



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Comportamiento de la resistencia de concreto $f'c=175$ kg/cm²,
sustituyendo cemento por ceniza de aserrín de eucalipto, Ayacucho
2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Mendez Gutierrez, Roger (orcid.org/0000-0003-3776-1543)

ASESOR:

Mg. Benavente Leon, Christian (orcid.org/0000-0003-2416-4301)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERU

2022

DEDICATORIA

A mi padre **Narciso, MENDEZ MENDOZA** por su apoyo moral y económico y a mi madre **Jesusa, GUTIERREZ CCORIPURI** por su amor y cariño interminable, a las dos personas que me criaron con valores y a los que le debo lo que soy.

A mi esposa Cinthia Rodríguez Illesca y a mi Hijo Zabdiel Jheico Mendez Rodríguez por ser los principales motivos de mis logros, gracias a ellos por confiar y creer en mí.

A mis hermanos **Rafhael y Gabriela**, y a toda mi familia, los que siempre me han apoyado en lo que necesitaba para lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios por guiarme por el buen camino, el que me dio fortaleza para levantarme y continuar en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis padres, hermanos, a mi esposa y mi hijo por ser los principales motivos y brindarme sus consejos, su amor y cariño para lograr este sueño tan anhelado.

A la Universidad César Vallejo por haberme aceptado ser parte de ella y haberme abierto las puertas para poder culminar mi carrera profesional.

A mi Asesor de Tesis Ing. Christian Benavente León, por haberme impartido todo su apoyo y conocimiento en la elaboración de la presente tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ANTECEDENTES.....	4
ANTECEDENTES INTERNACIONALES	4
ANTECEDENTES NACIONALES	9
2.2. MARCO CONCEPTUAL	12
EL CONCRETO.....	12
EUCALIPTO	27
ASERRÍN DE MADERA	30
CENIZAS DE RESIDUOS SÓLIDOS	39
III. METODOLOGÍA	47
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	47
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	47
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	49
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	50
3.5. PROCEDIMIENTOS	50
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	59
3.7. ASPECTOS ÉTICOS	59

IV.	RESULTADOS.....	60
	ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.....	60
	ENSAYO DE MATERIALES.....	62
	RESULTADOS DEL CONCRETO FRESCO.....	74
	RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO F'C = 175 KG/CM2.....	75
	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	82
V.	DISCUSIÓN.....	85
VI.	CONCLUSIONES.....	88
VII.	RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIAS.....	90
	ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de Óxidos en el cemento Portland	15
Tabla 2 Clases de consistencia	21
Tabla 3 Clasificación del Concreto según su Peso Unitario.....	23
Tabla 4 Cantidad total de muestras	49
Tabla 5 Accesos a la ciudad de Huanta.....	60
Tabla 6 Composición química de la ceniza de aserrín de eucalipto	62
Tabla 7 Análisis granulométrica del agregado fino	63
Tabla 8 Análisis granulométrico del agregado grueso	65
Tabla 9 Curva granulométrica del agregado grueso	66
Tabla 10 Peso específico y absorción del agregado grueso.....	66
Tabla 11 Peso específico y absorción del agregado fino.....	67
Tabla 12 Porcentaje de vacío de los agregados	68
Tabla 13 Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del agregado fino.....	68
Tabla 14 Peso Unitario Compacto Seco (PUCS) del agregado fino	69
Tabla 15 Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del agregado grueso	69
Tabla 16 Peso Unitario Compacto Seco (PUCS) del agregado grueso	70
Tabla 17 Contenido de Humedad y Absorción Efectiva del agregado fino	70
Tabla 18 Contenido de Humedad y Absorción Efectiva del agregado grueso	71
Tabla 19 Dosificación de la mezcla con 0% de sustitución de cemento (concreto patrón).....	71
Tabla 20 Dosificación de la mezcla con 3% de sustitución de cemento	72
Tabla 21 Dosificación de la mezcla con 5% de sustitución de cemento	72
Tabla 22 Dosificación de la mezcla con 7% de sustitución de cemento	73
Tabla 23 Asentamiento del concreto patrón y con sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en 3.0, 5.0 y 7.0%.....	74
Tabla 24 Peso Unitario del concreto patrón y con sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en 3.0, 5.0 y 7.0%.....	74
Tabla 25 Análisis de compresión del concreto con 0% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	75
Tabla 26 Análisis de compresión del concreto con 3% de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.	76

Tabla 27 Análisis de compresión del concreto con 5% de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.	77
Tabla 28 Análisis de compresión del concreto con 7% de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.	78
Tabla 29 Resumen de resistencia del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	79
Tabla 30 Costo de 1 m ³ de concreto patrón con 0% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	81
Tabla 31 Costo de 1 m ³ de concreto patrón con 3% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	81
Tabla 32 Costo de 1 m ³ de concreto patrón con 5% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	81
Tabla 33 Costo de 1 m ³ de concreto patrón con 7% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del concreto.....	14
Figura 2 Procedimiento de la medición del asentamiento del concreto (Slump) .	20
Figura 3 Variación de la resistencia del concreto con la edad.....	22
Figura 4 Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto.....	26
Figura 5 Plantas de eucalipto	27
Figura 6 Madera de eucalipto	29
Figura 7 Aserrín de eucalipto.....	30
Figura 8 Secado al aire libre del aserrín.....	50
Figura 9 Quemado del aserrín.....	51
Figura 10 Ceniza del aserrín	51
Figura 11 Activación de la ceniza en mufla a 600°C	52
Figura 12 Ceniza activada en mufla a 600°C	52
Figura 13 Cuarteo del agregado fino	53
Figura 14 Cuarteo del agregado grueso.....	53
Figura 15 Determinación del peso unitario suelto y compacto del agregado fino y grueso	54
Figura 16 Secado en horno de los agregados.....	54
Figura 17 Ensayo de granulometría de los agregados	55
Figura 18 Dosificación de los materiales con sustitución al 0% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto (concreto patrón)	55
Figura 19 Dosificación de los materiales con sustitución al 3% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	56
Figura 20 Dosificación de los materiales con sustitución al 5% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	56
Figura 21 Dosificación de los materiales con sustitución al 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	57
Figura 22 Prueba de Slump.....	57
Figura 23 Determinación de la densidad del concreto.....	58
Figura 24 Preparación de testigos cilíndricos de concreto $f'c=175$ kg/cm ² con 0, 3, 5 y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.....	58
Figura 25 Ensayo de compresión del concreto $f'c=175$ kg/cm ²	59

Figura 26 Ubicación política de la ciudad de Huanta.....	61
Figura 27 Curva granulométrica del agregado fino.....	64
Figura 28 Distribución de materiales para concreto patrón (0% de sustitución de cemento)	71
Figura 29 Distribución de materiales para concreto patrón (3% de sustitución de cemento)	72
Figura 30 Distribución de materiales para concreto patrón (5% de sustitución de cemento)	73
Figura 31 Distribución de materiales para concreto patrón (7% de sustitución de cemento)	73
Figura 32 Asentamiento del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto	74
Figura 33 Peso Unitario del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto	75
Figura 34 Grafica de la curva de la resistencia del concreto con 0% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.	76
Figura 35 Gráfico de la curva de la resistencia del concreto con 3 % de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.....	77
Figura 36 Gráfico de la curva de la resistencia del concreto con 5 % de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.....	78
Figura 37 Gráfico de la curva de la resistencia del concreto con 7 % de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.	79
Figura 38 Grafico de la curva de la resistencia del concreto para diferentes porcentajes de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto	80
Figura 39 Comparativo de la resistencia del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto	80

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general: “Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm², en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022”; para lo cual se efectuaron 4 ensayos para 0%, 3%, 5% y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto, los ensayos consistieron en determinar el Slump, Peso Unitario y la resistencia a la compresión del concreto. Para obtener los resultados se utilizó la siguiente metodología: el tipo de investigación fue la aplicada, diseño de investigación cuasiexperimental con enfoque cuantitativo y con una población de 36 testigos cilíndricos de concreto.

Los resultados obtenidos fueron: para el primer objetivo específico el asentamiento o slump de la mezcla aumenta ligeramente al incrementar el % de ceniza de aserrín de eucalipto, sin embargo, su peso unitario disminuye al incrementar el % de la ceniza; para el segundo objetivo específico se determinó la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175$ Kg/cm², para los 7, 14 y 28 días, donde, con el 3% de sustitución, la resistencia a la compresión del concreto se incrementa, sin embargo, con la sustitución del 5% y 7% tiende a disminuir; para el tercer objetivo específico se ha determinado que el costo de producción para 1 m³ de concreto disminuye progresivamente al incrementar el % de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.

Palabras clave: Concreto, Resistencia, Sustitución, Cemento, Ceniza, Eucalipto.

ABSTRACT

The general objective of this research was: "Evaluate the effect of partial replacement of cement with eucalyptus sawdust ash on the physical and mechanical properties of concrete $f'c=175$ Kg/cm², in the city of Huanta - Ayacucho 2022" ; for which 4 tests were carried out for 0%, 3%, 5% and 7% replacement of the cement with eucalyptus sawdust ash, the tests consisted of determining the Slump, Unit Weight and the compressive strength of the concrete. To obtain the results, the following methodology was used: the type of research was applied, quasi-experimental research design with a quantitative approach and with a population of 36 cylindrical concrete cores.

The results obtained were: for the first specific objective, the settlement or slump of the mixture increases slightly when increasing the % of eucalyptus sawdust ash, however, its unit weight decreases when increasing the % of ash; For the second specific objective, the compressive strength of the concrete $f'c=175$ Kg/cm² was determined for 7, 14 and 28 days, where, with 3% substitution, the compressive strength of the concrete increases , however, with the substitution of 5% and 7% tends to decrease; For the third specific objective, it has been determined that the cost of production for 1 m³ of concrete decreases progressively by increasing the percentage of replacement of the cement with eucalyptus sawdust ash.

Keywords: Concrete, Resistance, Substitution, Cement, Ash, Eucalyptus.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo económico, social y cultural de nuestro país vienen afectando progresivamente el deterioro del medio ambiente directa e indirectamente. La mayor parte de la población ha visto por conveniente el desarrollo tecnológico e industrial, los mismos que hoy en día generan residuos contaminantes perjudiciales para el medio ambiente. Por consiguiente, surge la preocupación y la necesidad de reducir estos residuos generados y/o aprovecharlos en mayor porcentaje para la elaboración de nuevos productos en beneficio de nuestra sociedad. Las industrias madereras se encuentran dentro del caso antes mencionado, estas industrias generan aserrín en grandes cantidades que la mayor parte no son reutilizados y su acumulación puede tener efectos ambientales negativos.

La Provincia de Huanta ubicada en el departamento de Ayacucho, cuenta con industrias madereras que generan cantidades considerables de aserrín principalmente de tronco de eucalipto, parte de este residuo lo usan los pobladores como combustible para cocinar; no obstante, aun así, una gran cantidad son arrojados como residuos, por lo que se hace necesario aprovecharlos para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

De la misma manera, recientemente, las áreas urbanas han crecido desmesuradamente debido al crecimiento de la población, paralelamente a ello la construcción de infraestructuras, como edificios, pavimentos y otras estructuras hechas de hormigón, la misma que tiene como componente principal el cemento. La elaboración del cemento portland representa una de las causas de la contaminación ambiental por la presencia de dióxido de carbono y otros gases nocivos para el medio ambiente. Debido a la contaminación ambiental resultante, se prevé utilizar puzolanas sintéticas como cenizas de aserrín de eucalipto como sustituto parcial del cemento, debido a su alto contenido de sílice y alúmina.

