.36	8.20	Tercio central
M. 10% CAA (1/9)	54.40	15.23	15.30	16/01/2022	13/02/2022	28	38.10	7.90	Tercio central

Resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del 15% por ceniza de agave americano

Descripción del elemento	Medidas (cm)			Fecha		Edad	Esfuerzo Kg-f	Resistencia MPa	Tipo de falla
	L	H	A	Moldeo	Rotura	DIAS			
M. 15% CAA (1/1)	53.62	15.22	15.33	16/01/2022	23/01/2022	7	24.09	5.35	Tercio central
M. 15% CAA (1/2)	54.41	15.21	15.31	16/01/2022	23/01/2022	7	19.99	4.45	Tercio central
M. 15% CAA (1/3)	53.30	15.22	15.30	16/01/2022	16/01/2022	7	20.22	4.88	Tercio central
M. 15% CAA (1/4)	53.63	15.22	15.32	16/01/2022	30/01/2022	14	24.80	5.51	Tercio central
M. 15% CAA (1/5)	53.62	15.22	15.31	16/01/2022	30/01/2022	14	29.63	6.14	Tercio central
M. 15% CAA (1/6)	53.64	15.21	15.29	16/01/2022	16/01/2022	14	25.12	5.78	Tercio central
M. 15% CAA (1/7)	53.63	15.21	15.34	16/01/2022	13/02/2022	28	32.06	7.12	Tercio central
M. 15% CAA (1/8)	54.22	15.19	15.31	16/01/2022	13/02/2022	28	26.57	5.95	Tercio central
M. 15% CAA (1/9)	53.21	15.20	15.30	16/01/2022	16/01/2022	28	29.50	6.46	Tercio central

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las vigas de concreto fueron elaborados en el laboratorio de suelos CONCHIPA E.I.R.L
2. El procedimiento para el ensayo de rotura de probetas de concreto fue realizado según lo estipulado en el manual de ensayo de materiales del MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, en su sección N° 7 CONCRETO – MTC E 704 y la NTP 339.078.
3. De acuerdo a la prospección realizada el concreto muestra homogeneidad en el agregado.
4. De los ensayos a la flexión realizadas a las vigas de concreto se concluye que las resistencias alcanzadas superan y/o se encuentran dentro de los límites de resistencia alcanzadas según su edad de curado, por tal, el concreto es aceptable.
5. Se realizó el curado en estructura horizontales y verticales empleando yute y humedecer periódicamente de manera que se pueda mantener la humedad en la estructura.
6. Las vigas de concreto se deben confeccionar en dos capas iguales apisonando cada capa de acuerdo con los requerimientos de la norma.
7. Las vigas de concreto recién elaborados deben permanecer en reposo en un sitio cubierto y protegido de cualquier golpe o vibración, para ser desencofrado a las 24 horas +/- 8 horas.
8. Una vez desencofrado las vigas de concreto se deben curar a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa mayor a 95%.

CONCHIPA E.I.R.L.

Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 20.59$ MPa, Abancay, Apurímac, 2020.

PANEL FOTOGRAFICO



CONCHIPA E.I.R.L.
Mtro. Ing. Saúl José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
ING. CIVIL CIP. 193001



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0141-018-2021

Página 1 de 5

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2021/01/30
Solicitante	CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO
Dirección	PRO.ARICA NRO. SN (EQUINA CTDO PUERTA ROJA,FT TIENDA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY
Instrumento de medición	HORNO DE LABORATORIO
Identificación	0141-018-2021
Marca	ARSOU
Modelo	HR701
Serie	400215
Cámara	85 Litros
Ventilación	NATURAL
Pirómetro	THOLZ
Modelo	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Lugar de calibración	Laboratorio de ARSOU GROUP
Fecha de calibración	2021/01/30
Método/Procedimiento de calibración	- SNM – PC-018 2da Ed. 2009 – Procedimiento para la calibración de medios isotermos con aire como medio termostático. INACAL - ASTM D 2216, MTC E 108 – Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida 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 recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.

Arsou Group



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	Termómetro con sonda MARCA: EZODO	0545-CLT-2019 - LABORATORIO ACREDITADO CON REGISTRO N° LC-005

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,1 °C	Final: 20,5 °C
Humedad Relativa	Inicial: 65 %hr	Final: 65 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TEMPERATURA

Tiempo (hh:mm)	Pirómetro °C	INDICACIONES CORREGIDAS DE CADA TERMOCUPLA ° C										T° Prom. °C	Tmax - Tmin °C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	110	110.1	110.8	110.5	111.0	110.1	110.7	110.4	111.0	110.6	110.0	110.5	1.0
00:02	110	110.2	111.0	110.9	110.2	110.0	111.0	110.1	110.1	110.9	111.0	110.5	1.0
00:04	110	110.4	110.4	110.3	110.4	110.2	110.8	110.4	110.7	110.3	110.7	110.5	0.6
00:06	110	110.1	110.6	110.8	110.6	110.8	110.1	110.2	110.3	110.8	110.0	110.4	0.8
00:08	110	110.9	110.6	110.5	110.4	110.5	110.9	110.5	111.0	110.7	110.4	110.6	0.6
00:10	110	110.9	110.7	110.5	110.3	110.5	110.6	110.2	110.3	110.9	110.8	110.6	0.7
00:12	110	110.2	110.3	110.3	111.0	110.7	110.7	110.1	110.0	110.9	110.6	110.5	1.0
00:14	110	110.9	110.6	110.2	110.9	110.6	110.9	110.1	110.7	110.9	110.3	110.6	0.8
00:16	110	110.3	110.7	110.3	110.9	110.6	111.0	110.5	110.2	110.3	110.3	110.5	0.8
00:18	110	110.8	110.9	111.0	110.6	110.2	110.9	110.1	110.7	110.3	110.7	110.6	0.9
00:20	110	110.6	110.9	110.8	110.7	110.7	110.5	110.0	110.7	110.2	111.0	110.6	1.0
00:22	110	110.4	110.9	111.0	110.2	110.2	110.1	110.2	110.6	110.6	110.5	110.5	0.9
00:24	110	110.1	110.0	110.4	110.8	110.4	110.2	110.6	111.0	111.0	110.8	110.5	1.0
00:26	110	110.0	110.3	110.7	110.4	110.6	110.6	110.4	110.6	110.3	110.2	110.4	0.7
00:28	110	110.6	110.6	110.4	110.9	110.4	110.7	110.0	110.7	110.4	110.8	110.6	0.9
00:30	110	110.8	111.0	110.5	110.9	110.2	110.2	110.9	111.0	110.8	110.3	110.7	0.8
00:32	110	110.3	110.5	110.9	110.1	110.3	110.9	110.7	111.0	110.8	110.4	110.6	0.9
00:34	110	110.0	110.2	111.0	110.9	110.5	110.6	110.4	110.2	110.9	110.2	110.5	1.0
00:36	110	110.9	110.6	110.5	111.0	110.7	110.5	110.8	110.2	110.2	110.4	110.6	0.8
00:38	110	111.0	110.0	110.9	110.9	110.4	110.8	110.5	111.0	110.0	110.7	110.6	1.0
00:40	110	110.8	110.8	110.2	110.9	110.6	110.9	110.7	110.0	110.7	110.2	110.6	0.9
00:42	110	110.8	110.9	110.3	110.7	111.0	110.5	110.3	110.8	110.2	110.7	110.6	0.8
00:44	110	110.0	110.5	111.0	110.4	110.5	110.5	110.8	110.8	110.5	110.7	110.6	1.0
00:46	110	111.0	110.1	111.0	110.6	110.9	110.7	110.3	110.9	110.4	110.5	110.6	0.9
00:48	110	110.6	110.2	110.5	110.1	111.0	110.2	110.8	110.4	110.6	110.1	110.5	0.9
00:50	110	110.9	110.9	110.7	110.4	110.4	110.2	110.1	110.1	110.2	110.8	110.5	0.8
T. PROM.	110	110.5	110.6	110.6	110.6	110.5	110.6	110.4	110.6	110.6	110.5	110.5	
T. MAX.	110	111.0	111.0	111.0	111.0	111.0	111.0	110.9	111.0	111.0	111.0	111.0	
T. MIN.	110	110.0	110.0	110.2	110.1	110.0	110.1	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	

Nomenclatura:

- T. P Promedio de indicaciones corregidas de los termopares para un instante de tiempo.
- Tm: Diferencia entre máxima y mínima temperatura para un instante de tiempo.
- T. P Promedio de indicaciones corregidas para a cada termocupla durante el tiempo total.
- T. M La Máxima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.
- T. M La Mínima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