Es por esto que surge la idea de utilizar la ceniza de aserrín de eucalipto como sustituto parcial del cemento en la preparación del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, como una posibilidad de aminorar la contaminación ambiental en todos los niveles (local, regional y nacional).

Por las consideraciones expuestas en los párrafos precedentes, en esta tesis se busca la respuesta a la siguiente pregunta: como **problema general**: ¿De qué manera influirá la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm², en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022?

Seguidamente, se describe la **justificación teórica**, con este presente proyecto se busca determinar el mejor porcentaje de sustitución de ceniza de aserrín de eucalipto en el diseño de mezclas de concreto $f'c=175$ Kg/cm², obteniendo resultados de las propiedades del concreto, las cuales serán como referencia para las futuras investigaciones referentes al uso de la ceniza de aserrín de eucalipto. **Justificación técnica**, la elaboración del concreto con reemplazo parcial de cemento por ceniza de aserrín de eucalipto es escasa, debido a la poca o nula información dentro del área de la construcción, se sabe que la industria ofrece aditivos para incorporar al concreto con la finalidad de mejorar la trabajabilidad, resistencia, etc. Sin embargo, tienen un costo elevado. **Justificación social**, el uso de la ceniza de aserrín de eucalipto, minimizará el grado de contaminación ambiental que produce la producción del cemento y por consiguiente influirá indirectamente en el tiempo de vida del ser humano. **Justificación económica**, el cemento es uno de los materiales más caros y el más utilizado en el área de la construcción; por tal razón, se propone utilizar las cenizas como sustituto parcial del cemento. De este modo podremos disminuir el costo de producción por m³ de concreto. **Y la justificación ambiental**, buscar otras alternativas para aminorar el uso excesivo del cemento, y en su reemplazo utilizar otros insumos que tengan propiedades semejantes, con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental.

El **objetivo principal** es evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm², en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022 y en consecuencia los **objetivos específicos** son: Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm², en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022; Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm², en la ciudad de Huanta –

Ayacucho 2022; Determinar el costo de producción de insumos por m³ de concreto $f_c=175$ Kg/cm², con la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.

La **hipótesis general** es: con la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto, se mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c=175$ Kg/cm², en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.

En el presente proyecto de investigación se busca contribuir con el avance tecnológico con la finalidad de mejorar el concreto convencional y aminorar el costo en la producción de concreto por m³; así mismo, si al sustituir parcialmente el cemento con ceniza de aserrín los resultados son positivos, podremos usar como una alternativa para sustituir parcialmente al cemento en la elaboración de concreto, contribuyéndole a la sociedad en obtener estructuras de calidad y a menor costo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Freites et al. (2013), en su: “Estudio de la resistencia a compresión en mezcla de concreto, sustituyendo el 10% en peso de cemento por ceniza de las hojas secas de palma chaguaramo como material puzolánico”, realizada en Venezuela en la Universidad Central de Venezuela, su objetivo era analizar la resistencia a compresión del concreto con la sustitución del 10% del cemento portland con cenizas de las hojas secas de la palma Chaguaramo (*Roystonea Oleracea*). En dicha investigación se concluyó que la resistencia a la compresión del concreto disminuyó un 6,71% con respecto al concreto patrón, además, la trabajabilidad de la misma disminuyó con respecto al patrón.

(Orrala & Gomez, 2015), en su tesis denominada: “Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de santa Elena”, Tesis de ingeniería civil, Universidad estatal península de santa Elena, Ecuador. Tuvo como objetivo estudiar la resistencia a la compresión del concreto adicionando puzolana obtenida de la calcinación de residuos de maíz. Llegando a la conclusión de que la ceniza de los residuos del cultivo de maíz puede ser utilizada como sustituto parcial del cemento para mejorar las propiedades de resistencia a la compresión en el hormigón, sin variar el proceso de obtención del mismo.

Chowdhury et al. (2015) realizó el estudio “Desarrollo de resistencia en hormigón con cemento mezclado con ceniza de madera y uso de modelos informáticos para predecir parámetros de resistencia”, el cual tuvo como objetivo evaluar la idoneidad de la ceniza de madera (WA) preparada a partir de la quema incontrolada del aserrín como sustituto parcial del cemento en el hormigón convencional. Para ello, se consideraron dos proporciones diferentes de agua a aglomerante (0,4 y 0,45) y cinco porcentajes de reemplazo diferentes de WA (5 %, 10 %, 15 %, 18 % y 20 %) y se incluyeron muestras de control para ambas proporciones de agua a cemento. Los resultados arrojaron que los parámetros de resistencia disminuyeron

ligeramente con el aumento del contenido de cenizas de madera en el hormigón, en comparación con la muestra de control. Sin embargo, la resistencia obtenida sigue siendo superior a la resistencia objetivo de 20 N / mm². Por lo tanto, se concluye que el uso de WA en el concreto ayuda a transformarlo de una preocupación ambiental a un recurso útil para la producción de un material cementante alternativo altamente efectivo.

Ahmed (2021) en su artículo de investigación “Comportamiento mecánico del concreto autocompactante: Efecto de la ceniza de madera y ceniza de carbón como reemplazo parcial del cemento” tuvo como objetivo desarrollar concreto autocompactante (SCC) con materiales de desecho disponibles localmente. Es decir, con cenizas de carbón y cenizas de madera, para optimizar el porcentaje de reemplazo parcial de cemento y lograr una resistencia similar al concreto normal para una relación agua-cemento (a/c) particular. Para ello, se han considerado las relaciones a/c de 0.50, 0.45 y 0.42, en donde todos los componentes se mantienen iguales para SCC excepto el porcentaje de reemplazo parcial de cemento por ceniza de carbón y ceniza de madera con las mezclas químicas ajustadas para obtener la auto-reducción. Finalmente, se concluyó que el porcentaje óptimo de reemplazo parcial de cemento por ceniza de madera y ceniza de carbón para lograr una resistencia similar a la del concreto normal convencional en una relación a/c particular es del 10 %. Por lo tanto, este estudio considera que la sustitución del cemento por cenizas de madera y carbón (hasta un 10 %) es una alternativa ecológica y sostenible al hormigón convencional.

Chiranjeevi et al. (2021) desarrolló “Una investigación experimental sobre las propiedades mecánicas del hormigón mediante la sustitución parcial del cemento por cenizas de madera y polvo fino de conchas marinas”. Este último tuvo como finalidad explorar el efecto de la ceniza de madera y el polvo fino de conchas marinas al reemplazar parcialmente el cemento en el concreto de grado M25. Para lograr este objetivo se determinaron diversas propiedades mecánicas del concreto reemplazando al Cemento Portland Ordinario con 5%, 10% y 15% de ceniza de madera y polvo fino de concha marina juntos. Se concluyó que la ceniza de madera y el polvo fino de conchas marinas han mostrado un efecto favorable sobre las propiedades mecánicas del hormigón.

Arunkumar et al. (2021) elaboraron la investigación “Mitigación de llantas de caucho de desecho y cenizas de madera de desecho mediante la producción de hormigón de geopolímero a base de ceniza de madera de desecho bajo en calcio cauchutado e influencia de la fibra de caucho de desecho en las propiedades de fraguado y el comportamiento mecánico”. Dicho estudio se realizó con el objetivo de proponer a las fibras de caucho como una alternativa para la producción del cemento. De esta manera se busca reducir el problema de liberación de emisiones de gases de efecto invernadero en la producción del cemento. Para ello, se adicionó caucho de desecho como fibra a una variación de 0.5, 1, 1.5 y 2% de fracciones volumétricas. Los resultados arrojaron que la adición de fibra hasta un 1% mejoró las propiedades de fraguado y los comportamientos mecánicos en todas las edades de curado. A la edad de 90 días, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de la mezcla de geopolímero con bajo contenido de calcio aumentaron en un 4,36 %, 6,25 %, 3,64 % y 10,62 %, respectivamente. Finalmente se concluyó que la adición de fibra de caucho residual hasta un 1% mejorará sustancialmente el rendimiento del hormigón de geopolímero con bajo contenido de calcio.

Farnaz et al. (2021) elaboraron el estudio “Eficacia del aserrín de desecho de madera para producir materiales de hormigón de resistencia media a baja” con el objetivo de analizar el uso de aserrín como agregado fino y determinar su influencia en las propiedades del concreto endurecido. Asimismo, se busca establecer la correlación entre el contenido de aserrín y los días de hidratación. Para ello, se agregó aserrín de madera sin tratar a las mezclas de concreto. Las mezclas de hormigón preparadas mediante la sustitución de agregados finos con aserrín en una proporción de 10 % a 60 % se evaluaron en cuanto a resistencia a la compresión, tracción y flexión junto con resistencia al sulfato durante cuatro períodos de hidratación diferentes. Los resultados arrojaron que la sustitución del aserrín hasta en un 10 % había mostrado una mejora del 14 % en la resistencia a la tracción a una edad madura, mientras que la sustitución superior al 20 % había empeorado negativamente la resistencia. Finalmente, se concluyó que el reemplazo del 10 % con aserrín es una medida óptima y de bajo costo en comparación de los agregados finos naturales, con respecto a las propiedades endurecidas

Shady et al. (2022) elaboraron la investigación “Hacia un hormigón sostenible: sustitución del cemento con ceniza de tallo de maíz egipcio” con el objetivo de explorar la factibilidad de producir ceniza de tallo de maíz a partir de la reserva egipcia y su aplicabilidad como reemplazo parcial del cemento en la producción de concreto. Para ello, se probaron tres proporciones diferentes de reemplazo de cemento (por peso), 5 %, 10 % y 15 %. Se concluyó que la mezcla reemplazada con 10 % de ceniza de tallo de maíz mostró una reducción del 15 % y 11 % en la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días en comparación con la mezcla control, sin embargo, mostró un aumento del 2 % a los 56 y 90 días.

De Souza et al. (2022) desarrollaron el estudio “La evaluación de Wood Ash como una posible medida preventiva contra la expansión y el deterioro inducidos por la reacción álcali-sílice” con el objetivo de estudiar el rendimiento de la ceniza de madera (WA), un subproducto de la combustión de biocarbón, como medida preventiva contra la reacción álcali-sílice (ASR). Para esta investigación se seleccionaron dos agregados altamente reactivos (es decir, fino y grueso) y diferentes niveles de reemplazo de WA (es decir, 10 %, 20 %, 50 % y 60 %) y se realizaron pruebas aceleradas en el laboratorio. Los resultados arrojaron que la mezcla que incorporaba un 50 % de sustitución de WA se consideró no reactiva según la norma ASTM C1567 /CSA A23.2–28A. Finalmente se concluyó que la WA mostró cierta eficiencia en la mitigación de la expansión inducida por ASR a través de la prueba de barra de mortero acelerado (AMBT).