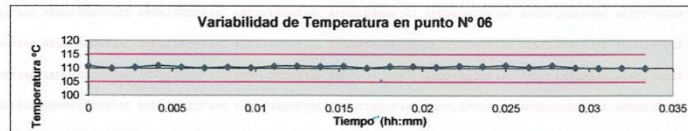
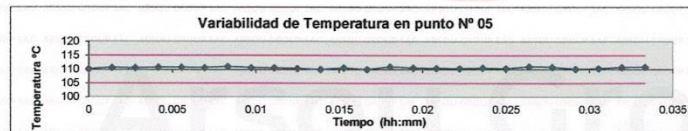
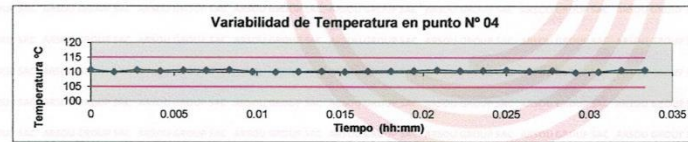
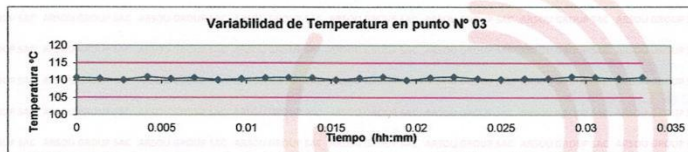
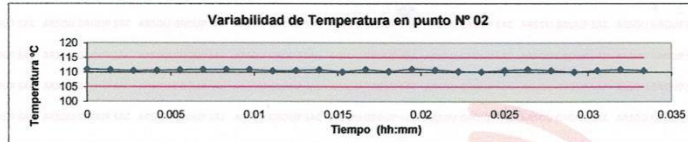
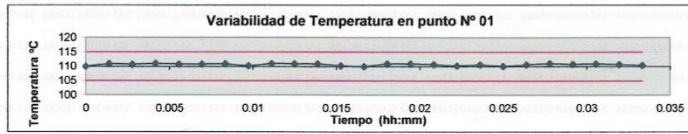
ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arovaldo Carnica
METROLOGÍA



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

GRÁFICO

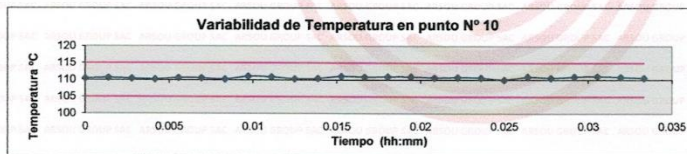
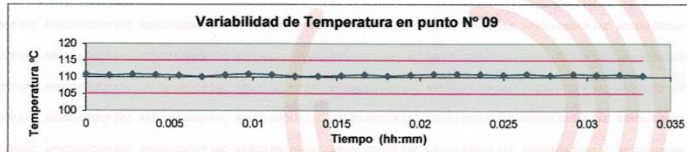
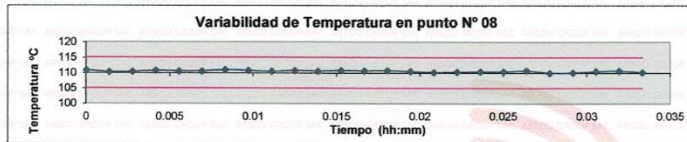
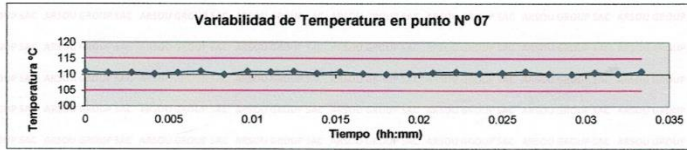


ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

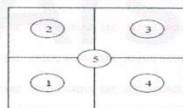
ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo BARRERA
METROLOGÍA