Gugoloth & Jaya (2022) elaboraron el estudio “Efecto de la ceniza de paja de arroz y microsílíce en la resistencia y durabilidad del concreto” con el objetivo de analizar las propiedades del concreto que utilizó a la micro sílice y la ceniza de paja de arroz se utilizan como reemplazos limitados del cemento en el concreto. Dicho reemplazo se realizó en proporciones variadas de 0 a 20 % y posteriormente, se probaron las propiedades mecánicas sobre concreto de varias proporciones, así como también se ejecutaron pruebas de durabilidad durante 56 días en 28 días de muestras portátiles curadas con agua. Los resultados arrojaron que la mezcla con un 20 % de reemplazo (10 % de micro sílice y 10 % de ceniza de paja de arroz) tuvo un aumento del 23,21 % en la compresión, un aumento del 28,25 % en la tracción dividida y un aumento del 29,35 % en la resistencia a la flexión en comparación con

la mezcla nominal. Finalmente se concluyó que este reemplazo ha ocasionado que la muestra de concreto tenga valores altos en las propiedades de resistencia mecánica, resistencia a los sulfatos y resistencia a los ácidos.

Tavares et al. (2022) desarrollaron el estudio “Uso de ceniza de hoja de plátano como reemplazo parcial del cemento Portland en hormigones ecológicos” con la finalidad de proponer el uso de ceniza de hoja de plátano (BLA) como reemplazo parcial del cemento Portland (PC) en hormigones ecológicos. Para ello se elaboraron hormigones con sustitución de PC por BLA a niveles de 0, 5, 10 y 15% en relación al peso del ligante, analizando sus propiedades físicas (consistencia, densidad aparente, densidad seca y absorción de agua), mecánicas (resistencia a la compresión) y comportamiento microestructural (SEM y TGA). Los resultados indicaron que los hormigones con BLA obtuvieron mejoras en las propiedades físicas y mecánicas con el aumento del contenido de sustitución hasta en un 10%. Finalmente, se concluyó que el concreto con BLA-10 tuvo mejoras significativas en su desempeño y propiedades investigadas, convirtiéndose en una alternativa ambientalmente amigable para la producción del compuesto.

Nengsen et al. (2022) desarrolló la investigación “Uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar en concreto de ultra alto rendimiento (UHPC) como reemplazo del cemento” con el objetivo de analizar el rendimiento del concreto de ultra alto rendimiento (UHPC) ecológico con ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) como reemplazo del cemento. Los resultados arrojaron que, en comparación con el grupo de control, el UHPC preparado con una tasa de reemplazo del 40 % obtuvo un buen desempeño integral. La contracción autógena disminuyó en un 24,48 % y la resistencia a la compresión fue casi la misma que la del grupo de control. Finalmente, se concluyó que la aplicación de SCBA en UHPC como reemplazo del cemento no solo mantiene la resistencia a la compresión, sino que también mejora la trabajabilidad y disminuye la contracción autógena de la pasta UHPC.

ANTECEDENTES NACIONALES

Galicia & Velásquez (2016) en su investigación para optar el título profesional denominada: “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 $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ” de la Universidad Andina del Cusco, tuvo como objetivo principal analizar la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y consistencia del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado diferentes porcentajes de ceniza de rastrojo de maíz. Llegó a la conclusión de que la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y consistencia de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de rastrojo de maíz, mejora comparativamente con respecto a la de un concreto patrón.

Villanueva (2018), en su investigación para optar el título profesional denominada: “Resistencia de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución de 15% de cemento por cenizas de eucalipto de hornos artesanales”, en la Universidad San Pedro del departamento de Ancash, propuso como objetivo determinar la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo el cemento en 15% por ceniza de eucalipto de hornos artesanales, para lo cual se prepararon 9 probetas de concreto patrón y 9 probetas de concreto experimental, luego se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión a los 07, 14 y 28 días. Se llegó a la conclusión de que con la sustitución del 15% de ceniza de eucalipto incrementó su resistencia la compresión a los 28 días en un 1.5% con respecto al concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en comparación de un concreto patrón.

Pérez (2018), en su investigación para optar el título profesional denominada: “Resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto”, en la Universidad San Pedro del departamento de Ancash, propuso como objetivo determinar la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de eucalipto. Después de los ensayos realizados se concluye que, la sustitución del cemento con 4% y 8% de cenizas de tronco de eucalipto, se logró incrementar la

resistencia del concreto en un orden del 1.75% y 9.37% por encima del concreto patrón, respectivamente.

Samuel (2018), en su investigación de tesis denominada: “Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto”, en la Universidad San Pedro del departamento de Ancash, propuso como objetivo determinar la resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ Kg/cm² con sustitución de cemento por ceniza de hoja de eucalipto y polvo de cáscara de huevo. Después de los ensayos realizados a la resistencia del concreto se concluyó que la resistencia a la compresión del concreto superó la resistencia de un concreto patrón.

Cigüeñas (2020), en su investigación para optar el título profesional denominada: “Determinación del comportamiento mecánico del concreto con adición de aserrín” de la Universidad Antenor Orrego de Trujillo, propuso como objetivo determinar la influencia del aserrín en el comportamiento mecánico del concreto. Se concluyó que con la adición de aserrín de madera al concreto $f'c= 210$ kg/cm², mejora el estado fresco del concreto, específicamente en el slump o asentamiento, y la otra conclusión es que el concreto con adición de 0.5% de aserrín mejoró en un 12 % la resistencia a la compresión, en tanto el concreto con adición de 1.0% de aserrín solo llegó a mejorar en un 1.8%.

Coronel et al. (2021) elaboraron el estudio “Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades del concreto” con el objetivo de evaluar el efecto que produce la ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA) en las propiedades del concreto al reemplazarlo como cemento. Para hacer esto posible, se realizaron diseños de mezcla para resistencia $f'c =280$ kg/cm² y $f'c =350$ kg/cm², con dosificaciones Patrón, 5%, 10%, 15 % y 20% de sustitución. Los resultados arrojaron que la adición de CBCA no mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto. No obstante, la dosificación con 5% de sustitución proporciona valores cercanos a la muestra patrón en el ensayo a compresión, para la resistencia a flexión la dosificación de 10% mejora sustancialmente con respecto a la mezcla patrón a los 28 días de curado. Finalmente, se puede concluir que la ceniza de bagazo de caña de azúcar es recomendable para dosificaciones del 10 %.

Angaspilco et al. (2021) elaboraron el estudio “Uso de cenizas de carbón para mejorar la resistencia a la compresión del concreto”. Esta investigación fue desarrollada con el objetivo de evaluar el uso de cenizas de carbón en la optimización de la resistencia del hormigón. Para hacer esto posible, se realizó el análisis de 61 artículos científicos de actualidad, identificando información referente al uso de cenizas de carbón para mejorar la resistencia a la compresión del concreto. Los resultados arrojaron que la resistencia promedio del hormigón habitual a los 28 días fue de 221 kg/cm², con 2,5% de cenizas fue de 223 kg/cm², con 5% fue de 231 kg/cm², con 10% fue de 200 kg/cm² y con el 15 % fue de 192 kg/cm² respectivamente. Finalmente, se concluyó que las cenizas de carbón usadas en proporciones menores al 10% mejoran la resistencia del hormigón.

Salas (2018) elaboró el estudio “Incremento de resistencia a la compresión del concreto obtenido a través de adición de ceniza de rastrojo de maíz” con el objetivo de estudiar la variación de la resistencia a la compresión del concreto adicionado con ceniza. Para ello, se trabajó usando el método hipotético deductivo, con un diseño experimental. Los resultados arrojaron que la resistencia a la compresión es superior en 47,48 % con respecto al concreto patrón evaluado a los 28 días. Finalmente, se pudo concluir que este material mejora de manera significativa la resistencia del concreto a la compresión.

Barrientos (2020) elaboró el estudio “Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica”. La mencionada investigación fue ejecutada con el objetivo de analizar y comparar los ensayos y estudios que se han realizado con el concreto y el uso de materiales en la mezcla como fibras de vidrio, fibras metálicas y ceniza volcánica. Para hacer esto posible, se empleó un método descriptivo interpretativo con apoyo de la investigación documental de bases de datos como la de Scopus. Los resultados arrojaron que los estudios realizados fueron positivos, dado que se mejoró resistencia a la tracción y el agrietamiento disminuyó aportando valor a las diferentes estructuras a realizar. Finalmente, se concluyó que estos elementos estructurales ya tienen comprobación por diferentes medios científicos para ser usados en las diferentes obras civiles.

Huaquisto & Belizario (2018) elaboraron el estudio “Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento” con el objetivo

de diseñar mezclas de concreto, mediante la adición de ceniza volante de tal manera que no disminuya la resistencia y ayude a mitigar el medio ambiente. Se realizaron adiciones de ceniza volante en proporciones de 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% para edades de 7, 14, 28 y 90 días. Los resultados arrojaron que a los 28 días se tienen resistencias en promedio de 221 kg/cm² para concreto normal, para concreto con 2.5% de ceniza volante 223 kg/cm², para el 5.0% 231 kg/cm², para el 10.0% 200 kg/cm² y 192 kg/cm² para el 15% de ceniza volante respectivamente. Finalmente, se concluyó que la ceniza volante se debe utilizar como sustitución al cemento en un rango menor al 10%.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

EL CONCRETO

Abanto (2009), menciona que “el concreto es una combinación del cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en una relación adecuada” (p.11).

Torre (2004) menciona que el concreto es:

Un material que surge de la mezcla del cemento, agua y agregados, a las cuales en algunas veces se agrega aditivos. La mezcla de estos componentes produce una masa plástica moldeable; sin embargo, después de un cierto tiempo se convierte en rígida y empieza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para luego convertirse en un concreto endurecido. (p.74)

Rivva (2000) El concreto es un producto artificial constituido de un medio ligante llamado pasta constituida por material cementante y el agua, dentro del cual se encuentran impregnados los agregados finos y gruesos.

Kosmatka et al. (2004), menciona que “el concreto es una mezcla de: agregados y pasta. La pasta compuesta por cemento portland más agua, tiene la función de unir los agregados compuestos por arena y grava, creando una masa parecida a una roca” (p.1).

CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO

Abanto (2009) clasifica el concreto en diez tipos, las cuales son:

Concreto simple: Es la combinación de cemento Portland, agregado fino, grueso y agua.

Concreto armado: Es la unión de concreto simple y acero (armadura) como refuerzo. El acero se añade para soportar los esfuerzos de tracción y aumentar la resistencia a la compresión de este material

Concreto bombeado: Son concretos que, a través de tuberías, son impulsados por bombeo, a hacia su ubicación final.

Concreto ciclópeo: Es el concreto simple adicionado con piedras de tamaño máximo de 10". Estas cubren hasta el 30% como máximo del volumen total.

Concreto estructural: Son concretos dosificados, mezclados, transportados y colocados considerando a las especificaciones, las cuales aseguran la resistencia y durabilidad preestablecida en el diseño.

Concreto liviano: Concreto con agregados livianos, su peso unitario varía entre 400 kg/m³ y 1700 kg/m³.

Concretos pesados: Estos concretos se preparan con agregados pesados, donde su peso unitario fluctúa desde 2800 a 6000 kg/m³.

Concreto Premezclado: Es aquel tipo que se dosifica en planta. Puede ser fabricado en la misma planta o en camiones mezcladores, para su posterior traslado en obra.

Concreto prefabricado: Son fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la obra.

Concretos normales: Su preparación es con agregados normales donde su peso unitario fluctúa desde 2300 a 2500 Kg/m³. (p.12-14)

COMPONENTES DEL CONCRETO

Para Pasquel (1998), el concreto "está constituido por cuatro componentes las cuales son: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo" (p.13).

Figura 1

Componentes del concreto



Fuente: Elaboración propia

EL CEMENTO

Para Abanto (2009), el cemento es un material en polvo que forma, en adición con el agua, una solución salina o una pasta plástica aglomerante que es capaz de aglomerar, endureciendo su composición. Esencialmente el cemento es obtenido por cocción a alta temperatura de una mezcla artificial de piedra caliza y arcilla, y trituración fina del Clinker, mezclados con yeso.

El Comité técnico de Normalización de Cementos, Cales y Yesos (2005), define al cemento Pórtland como un cemento hidráulico producto de la pulverización del componente principal de los cementos: el Clinker. Este se obtiene cocinando una mezcla cantidad apropiada de piedra caliza y arcilla, en proporción promedio respectivo de 80%/20%, es decir:

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

Gutiérrez (2003), define a la palabra cemento para designar a todas las sustancias que poseen condiciones de pegante cualquiera sea su origen. Y al cemento portland lo define como resultado de la pulverización del Clinker y yeso. El Clinker es el resultado de la calcinación de materiales silíceos, calcáreos y férricos.

Materias primas del cemento Pórtland

(Torre, 2004), Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Portland son:

- ✓ Yeso: Brinda contenido de sulfato de calcio.

- ✓ Materiales arcillosos: La sílice debe encontrarse entre 60% y 70%, debido a que proveen dióxido de silicio y óxido de aluminio. En este grupo están las pizarras, esquistos y arcillas en general.
- ✓ Minerales de hierro: Proporcionan mínimas porciones de óxido férrico, los cuales vienen con arcilla.
- ✓ Materiales calcáreos: El carbonato de calcio (Co_3Ca) que debe contener estará en dosis de 60% a 80%. En esa misma línea, la magnesia deberá ser menor del 1.5% de. Se pueden mencionar a las margas, cretas v calizas, las cuales suministran el óxido de calcio o cal. Según, (Rivva, 2010) el Óxido de Calcio (CaO) debe estar dentro del rango del 60% al 67%.

Tabla 1

Porcentaje de Óxidos en el cemento Portland

NOMBRE	COMPOSICIÓN	VALOR
Óxido de Calcio	(% CaO)	61 - 67
Óxido de Silicio	(% SiO_2)	20 - 27
Óxido de Aluminio	(% Al_2O_3)	4 - 7
Óxido Férrico	(% Fe_2O_3)	2 - 4
Trióxido de Azufre	(% SO_3)	1 - 3
Óxido de Magnesio	(% MgO)	1 - 5
Óxido de Potasio y Óxido de Sodio	(K_2O y Na_2O)	0.25 - 1.5

Fuente: Imagen extraída del libro de (Pasquel, 1998)

Tipos de cemento portland

Con base en lo mencionado por Abanto (2009), los cementos Portland se producen en 5 tipos, con base en las especificaciones de las Normas para el cemento Portland (C150).

- ✓ **TIPO I:** Usado de forma general en obras de concreto, en caso no se especifique el uso de las otras 4 clases.
- ✓ **TIPO II:** Cemento destinado a obras con exposición moderada a sulfatos o casos donde se demande un calor de hidratación moderado.
- ✓ **TIPO III:** Cemento con una alta resistencia al principio. El concreto que lo incluya en su preparación desarrolla un valor de

resistencia de 28 días en 3 días, por concretos que emplearon con cemento tipo I o tipo II.

- ✓ **TIPO IV:** Cemento con un bajo calor de hidratación.
- ✓ **TIPO V:** Cemento con una alta resistencia a los sulfatos. Una muestra de ello es su uso en estructuras hidráulicas expuestas al agua del mar o con alto contenido de alcálisis.

EL AGUA EN EL CONCRETO

Tekin et al. (2021), El agua en el concreto facilita la hidratación del cemento y hace trabajable la mezcla. Para asegurar la hidratación normal del concreto, es necesario que la cantidad del agua sea del orden del 25% de la masa de cemento (índice A/C). Si el concreto se prepara de esta manera, será muy duro, por lo que se aumenta el volumen de agua para aumentar la trabajabilidad y plasticidad de la mezcla

(Rivera, 2005) El agua que no participó en el proceso de hidratación del cemento reducirá la densidad de la solución del concreto, formará poros y reducirá significativamente las características de resistencia. Con una relación agua-cemento superior a 0.6, existe la posibilidad de separación del hormigón. Para mejorar la trabajabilidad de la composición y mantener un índice A/C bajo, se utilizan rellenos especiales en la solución concreta: superplastificantes y plastificantes.

Cuando el concreto adquiere cierta resistencia, el exceso de agua ya no afecta el aumento del volumen de la composición, no separa los componentes de la mezcla y llena solo los poros. La hidratación del cemento lleva mucho tiempo; es decir, si el hormigón o concreto se cuida adecuadamente, ganará fuerza con el paso de los años (Godoy & Gándara, 2018). Tal afirmación es cierta bajo las siguientes condiciones: cuando se proporciona un régimen de temperatura positivo y alta humedad (más del 90%). Por lo tanto, Canul et al. (2016) plantean que, con un conjunto intensivo de características de resistencia, la superficie de concreto se mantiene húmeda durante los 28 días de endurecimiento estándar. De esto se puede concluir que cuando la composición se endurece, el exceso de agua reducirá

la calidad de la estructura y, después del fraguado, es necesario proporcionar humedad (Banjo, 2021).

EL AGREGADO

Los áridos o agregados, según Nurako et al. (2020) son materiales de origen natural o artificial, con una determinada composición de grano. Junto con el aglutinante y el agua, los áridos forman una mezcla de hormigón o mortero. Dependiendo de las propiedades físicas y mecánicas, los áridos confieren al hormigón diferentes características técnicas. Por ejemplo, los materiales porosos livianos reducen la densidad promedio de una solución de concreto, mientras que los pesados aumentan la hidrofobicidad y la protección contra la radiación penetrante (Meko & Ighalo, 2021).

Clasificación del agregado

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

- ✓ **Agregado fino:** El agregado fino es necesario para reducir los vacíos entre las partículas de agregado grueso. La resistencia del hormigón depende de qué tan bien se localicen las partículas. Preferiblemente, se utiliza arena como árido fino. Su principal ventaja es el tamaño de grano mínimo, que es de 0.16 - 5 mm, así como la alta densidad: 1,8 g/cm³ (Kazi et al., (2020)
- ✓ **Agregado grueso:** Los agregados gruesos más comunes son la grava y la piedra triturada, sus partículas deben estar en el rango de 5-70 mm. Sin embargo, las dimensiones dependen en gran medida del tipo de hormigón. Por ejemplo, el tamaño de los agregados para el concreto pesado utilizado en estructuras masivas puede ser de hasta 150 mm (Yan, et al. (2022)
A diferencia de la grava, los granos de piedra triturada tienen una forma angular cercana a la cúbica. Debido a la rugosidad, tales partículas se adhieren mejor al cemento. Por lo tanto, la piedra triturada se utiliza exclusivamente para obtener hormigón de alta resistencia (Ruiz et al., (2020)
Para analizar la calidad de un gran relleno, es necesario determinar su composición mineral y granular. Además, se debe prestar atención al grado

de resistencia de la roca original. Debe ser 2 o al menos 1,5 veces la resistencia del hormigón del grado correspondiente (Karen, 2018).

- ✓ **Hormigón:** Se define como la unión de arena y grava. Se puede encontrar naturalmente en la corteza terrestre y se utiliza directamente una vez es extraído de la cantera (Teixera et al. (2019)

HIDRATACIÓN Y CURADO DEL CONCRETO

Se entiende como la reacción química del cemento y el agua, cuando estos se combinan. El curado del hormigón debe llevarse a cabo de forma continua después de la construcción de la superficie del hormigón, hasta que se detenga el proceso (Swaptik et al. (2015). Del mismo modo, según Zubaid et al. (2021) es necesario que, durante la ejecución de este proceso, el concreto no pierda agua durante la hidratación y la ganancia de resistencia. Asimismo, es importante evitar vibraciones fuertes que rompan la tracción.

En este sentido, Coronel et al. (2022) Indican que las condiciones óptimas para el endurecimiento del hormigón se dan con una temperatura de unos 18 °C. Con una disminución de la temperatura, la velocidad de curado disminuye hasta que se detiene por completo a temperaturas inferiores a +5 ° C. Por otro lado, con un aumento de la temperatura del aire, existe el riesgo de que el hormigón se seque, y dado que el cemento es un aglutinante del endurecimiento por agua, el secado conduce a una disminución de la resistencia (Farfán & Pasto, 2018).

PROPIEDADES DEL CONCRETO

Entre las principales propiedades de este material constructivo se pueden mencionar a:

- ✓ **Trabajabilidad.**

(Rivva, 2010), La trabajabilidad refleja la facilidad de colocación, compactación y acabado del concreto fresco. Por un lado, el concreto debe tener una movilidad moderada y, por otro lado, no debe dividirse en componentes y liberar lechada de cemento en exceso. Se entiende por lechada la migración de agua a la superficie superior del hormigón recién puesto, provocada por el asentamiento de partículas sólidas (debido a la vibración y la gravedad). La lechada excesiva aumenta el contenido de agua

de la superficie superior del hormigón y hace que la capa superior sea menos duradera. Si se realiza el trabajo de acabado mientras hay agua en la superficie, será menos resistente al desgaste. Debido a la tendencia del concreto fresco a separarse y liberar agua, es muy importante colocar cada lote de concreto lo más cerca posible del lugar.

✓ **Consistencia**

(Rivva, 2010), El concreto debe ser dúctil o semilíquido y generalmente puede formarse con la palma de la mano. También se puede formar una mezcla de hormigón muy fluida, si no con la palma de la mano, entonces con un molde. En una mezcla de concreto plástico, todos los granos de arena y otros agregados están encerrados y "suspendidos" en la pasta de cemento. Los ingredientes no suelen separarse durante el transporte, y cuando el hormigón se endurece, se convierten en una mezcla homogénea de todos los componentes. El concreto preparado correctamente debe ser plástico, no grumoso, pero debe fluir lentamente sin separarse en componentes.

Ensayo de consistencia.

El ensayo de consistencia, "Slump test" o prueba de cono de hormigón permite evaluar la plasticidad del hormigón utilizando un dispositivo en forma de tronco de cono para este fin. En otras palabras, se determina la trabajabilidad del hormigón. La trabajabilidad de las mezclas de hormigón está directamente relacionada con la cantidad de agua que se les añade. Otra cosa muy importante aquí es el volumen de plastificantes por 1 metro cúbico. Se considera inactivo un material de construcción que contiene el menor de los componentes anteriores.