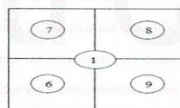
Arsou Group
Laboratorio de Metrología



DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL ESPACIO



NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR

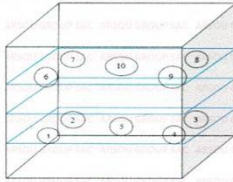


ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Carica
METROLOGÍA



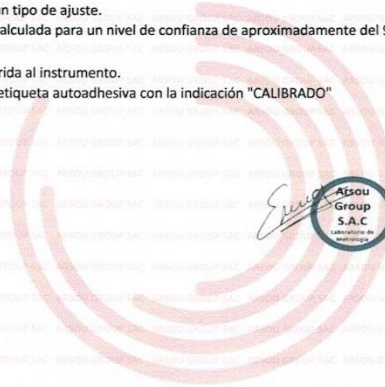
GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA



PANEL FRONTAL DEL EQUIPO

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



Arsou Group

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Caratela
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote D1, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SMF - 009 - 2022

Página 1 de 3

Expediente	22-0015	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS & METROLOGÍA 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.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
1. Solicitante	CONCHIPA E.I.R.L.	
2. Dirección	Pro. Arica N° s/n Abancay - Abancay - APURIMAC	
3. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	1200 kN	
Marca	PINZUAR	
Modelo	PC-42	
Número de Serie	449	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	COLOMBIA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	PINZUAR	
Modelo	PC-42	
Número de Serie	449	
Resolución	0,01 kN	
4. Fecha de Calibración	2022-05-11	
5. Fecha de Emisión	2022-05-16	

Sello

Jefe de Laboratorio



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SMF - 009 - 2022

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Pro. Arica N° s/n Abancay - Abancay - APURIMAC

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,8 °C	22,2 °C
Humedad Relativa	45 % HR	45 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-187747 / 2021-195857	Celda de carga calibrado a 150 tn con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-028-22B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SMF - 009 - 2022

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,00	100,41	99,99	100,05	100,15
20	200,00	200,26	199,75	199,73	199,91
30	300,00	299,93	299,65	299,67	299,75
40	400,00	399,70	399,35	399,21	399,42
50	500,00	499,44	498,97	499,03	499,15
60	600,00	599,00	598,80	598,78	598,86
70	700,00	698,84	699,15	699,09	699,03
80	800,00	799,76	799,64	799,56	799,66
90	900,00	900,48	900,18	900,16	900,27
100	1000,00	1001,18	1000,71	1000,75	1000,88
Retorno a Cero		0,00	0,00	0,00	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,00	-0,15	0,41	---	0,01	0,35
200,00	0,04	0,26	---	0,01	0,35
300,00	0,08	0,09	---	0,00	0,35
400,00	0,15	0,12	---	0,00	0,35
500,00	0,17	0,09	---	0,00	0,35
600,00	0,19	0,04	---	0,00	0,35
700,00	0,14	0,04	---	0,00	0,35
800,00	0,04	0,02	---	0,00	0,35
900,00	-0,03	0,03	---	0,00	0,35
1000,00	-0,09	0,05	---	0,00	0,35

MAXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura 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 a largo plazo.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 041 - 2020***Área de Metrología
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 1 de 3

1. Expediente	200921	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).
2. Solicitante	CONCHIPA E.I.R.L.	
3. Dirección	Pro. Arica N° s/n, Abancay - Abancay - APURIMAC	
4. Instrumento de medición	MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES	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.
Fabricante	A&A INSTRUMENTS	
Número de Serie	170512	
Modelo	STMH-3	
Alcance de Indicación	9999 VUELTAS	
Div. de escala / Resolución	1 VUELTA	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	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.
Tipo de indicación	DIGITAL	
5. Fecha de Calibración	2020-08-18	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Lugar de calibración	Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C. Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-08-18

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 041 - 2020***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	19,6 °C	20,2 °C
Presión Atmosférica	73 %	73 %

9. Patrones de referencia

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOPI, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Generador de Formas de Ondas Tektronix AFG3102	TACÓMETRO DIGITAL Exactitud de 0,02% de la lectura	INACAL/DM LTF-C-082-2018
PATRONES DE REFERENCIA DE INACAL / DM	REGLA METALICA de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,1 mm.	INACAL / DM LLA-052-2018
PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL	BALANZA - OHAUS Con clase de exactitud II	METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. MT-LM-177-2018

10. Resultados

Determinación del vuelta/tiempo

Tiempo (seg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN			Giro de la Máquina (rpm)
	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	
0	0	0	0	0
60	31	32	32	32
120	63	63	63	31
180	95	95	95	32
240	126	126	126	31
300	158	158	158	32
360	190	190	190	32
420	221	221	221	31
480	253	253	253	32
540	284	285	285	32
600	316	316	316	31
660	348	348	348	32
720	379	378	378	30
780	411	411	411	33
840	442	442	442	31
900	474	474	474	32