Equipo

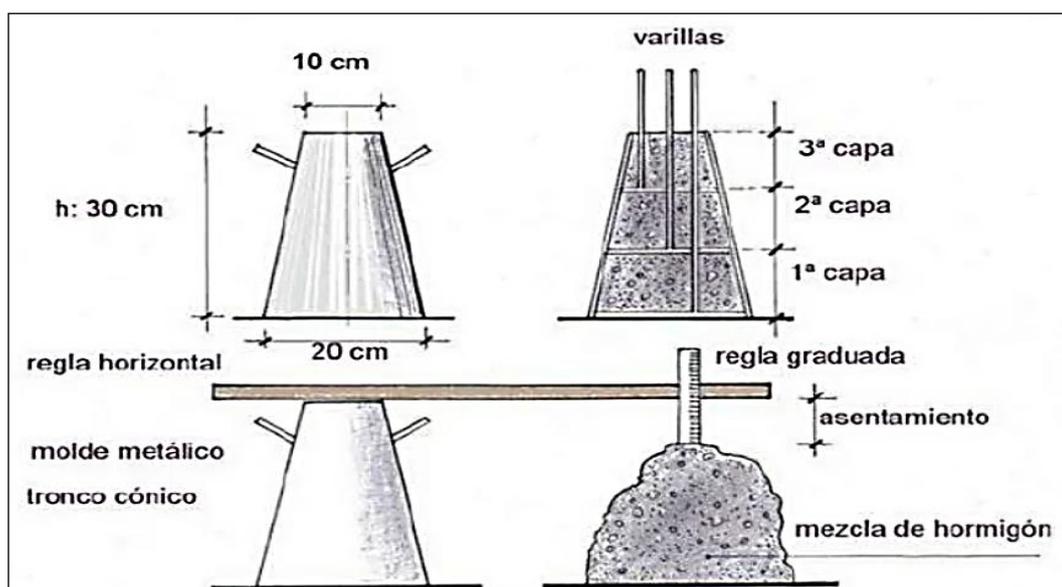
Se utiliza un molde de metal en forma de cono, cuyas dimensiones dependen del tamaño de las fracciones de piedra trituradas. Por ejemplo, una estructura con una altura de 300 mm, un diámetro pequeño de 100 mm y un diámetro grande de 300 mm, con un volumen interno de 7 litros. El molde corresponde a una plancha de acero con 1.5 mm de espesor.

Procedimiento del ensayo

- Primero se revisa la superficie interna del cono, debe estar limpia, seca y libre de excesos de mortero de cemento fraguado;
- Luego se coloca el cono sobre una superficie plana que no permita el paso de la humedad, preferiblemente sobre una lámina de acero.
- Al llenar con concreto, el trabajador necesita sostener el cono.
- Luego se penetra la mezcla con una varilla de metal de 20 cm de largo y 15 mm de diámetro, que está en punta en la región inferior.
- Se realizan un total de 25 varillados en total de 3 capas hasta que el cono quede lleno de mezcla.
- Además, mientras se elimina el exceso de mezcla cerca del cono, este último debe mantenerse.
- El hormigón sin forma comenzará a asentarse. Una vez que se completa el asentamiento, se mide la altura del concreto.
- Para medir el asentamiento, se utiliza un dispositivo especial, en el que el brazo horizontal se ubica a un intervalo de 300 mm verticalmente desde la placa base. También puede medir desde el borde superior de la forma de cono.

Figura 2

Procedimiento de la medición del asentamiento del concreto (Slump)



Nota: Imagen extraída del internet, revista control de calidad de concreto

Tabla 2*Clases de consistencia*

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto, (2009)

✓ Resistencia

(Rivva, 2010) Es una de las principales propiedades del concreto, que se mide en megapascales, determinando así la máxima exposición a la gravedad de la que es capaz de soportar este material de construcción. A medida que interactúan las sustancias que componen el agua y el cemento, la resistencia del hormigón puede aumentar. Este proceso se llama hidratación. Cada hormigón se caracteriza por factores de resistencia, que se indican en la especificación técnica. No obstante, esta propiedad aparece solo después de cuatro semanas. El tiempo de curado del hormigón depende de varios factores. En primer lugar, este proceso está influenciado por la época del año y la temperatura del aire.

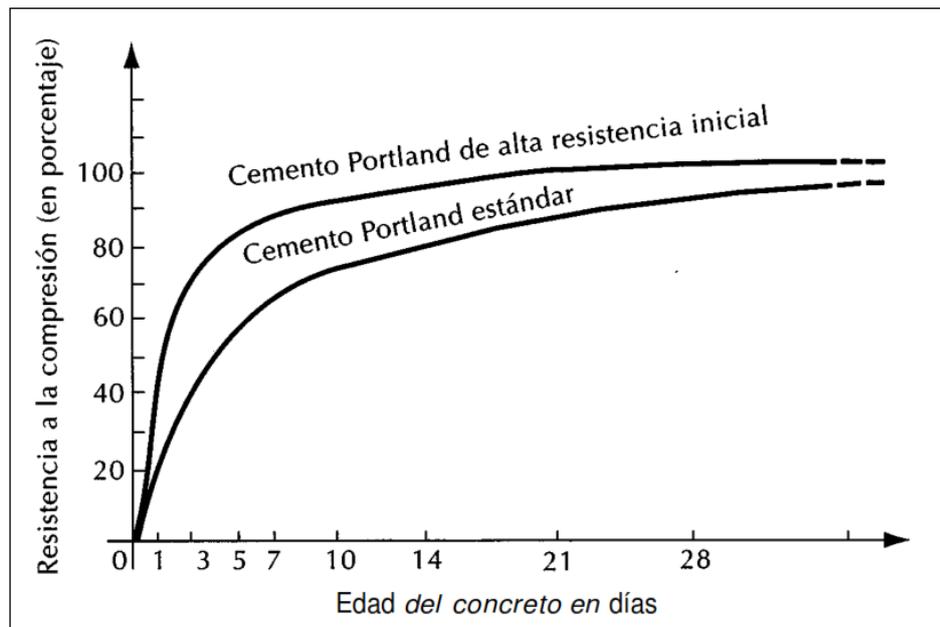
En condiciones normales, la resistencia del hormigón aumenta activamente en la primera semana después de la colocación. En el séptimo día, el nivel de fuerza alcanza hasta el 70 % de los estándares de producción. Al mismo tiempo, es demasiado pronto para cargar la mezcla de hormigón, pero ya no necesita encofrado. El factor de fuerza máxima se alcanza sólo a fin de mes.

(Gutierrez, 2003), Con un aumento en la temperatura del aire, se acelera el endurecimiento de las mezclas de concreto. Lo principal en este caso es observar el porcentaje de humedad en el material. Si el mortero se seca demasiado rápido, el aumento de la fuerza se detiene. En este sentido, los edificios de hormigón recién construidos se rocían con vapor caliente o se cubren con arpillera húmeda.

(Gonzales Cuevas & Robles Fernández, 2005), señalan que la resistencia del concreto aumenta a través del tiempo, debido al proceso continuo de hidratación del cemento, como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 3

Variación de la resistencia del concreto con la edad



Fuente: imagen extraída de (Gonzales Cuevas & Robles Fernández, 2005)

✓ **Peso Unitario**

(Rivva, 2010), el peso unitario es definida como la densidad del concreto a la división del peso varillado entre el volumen total de una muestra. Se representa en kg/m^3 . El PU de los concretos livianos, preparadas con agregados de baja gravedad específica pueden estar en valores de 480 a 1600 kg/m^3 , mientras tanto el PU de los concretos pesados, preparados con alta gravedad específica pueden llegar hasta 5000 kg/m^3 .

(Giraldo, 1987), menciona que según el peso unitario se pueden clasificar en tres tipos de hormigón.

Tabla 3*Clasificación del Concreto según su Peso Unitario*

DESCRIPCIÓN	PESO UNITARIO (KG/M3)	USOS
Hormigón liviano	500 - 2000	En materiales prefabricados, cubiertas para aislamiento térmico y en estructuras en general donde se justifique la disminución de la carga permanente
Hormigón normal	2000 - 3000	En cualquier construcción
Hormigón pesado	3000 - 7000	Como contrapeso en puentes basculantes y en estructuras de aplicación biológica (radiaciones atómicas)

Fuente: (Giraldo, 1987)

✓ **Temperatura**

(Rivva, 2010), Al ser mezclado el concreto, la temperatura de esta es influenciada por la temperatura y el calor específico de los insumos que constituyen dicha mezcla. En climas cálidos es recomendable el rociado con agua fría el agregado grueso, sin embargo, en climas fríos es recomendable calentar el agregado grueso para obtener la temperatura adecuada del concreto.

✓ **Resistencia a las heladas**

(Rivva, 2010), Esta propiedad del material de hormigón se establece congelando alternativamente en un congelador a una temperatura de 15 a 20 grados y descongelando en agua a las mismas temperaturas. El ensayo se realiza una semana después del secado por calor o después de cuatro semanas de solidificación de la muestra de hormigón en condiciones normales. La resistencia a las heladas de las estructuras de hormigón se ve afectada por las características cualitativas de los componentes utilizados en la fabricación del mortero, así como por el nivel de porosidad. Si está por debajo del 7%, aumenta la resistencia a las temperaturas bajo cero.

✓ **Durabilidad**

(Rivva, 2010), La durabilidad y resistencia a las reacciones químicas de la mezcla de construcción depende de muchos factores. Aquí juega un papel importante la alta densidad y el bajo nivel de porosidad del material.

✓ **Resistencia al fuego**

(Laura, 2006), Esta propiedad es bastante alta en las mezclas de construcción de cemento. En efecto, durante el calentamiento de la estructura de hormigón, los hidratos cristalinos de la piedra de cemento se desintegran y se libera por adsorción un líquido ligado químicamente que, al evaporarse, absorbe casi todo el calor. Mediante este proceso se reduce el impacto de las altas temperaturas sobre el hormigón. Al mismo tiempo, durante el calentamiento intensivo de las estructuras de hormigón, las partículas de la mezcla de cemento y el agregado que se le agrega se expanden. Esto conduce a una fuerte tensión dentro del material de construcción, como resultado, se reduce el acoplamiento entre sus componentes y se reducen sus características de resistencia.

✓ **Impermeabilidad**

(Marrufo, 2015), La impermeabilidad o también llamada resistencia al agua depende del número de poros dentro de la solución. Cuanto menor es su porosidad, más resistente es a la humedad. Si es necesario mejorar esta propiedad, se agrega a la mezcla un sellador de aluminato de sodio, así como aditivos repelentes al agua durante la preparación. Es preciso indicar que los productos derivados del petróleo tienen una tensión superficial más baja que el agua, lo que les permite filtrarse fácilmente a través del hormigón normal. Para reducir este proceso, se agregan a la solución cloruro férrico y otras sustancias similares. En esa misma línea, es posible aumentar rápidamente la resistencia al agua de la mezcla de concreto, así como reducir la permeabilidad de los productos derivados del petróleo en el concreto, reemplazando el cemento Portland estándar por uno en expansión.

✓ **Densidad**

(Salas, 2018), La densidad de una estructura de concreto se ve afectada por la estructura del mortero utilizado. Los cementos de diferentes marcas tienen diferentes pesos específicos. Lo mismo se aplica a la piedra triturada, cuya densidad depende del tamaño del grano, así como del tipo de material. La densidad del hormigón tiene un efecto directo sobre su resistencia. Cuanto mayor sea la propiedad de densidad, más fuerte será la resistencia final. La densidad de la solución aumenta si, durante su fabricación, se colocan uniformemente los agregados apropiados. Las manipulaciones de vibración con la solución durante su vertido también son capaces de aumentar esta propiedad.

(Rivva, 2010), los materiales de hormigón con alta porosidad no tienen una densidad normal, y por lo tanto su resistencia a las reacciones químicas y los cambios de temperatura disminuyen. De la misma manera, su resistencia a la humedad decrece, dando como resultado una mala durabilidad.

ENSAYOS DE LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

El control de la resistencia del hormigón es una etapa importante en los trabajos de diseño y construcción. La operación segura y la durabilidad de las estructuras dependen de la calidad y confiabilidad del material. Verum realiza pruebas exhaustivas de muestras de hormigón y garantiza condiciones favorables para la cooperación (Marrufo, 2015).

Importancia:

La evaluación de la resistencia de las estructuras de hormigón implica medir las fuerzas mínimas a las que las muestras de control preparadas se destruyen bajo su carga estática. Los cubos de hormigón se utilizan a menudo como productos de prueba, cuyos parámetros, preparación y métodos de prueba están regulados (Marrufo, 2015).

Equipo:

(Marrufo, 2015), Al preparar especímenes, las muestras seleccionadas de la mezcla de concreto se colocan en formas especiales de tamaños establecidos. Un día después de la compactación, se desmoldan, lubrican y endurecen, después de

lo cual los cubos están listos para probar la resistencia del hormigón. Para determinar la resistencia a la compresión, las muestras se colocan en una prensa especial, sujetas a una presión creciente.

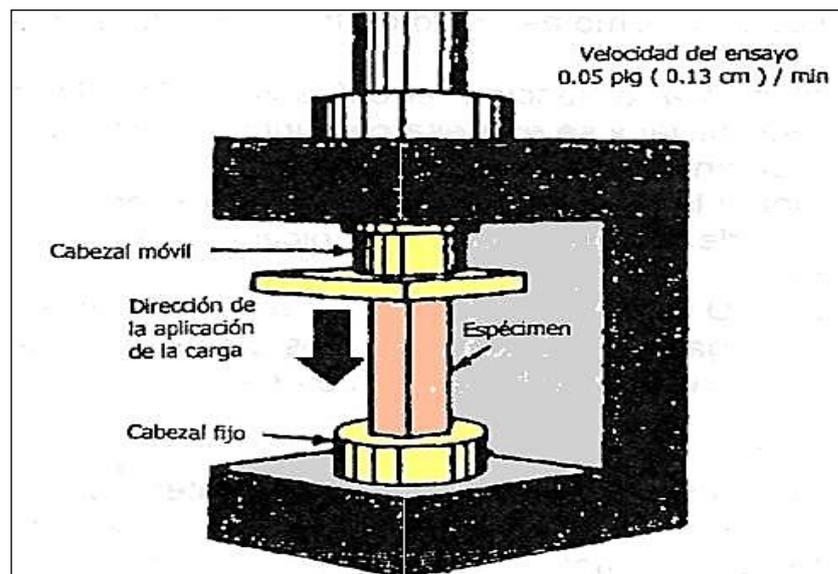
Procedimiento de ensayo:

(Marrufo, 2015), En condiciones de laboratorio, se comprueba la resistencia de cubos o vigas de determinado tamaño mediante estos procedimientos:

- ✓ Se vierten los especímenes en moldes para mezcla de hormigón.
- ✓ Antes de probar muestras de concreto, se recopila información sobre el material, se solicitan certificados de calidad y, en base a esto, se selecciona el modo de prueba óptimo.
- ✓ Durante la prueba, el cubo se presiona en una prensa hidráulica hasta que se rompe.
- ✓ Es importante que durante el proceso de verificación no se triture un solo ejemplar, sino una serie de muestras.
- ✓ Las medidas obtenidas se promedian y los resultados se registran en el informe de prueba. Esto logra una reducción en el error.

Figura 4

Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto



Nota: Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión del concreto. Imagen extraída del internet.

EUCALIPTO

El eucalipto es un árbol de hoja perenne, de crecimiento rápido, con un sistema radicular poderoso y madera fuerte, de hasta 60 a 80 m de altura y un diámetro de tronco de 1 a 2 m. (Sallés & Renobale, 2001).

PLANTACIÓN DE EUCALIPTO EN PERÚ

En los últimos 15 años, Perú ha fortalecido con programas de plantación de eucaliptos. En el año 1975, la extensión total de plantas era de 92,882 hectáreas. El objetivo de la forestación con ese tipo de plantas es producir madera industrial, ademas para las empresas mineras, para las construcciones rurales, leña, postes, etc. La especie principal considerada es *E. globulus*, especie que fue introducida en 1860 en el Perú y ha dado resultados óptimos. Los suelos empleados para la forestación con eucalipto suelen ser rocosos y ligeramente ácidos, deficientes en nitrógeno y en materia orgánica, con un bajo contenido de fósforo asimilable, pero un elevado contenido de potasio (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 1981).

Figura 5

Plantas de eucalipto



Nota: Árboles de eucalipto en el Centro Poblado de Huancayocc, distrito y provincia de Huanta – Región Ayacucho. Elaboración propia.

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LOS EUCALIPTOS

Corteza

La corteza de la madera de eucalipto es liviana, dura, duradera y resistente a la descomposición, por lo que se usa en la construcción naval, la construcción de automóviles, para la decoración interior de casas, y también se produce alcohol de madera y ácido acético. ONU (1981).

Hojas

Las hojas de eucalipto se recolectan de brotes viejos, con fines medicinales se extraen de plantaciones cultivadas. El aceite esencial se obtiene de las hojas por destilación al vapor. Las hojas frescas de eucalipto contienen aceite esencial (de eucalipto) (0,7-2 %), que incluye cineol (58-80 %), pineno, mirtenol, terpenos, aldehídos y cetonas, etc. Además, las hojas de eucalipto contienen sustancias taninas (hasta 10%), amargor, resinas, ésteres, flavonoides, fitoncidas, resinas, cera. (Ospina et al., 2006).

Las flores

Las flores tienen estambres anchos que pueden ser de color blanco, crema, amarillo, rosa o rojo; en la yema, los estambres están encerrados en una tapa conocida como opérculo, que consta de sépalos o pétalos fusionados, o ambos. Así, las flores no tienen pétalos, sino que se adornan con muchos estambres vistosos. A medida que se expanden los estambres, la tapa se desprende de la base ahuecada de la flor; esta es una de las características que unen al género. (Ospina et al., 2006).

Las semillas

Las semillas de eucalipto son de tamaño mediano, alrededor de 1 mm 2 mm de tamaño. La germinación de las semillas depende de la luz, por lo que no quedan enterradas en el suelo (Ospina et al., 2006).

La madera

La madera se caracteriza por una albura estrecha que varía en color de blanquecino a amarillento con un tinte amarillo pálido. El color del núcleo es marrón, pero difiere

en tonos de naranja, amarillo, rojo, marrón y rosa. Los brotes jóvenes tienen un núcleo, cuyo color puede ser rosado o rojo intenso. Bajo la influencia del aire fresco, el núcleo adquiere tonos más profundos. En una sección transversal de un árbol de eucalipto, se pueden ver los anillos de crecimiento. Pequeñas y dispersas vasijas de madera se agrupan en líneas desiguales. Asimismo, numerosos rayos centrales se pueden ver a simple vista en algunas especies. En la naturaleza se encuentra madera de fibra recta, así como material con fibra ondulada. Los bolsillos de resina aparecen en forma de venas o dividen el tronco en áreas separadas. (Ospina et al., 2006).

El tipo de eucalipto determina las características mecánicas y físicas de la madera. Básicamente la madera tiene una densidad de 700-900 kg/m³. El eucalipto se distingue por su madera de alta resistencia y bioestabilidad. La madera se considera altamente secante. Asimismo, el factor de contracción depende de la edad del árbol. Es preciso mencionar que los eucaliptos que crecen en condiciones naturales, y no en plantaciones, se secan un 10-15% más. Por otra parte, el proceso de secado del eucalipto debe abordarse de manera profesional: la madera se caracteriza por la aparición de deformaciones y grietas durante un secado mal organizado. Pero la madera correctamente secada es muy estable dimensionalmente. ONU (1981).

Figura 6

Madera de eucalipto



Nota: Maderas de eucalipto que son utilizados para encofrados, viviendas, etc.
Fotografía tomada en una de las madereras de la Ciudad de Huanta – Ayacucho.

ASERRÍN DE MADERA

El aserrín es la materia prima más económica con una amplia gama de usos. Se trata de astillas beige trituradas, partículas de fracción fina, que se forman como resultado del aserrado de la madera. Es necesario mencionar que el aserrín no debe confundirse con las astillas de madera, ya que estas se obtienen específicamente (Basaure, 2008).

Respecto a las propiedades, las astillas de madera son livianas. Su densidad aparente es de aproximadamente 220-580 kg por metro cúbico. Lo anterior depende del nivel de humedad (los indicadores estándar son del 8% al 15% o más). Las dimensiones no superan los 50 mm y el coeficiente de resistencia al viento en forma seca alcanza las 0,13-0,8 unidades. Asimismo, la composición del aserrín contiene aproximadamente un 27% de lignina, que es responsable de la lignificación, así como un 70% de celulosa (Basaure, 2008).

Figura 7

Aserrín de eucalipto



Nota: Aserrín de eucalipto extraída de lugar in situ de corte de árboles de eucalipto. Elaboración propia.

Aserrín en la construcción

Las excelentes características y la composición del hormigón preparado con aserrín permiten su uso en la construcción de monolitos y pequeños bloques de pared de edificios de poca altura. El aserrín es un producto de los desechos orgánicos, por lo que la transferencia de calor del nuevo material de construcción es mayor que la del hormigón ordinario. Como no existe tal material en el mercado de la construcción, los constructores lo fabrican ellos mismos. Sin embargo, los requisitos se aplican a los bloques de hormigón de aserrín, así como a otras piedras de hormigón. Por lo tanto, se debe conocer la tecnología de fabricación y cumplir con las proporciones indicadas.

El hormigón de aserrín es hormigón ligero, que incluye cemento, aserrín, mineralizadores y arena. El material es respetuoso con el medio ambiente, tiene un bajo peso volumétrico, alta resistencia al fuego, baja conductividad térmica y alta permeabilidad al vapor. Como se mencionó anteriormente, se utiliza para la construcción de edificios monolíticos o para la fabricación de bloques de construcción, incluida la construcción de estructuras de carga, ideales para construcciones de poca altura.

El hormigón de aserrín puede ser de varios tipos, según la densidad y, en consecuencia, la resistencia. Cada tipo de material cumple con los siguientes grados de resistencia: M5, M10, M15, M20. Las dos primeras marcas se utilizan exclusivamente como calentador, la construcción de estructuras de carga a partir de ellas no es deseable. Las dos últimas marcas se utilizan como estructuras de carga en construcciones de poca altura. Si la construcción de varios pisos se lleva a cabo con hormigón de aserrín, es obligatorio el uso de un marco de soporte

PRINCIPALES USOS DEL ASERRÍN

El material tiene una amplia gama de aplicaciones, aunque muy a menudo se hace a mano. Con la ayuda de este material, es posible construir dependencias, también se practica a menudo para construir casas de hormigón de aserrín, paredes aislantes para las mismas casas, sótanos o incluso saunas de hormigón de aserrín. El material es relativamente liviano y económico, además, puede ahorrar dinero en

la base del edificio utilizando una base de tira. Si lleva a cabo la reconstrucción de edificios o los aísla, entonces no es necesario fortalecer los cimientos

El aserrín es ampliamente utilizado en la construcción de edificios residenciales y no residenciales de poca altura. La mayoría de las veces se usa en la construcción de casas de campo, garajes, dependencias, cuyas fachadas están planeadas para ser enlucidas, cubiertas con revestimiento, tablillas. Las características de soporte del material excluyen la posibilidad de su uso para la construcción de edificios de varios pisos. Es posible construir cajas de hasta 2 pisos de altura con hormigón aserrín. Para su uso en la colocación de edificios más altos, se requieren cálculos de ingeniería precisos, así como el vertido de un cinturón blindado de hormigón armado a lo largo de todo el contorno (Basaure, 2008).