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. El Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037190

email: metrologia@metrologiatecnicas.comventas@metrologiatecnicas.comcalidad@metrologiatecnicas.comWEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 041 - 2020**

Área de Metrología
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 3 de 3

Características de las esferas		
Nº	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro (mm)	Peso (g)
1	46,69	417,3
2	46,69	417,4
3	46,68	417,1
4	46,68	417,5
5	46,69	417,5
6	46,67	417,0
7	46,64	416,9
8	46,67	417,3
9	46,68	417,2
10	46,69	417,1
11	46,67	417,3
12	46,66	416,9

Características del tambor del equipo	
Diámetro Interior	710 mm
Longitud Interior	518 mm

Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,00 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 ± 5 mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de 508 ± 5 mm.



Fin del documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 220-024-2020

Página 1 de 3

Arso Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2020/07/20
Solicitante CONTROL DE CALIDAD ALMATHO E.I.R.L.
Dirección PROGRESO NRO. 167 SAN GREGORIO - LIMA - ATE

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación 220-024-2020
Intervalo de indicación 0 g a 30000 g
División de escala Resolución 1 g
División de verificación (e) 1 g
Tipo de indicación Digital
Marca / Fabricante OHAUS
Modelo R21PE30ZH
N° de serie 8349380656
Procedencia USA

Ubicación LABORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.
Lugar de calibración ASOC. DE VIV. LAS FLORES DE SAN DIEGO MZ C LOTE 01 - SAN MARTIN DE PORRES

Fecha de calibración 2020/07/20

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOP, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida 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 recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyna, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com.pe
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 220-024-2020

Página 2 de 3

Arso Group

Laboratorio de Metrología Auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0828-LM-2019
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Pesa de 5 kg	0826-LM-2019
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Pesa de 10 kg	0827-LM-2019
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Pesa de 25 kg	0170-CLM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 19,5 °C	Final: 20,1 °C
Humedad Relativa	Inicial: 64 %hr	Final: 65 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 250 g			Carga L1= 500 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	1500.0	0	0	30000	0	0
2	1500.0	0	0	30000	0	0
3	1500.0	0	0	30000	0	0
4	1500.0	0	0	30000	0	0
5	1500.0	0	0	30000	0	0
6	1500.0	0	0	30000	0	0
7	1500.0	0	0	30000	0	0
8	1500.0	0	0	30000	0	0
9	1500.0	0	0	30000	0	0
10	1500.0	0	0	30000	0	0
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
1500	0		1			
30000	0		3			



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com.pe
www.arsougroup.com



Arso Group

Laboratorio de Metrología

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación de E_0				
	Carga Mín ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E_0 (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)
1	1	1	0	0	500	500	0	0	0
2		1	0	0		500	0	0	0
3		1	0	0		500	0	0	0
4		1	0	0		500	0	0	0
5		1	0	0		500	0	0	0

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	
1	1.0	0	0	0	1.0	0	0	0	1
10	10.0	0	0	0	10.0	0	0	0	1
50	50.0	0	0	0	50.0	0	0	0	1
100	100.0	0	0	0	100.0	0	0	0	1
500	500.0	0	0	0	500.0	0	0	0	1
1000	1000.0	0	0	0	1000.0	0	0	0	1
5000	5000.0	0	0	0	5000.0	0	0	0	1
10000	10000.0	0	0	0	10000.0	0	0	0	1
15000	15000.0	0	0	0	15000.0	0	0	0	3
20000	20000.0	0	0	0	20000.0	0	0	0	3
30000	30000.0	0	0	0	30000.0	0	0	0	3

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL : Carga Incrementada

E: Error encontrado

E_0 : Error en cero

E_c : Error corregido

EMP: Error máximo permitido

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com.pe
www.arsougroup.com

SIGLAS

NTP	: Norma Técnica Peruana
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
CAA	: Ceniza de Agave Americano
AEM	: Asociación de Fabricantes de Equipos de Estados Unidos
ACI	: American Concrete Institute
CCA	: Ceniza de cascara de arroz
CBC	: Ceniza de bagazo de caña de azúcar