Una solera rugosa a menudo está hecha de hormigón aserrín. Para esto, se utiliza material de grados pequeños M5 y M10. Se pueden colocar troncos de piso de madera, laminado, parquet, etc. sobre la regla. La regla es compatible con sistemas de calefacción por suelo radiante de agua y eléctricos (Basaure, 2008).

Aserrín para la preparación de bloques

Los materiales de alta calidad incluyen hormigón de madera (aserrín de hormigón), que se puede utilizar para formar las paredes de cualquier habitación. La composición del hormigón de madera incluye cal, arena, cemento y aserrín. Sólo en una determinada proporción. Debido a esta composición de materiales, acumula una gran cantidad de ventajas y es popular en la construcción de locales residenciales. En este sentido, entre los componentes necesarios para la preparación de bloques con aserrín se pueden mencionar a:

- Cemento, que actúa como aglutinante
- Arena gruesa y media
- Aserrín de todo tipo de árboles, principalmente coníferos, menos podridos.
- Aditivos: cal, arcilla, sulfato amónico, vidrio sódico líquido
- Agua no contaminada

Es necesario mencionar que la densidad del hormigón de aserrín depende de la cantidad, en primer lugar, de arena que, junto con otros aditivos, aumenta la calidad del material (Basaure, 2008).

Inclusión del aserrín en mezclas de concreto

Para preparar hormigón adicionado con aserrín que contenga una consistencia uniforme óptima, es importante mezclar correctamente los componentes. En primer lugar, se mezclan los aglutinantes y la arena. Después de eso, se agrega aserrín, y sólo después se introduce agua. Su cantidad se determina visualmente, ya que este indicador depende del contenido de humedad de la madera y la arena. La solución no debe ser líquida. Cuanto mayor sea su densidad, menor será la contracción adicional durante el secado.

En este sentido, para la construcción de edificios residenciales y dependencias, es fácil hacer aserrín de hormigón. Hay 2 formas de unir componentes:

- Diluir el cemento en agua y luego agregar los ingredientes restantes.
- Las sustancias secas se mezclan y diluyen con agua.

No hay ningún beneficio de elegir una opción de cocción. Es importante que se forme una estructura homogénea, que incluya arena y cemento, formando una piedra de cemento. Con la producción propia, no se necesita una mezcladora de concreto, ya que el método manual es un proceso conveniente, aunque requiere mucho tiempo. Una mezcla bien preparada apretada en un puño no emite gotas de agua (Basaure, 2008).

Diseño del concreto adicionado con aserrín

Para la preparación de cada uno de los grados del material, se utiliza su proporción con la misma composición:

- M5: para esta marca, se utilizan aserrín, cal o arcilla, arena y cemento en la proporción adecuada de 4: 4: 1: 1. Se caracteriza por una densidad reducida a 0,6 t/m³, un coeficiente de conductividad térmica reducido igual a 0,18. Para una bolsa de cemento de 50 kilogramos, es necesario tomar 0,2 toneladas de aserrín y cal, así como 20 kg de arena tamizada.

- M10: el aserrín, la cal o la arcilla, la arena y el cemento se mezclan en una proporción de 4: 3: 4: 2. El coeficiente de conductividad térmica es 0,21 y la gravedad específica aumenta a 0,8 t/m³. Para preparar una bolsa de cemento portland, es necesario mezclar con 100 kg de virutas y 100 kg de arena, y agregar 80 kg de cal.
- M15: Se mezcla aserrín, cal o arcilla, arena y cemento en una proporción de 4: 2: 7: 3. La densidad y el coeficiente de conductividad térmica aumentan y ascienden a 0,8 t/m³ y 0,24, respectivamente. Para la preparación de 50 kg de cemento, se introducen 70 kg de tyrsa, 30 kg de cal y 115 kg de arena.
- M20: Se usa la siguiente proporción de aserrín, cal o arcilla, arena y cemento 4: 1: 10: 4. La densidad específica alcanza 0,95 t/m³ y el valor del coeficiente de conductividad térmica aumenta a 0,3. El hormigón de aserrín se prepara mezclando 50 kg de cemento y aserrín con la adición de 130 kg de arena y 15 kg de cal (Salas, 2018).

Con un aumento en la marca de hormigón de aserrín, aumenta el coeficiente de conductividad térmica y aumenta la densidad. Los bloques de alto grado permiten construir habitaciones ampliadas en las que, debido al alto coeficiente de conductividad térmica, es difícil mantener un régimen de temperatura confortable. La introducción de aditivos especiales, el remojo de materias primas de madera en vidrio líquido y lechada de cal permite el uso de materias primas con mayor contenido de humedad y aumenta la resistencia al fuego de los bloques (Salas, 2018).

Se recomienda utilizar exactamente las proporciones propuestas, ya que han sido probadas por la experiencia y son óptimas. Asimismo, se debe considerar siempre el hecho de que cuanto mayor sea la densidad, peor será el rendimiento térmico, pero mayor será la capacidad de carga del material terminado. En la producción de hormigón de aserrín de acuerdo con la composición y las proporciones propuestas, seguido de su formación en un producto terminado, se utilizan formas preparadas previamente para bloques del tamaño deseado. También es posible utilizar encofrados removibles y no removibles en el caso de construcción monolítica (Salas, 2018).

En la producción de bloques, el volumen de la composición ya mezclada se coloca en moldes recubiertos desde el interior con un agente impermeabilizante. Para dar mayor resistencia a los bloques, se puede colocar refuerzo longitudinal en la solución. Para facilitar el producto, se pueden colocar tubos de plástico dispuestos verticalmente en todo el espesor del molde. Después del vertido, el material se compacta con un apisonador manual especialmente diseñado. Además, sin sacar los bloques del molde, se dejan tapados con celofán durante cuatro días. Después de eso, los tubos se retiran cuidadosamente de los bloques y los bloques se dejan secar durante un mes. Después de este tiempo, se pueden construir bloques, pero se debe tener en cuenta que la resistencia total se logra en tres meses y no es necesario apresurarse con el revestimiento (Salas, 2018).

Consideraciones al trabajar con aserrín

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones al incluir este material en una mezcla de concreto:

- No es necesario comprar los componentes por adelantado. Todos los componentes se pueden preparar inmediatamente antes de la fabricación visitando tiendas o almacenes de materiales de construcción, así como utilizando los productos de desecho de las empresas de carpintería.
- Los ingredientes se mezclan según la proporción. El mezclado de los componentes se puede realizar mecánicamente con hormigonera o manualmente con palas. La automatización del proceso tecnológico mediante el uso de una hormigonera aumenta la productividad, mejora la intensidad de la mezcla y tiene un efecto positivo en la calidad del producto.
- El proceso de moldeo en grupo se usa principalmente, cuando la composición premezclada se vierte en varias docenas de moldes. Se utilizan formas individuales y grupales de diseño plegable, fabricadas en madera de 2 cm de espesor y tapizadas en metal o plástico. El uso de película de polietileno facilita la eliminación de los productos terminados.
- El secado de los productos terminados se realiza de forma natural. Los moldes se retiran 4 o 5 días después del vertido aflojando las tuercas de mariposa, quitando las varillas roscadas y desmontando la caja del molde. El proceso de secado natural dura hasta tres meses, dependiendo del tipo

de madera, durante los cuales la concentración de humedad se reduce significativamente y el producto adquiere fuerza operativa.

- Independientemente del método de preparación elegido, es necesario garantizar la homogeneidad de la mezcla. Un aspecto importante de la tecnología es el secado previo de las astillas, lo que reduce la concentración de humedad. La mezcla preparada adecuadamente comienza a endurecerse después de un par de horas. Por eso es importante preparar la solución en un volumen correspondiente al número de formularios disponibles. Al colocar la mezcla de concreto, la composición debe compactarse cuidadosamente para evitar la formación de poros de aire (Barrientos, 2020).

Beneficios al trabajar con aserrín

La principal ventaja del material es el uso de materiales reciclados en su producción. Al mismo tiempo, el aserrín en el hormigón no sufre combustión ni descomposición, por lo tanto, se ve privado de sus principales desventajas. Su uso en la producción de hormigón aserrín lo hace barato y asequible. Además de los beneficios del uso racional de los residuos de aserradero, la elección del hormigón aserrín para la construcción tiene otros aspectos positivos (Barrientos, 2020):

- Altas cualidades de protección contra el calor.
- Buena insonorización.
- Peso ligero de las estructuras construidas.
- Alta resistencia a la tracción.
- Resistencia al fuego durante varias horas a una temperatura de llama de 1200°C.

Este es un material de construcción casi ideal que cumple con los estándares sanitarios e higiénicos modernos. Aunque contiene fibras de madera, en un ambiente de cemento no pueden actuar como sustrato para la reproducción de moho, hongos, por supuesto, en ausencia de una humedad excesiva. Las cualidades de aislamiento térmico del material merecen una atención especial. Un muro de hormigón de aserrín con un espesor de solo 30 cm es comparable en términos de propiedades de protección térmica con ladrillos de 1 m de ancho. Las

casas hechas de hormigón de aserrín son cálidas, su mantenimiento para calefacción y aire acondicionado es más económico (Barrientos, 2020).

En comparación con el hormigón clásico, el hormigón de aserrín es un orden de magnitud más ligero. Su uso en la construcción le permite verter una base más liviana, lo que reduce significativamente la estimación general de la construcción. Además, los muros de hormigón aserrín son capaces de resistir los efectos de choque, tracción y flexión. Las grietas aparecen en ellos con mucha menos frecuencia que en la mampostería de ladrillo, bloques de cemento, bloques de gas, hormigón celular (Barrientos, 2020).

Las paredes de hormigón aserrín no se queman. Aunque contienen madera, son capaces de resistir la exposición directa a una llama a una temperatura de 1200 °C durante al menos varias horas. En este caso, la superficie simplemente se carboniza, emitiendo una pequeña cantidad de humo. Al carbonizarse, la pared se vuelve gradualmente más delgada, lo que ocurre muy lentamente (Barrientos, 2020).

Un punto positivo es la conveniencia de trabajar con bloques de hormigón de aserrín, paneles. Si es necesario, simplemente se cortan con una sierra para metales, una motosierra. Esto es muy importante para mantener el paso de colocación. En el futuro, una pared de dicho material sostiene perfectamente tornillos autorroscantes sin tacos (Barrientos, 2020).

Desventajas al trabajar con aserrín

El principal inconveniente del hormigón de aserrín es el nivel de absorción de humedad. Dependiendo de la densidad del material, la absorbencia puede ser del 8 al 12%. Incluso con la adición de compuestos hidrófugos especiales a la solución de hormigón aserrín, el nivel de absorción de humedad puede disminuir sólo en un 2 %. Es por eso que los edificios hechos de este tipo de hormigón deben tener techos con pendientes amplias, lo que elimina la posibilidad de que las fachadas se mojen (Banjo, 2021).

La fuerte absorción de humedad también crea ciertas dificultades en la construcción. La colocación necesita una cobertura de alta calidad con una película para el período de precipitación. Tampoco se recomienda realizar construcciones

con material almacenado al aire libre, ni siquiera protegido por una marquesina. Es mucho más pesado, no tiene la fuerza máxima de la marca (Ahmed, 2021).

Otra desventaja de los bloques de hormigón de aserrín radica en su endurecimiento prolongado. Cuanto más denso sea el bloque, más fuerte será, lo que significa que podrá soportar cargas significativas ejercidas sobre las paredes de la futura casa. El aserrín de pino es el mejor material para hacer bloques de construcción, ya que lleva la delantera en la tasa de curado (Ahmed, 2021).

Requisitos para la fabricación del hormigón con aserrín

Para la fabricación de hormigón de aserrín, se puede utilizar cualquier aserrín tamizado, pero otras características de rendimiento de la solución dependen de su calidad. La solución más exitosa es el uso de aserrín con una fracción de partículas de 1-5 mm de árboles coníferos. El más duradero es el hormigón de aserrín a base de aserrín de abeto. El relleno utilizado debe tamizarse. La presencia de polvo de madera reduce las propiedades aglutinantes (Ahmed, 2021).

La composición y fracción del aserrín afecta la tasa de endurecimiento del material. La madera contiene azúcar, lo que afecta el desempeño del cemento. Depende de su concentración la rapidez con la que el producto de hormigón aserrín se vuelve lo suficientemente fuerte para su uso. Al usar aserrín de un árbol, la superficie se endurecerá en 10 horas. Al usar materiales reciclados de pino en 15 horas, y al agregar aserrín de madera dura, el concreto se endurece en al menos 4 días (Ahmed, 2021).

Para reducir el efecto del aserrín sobre el cemento, se pueden pretratar. Para ello se utilizan composiciones químicas especializadas o envejecimiento al aire libre convencional. El aserrín de coníferas se puede oxidar al sol durante 3 meses, después de lo cual adquieren las cualidades necesarias para la producción de hormigón de aserrín sólido y duradero. Puede acelerar este proceso manteniéndolos en agua y luego secándolos completamente bajo la luz solar natural (Ahmed, 2021).

El remojo y el secado se utilizan solo en la producción casera de hormigón de aserrín para sus propias necesidades. En su fabricación a escala industrial se utiliza tratamiento con vidrio líquido y cloruro cálcico. La adición de vidrio líquido

contribuye al endurecimiento del aserrín y la inclusión de cloruro de calcio aumenta su resistencia. Los fabricantes industriales también pueden usar cloruro de aluminio, sulfato de sodio o nitrato de amonio. Tales soluciones encarecen la producción, ya que los productos químicos se utilizan en una proporción de 1 a 40 partes de aserrín (Ahmed, 2021).

Clasificación de los bloques de aserrín

El concreto adicionado con aserrín se utiliza para hacer bloques de pared (para la construcción de paredes externas e internas) y tabiques (para la instalación de tabiques). Los bloques se pueden clasificar en:

- Con cuerpo (sin huecos, tienen mayor peso y densidad, retienen peor el calor y amortigua las ondas sonoras);
- Huecos, con huecos pasantes y sordos (menos densos y duraderos, amortiguan bien el ruido y retienen el calor) (Salas, 2018).

CENIZAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

La experiencia práctica demuestra de manera convincente que la introducción de cenizas de residuos sólidos en la producción de concreto es una de las formas efectivas de reducir el consumo de cemento y mejora una serie de propiedades de las mezclas de hormigón. El potencial de las cenizas como componente polifuncional activo de las mezclas de concreto se realiza más plenamente cuando se introduce un aditivo, un superplastificante, en las mezclas de concreto que en condiciones normales. El complejo ceniza-superplastificante es especialmente eficaz en el hormigón vertido, para la tecnología libre de vibraciones del trabajo del hormigón y la fabricación de estructuras (Orrala & Gómez, 2015).

Importancia del uso de las cenizas

La ceniza se usa a menudo durante los trabajos de construcción con concreto. Este material representa una solución bastante conveniente debido al hecho de que contiene óxido de calcio. La ceniza tiene altas cualidades y le da a la mezcla terminada ventajas significativas en comparación con el cemento. El uso de cenizas ayudará a reemplazar completamente el cemento o reducirá significativamente su consumo. Por ejemplo, si prepara una mezcla de 1 a 1, le dará un gran ahorro en

la construcción, pero esto no es lo más importante. El uso de ceniza en lugar de cemento mejora la calidad del hormigón acabado. La adición de ceniza cambia la calidad del hormigón acabado: mejora la formación de estructuras, aumenta la resistencia del hormigón, mejora la pegajosidad y la viscosidad del material terminado, El concreto se seca más rápido, se agrieta y se desmorona menos. Usando tal mezcla para albañilería, será casi imposible desmontar la estructura en el futuro. Al mismo tiempo, la solución tolera perfectamente las altas temperaturas y, por lo tanto, es ideal para colocar el horno (Barrientos, 2020).

Los tipos de ceniza más utilizados son la ceniza seca, debido a que no tienen propiedades astringentes. Su actividad se hace sentir al interactuar con el aglomerante de cemento y, a partir de cómo interactúa la ceniza con el cemento de hormigón y la mezcla de hormigón en sí, es posible reducir significativamente el consumo de cemento en la producción. Si se reemplaza el cemento con ceniza hasta el 40% del cemento, luego con su molienda conjunta, la resistencia del concreto después de 28 días es cercana a la resistencia habitual del concreto (Barrientos, 2020).

La actividad hidráulica de las cenizas, así como de otras sustancias de tipo puzolánico, se debe en gran parte a la interacción química de los óxidos de silicio y aluminio incluidos en ellos con el hidróxido de calcio liberado durante la hidrólisis de los minerales del clinker, con formación de hidrosilicatos y calcio. La actividad hidráulica de las cenizas se ve significativamente afectada por el calor latente de su desvitrificación, que se encuentra en el análisis térmico diferencial. La hidratación de las cenizas se ve facilitada por su fase vítrea, la fase cristalina es prácticamente inerte. Igualmente, la actividad química de las cenizas está directamente relacionada con su dispersión (Barrientos, 2020).

Principales usos

La ceniza se utiliza como componente principal de morteros, que combina las propiedades de un aditivo mineral, plastificante y microrrelleno. Asimismo, la ceniza mejora la plasticidad y la capacidad de retención de agua de las mezclas de mortero, y las propiedades de los morteros endurecidos. Cuando se utiliza en mezclas de cenizas finas extraídas de los últimos campos de precipitadores

electrostáticos, el consumo de ligantes se reduce significativamente. El uso de la ceniza como aditivo es racional en la obtención de morteros efectivos para albañilería y construcción de muros a partir de elementos de gran tamaño. Sin embargo, las soluciones con la adición de cenizas no deben usarse en invierno debido a la lenta velocidad de su endurecimiento a bajas temperaturas (Orrala & Gómez, 2015)

La ceniza se utiliza en morteros de cemento que se utilizan para sellar grietas en estructuras de hormigón armado, incluidas las masivas. En este caso, la buena bombeabilidad de las soluciones, su conectividad, la estabilidad de las propiedades en el tiempo y la disminución de la separación y segregación (estratificación) del agua son de importancia decisiva. La ceniza utilizada en dichas soluciones debe tener ciertas restricciones de tamaño: el residuo en un tamiz de 45 μm debe ser de 12,5 a 30%; para el empotramiento de grandes cavidades, labores, etc. Se puede utilizar la ceniza, caracterizada por un residuo en tamiz de 45 micras, llegando hasta el 60% (Orrala & Gómez, 2015).

Características de la ceniza

La ceniza se caracteriza por un contenido significativo de partículas con pequeños poros cerrados. Son el resultado del hinchamiento de la masa mineral fundida por los gases liberados durante la deshidratación de los minerales arcillosos, la disociación de partículas de caliza, yeso y sustancias orgánicas. Los poros pueden alcanzar el 60% del volumen de partículas de ceniza. El alto contenido de microporos en la ceniza también determina el alto valor de su superficie específica real, cuyas mediciones son realizadas por adsorción de nitrógeno. La alta área superficial específica de la ceniza está asociada a sus propiedades como capacidad de adsorción, higroscopicidad y actividad hidráulica (Orrala & Gómez, 2015).

Las diferentes fracciones de ceniza tienen diferente densidad real y promedio. Esto se explica por las diferencias en la composición química y mineralógica y la forma de las partículas. La densidad de la ceniza disminuye con un aumento en el contenido de partículas de coque. El número de partículas no quemadas aumenta al aumentar el tamaño del grano. Entonces, en la ceniza, las partículas de carbono

de más de 85 micrones contienen el 27%, y la proporción de fracciones de menos de 60 micrones es de aproximadamente el 9% (Orrala & Gómez, 2015).

Una de las características esenciales de la ceniza como aditivo mineral activo en el hormigón es su actividad hidráulica. Por métodos tradicionales, está determinada por la capacidad de las cenizas para absorber la cal del mortero de cal, así como para exhibir propiedades astringentes en combinación con la cal hidratada. Un método acelerado para determinar la actividad de las cenizas es el método microcalorimétrico, según el cual la actividad de las cenizas se determina por el valor del calor de humectación en líquidos polares y no polares, teniendo en cuenta el coeficiente hidrofílico y una serie de otros parámetros (Orrala & Gómez, 2015).

Requisitos para el uso de la ceniza en mezclas de hormigón

Los requisitos para las cenizas, como aditivos minerales activos en la mezcla de hormigón, están determinados por el mecanismo fisicoquímico de su influencia en los procesos de endurecimiento y formación de la estructura del hormigón. La actividad hidráulica de los soles, así como de otras sustancias de tipo puzolánico, se debe en gran medida a la interacción química de los óxidos de silicio y aluminio incluidos en ellos con el hidróxido de calcio liberado durante la hidrólisis de los minerales del clinker, con la formación de hidrosilicatos de calcio e hidroaluminatos. La hidratación de las cenizas es promovida por su fase vítrea, la fase cristalina en este proceso es prácticamente inerte. La actividad química de las cenizas también está directamente relacionada con su dispersión (Barrientos, 2020).

La selección de composiciones de concreto con la adición de cenizas consiste en determinar una proporción de componentes, incluida la ceniza, en la que las propiedades requeridas de la mezcla de concreto y el concreto se logren con un consumo mínimo de cemento. En la mezcla de hormigón, la ceniza desempeña el papel no solo de un aditivo mineral activo que aumenta la cantidad de aglutinante, sino también de un microrrelleno que mejora la granulometría de la arena e influye activamente en los procesos de formación de la estructura del hormigón. Teniendo en cuenta la naturaleza multifuncional del aditivo de ceniza, su introducción solo en

lugar de parte del cemento o parte de la arena no permite resolver el problema de optimizar las composiciones (Barrientos, 2020).

Dosis recomendadas al trabajar con ceniza

En los morteros de cemento, se recomienda que el contenido óptimo de cenizas sea de 100-200 kg/m³, mientras que en los morteros bajos en cemento "pobres" es del 80-125% de la masa de cemento. Con un consumo de cemento de más de 400 kg/m³, la introducción de cenizas en la composición de la solución es ineficaz. Las cenizas volantes finas se pueden usar para reemplazar parte del cemento y la arena. Es racional usar ceniza gruesa en lugar de parte de la arena sin cambiar el consumo de cemento (Orrala & Gómez, 2015).

Cuando se utilizan cenizas volantes en morteros de cemento, el consumo de cemento necesario suele reducirse entre 30 y 50 kg/m³, al tiempo que se mejora la trabajabilidad de la mezcla de mortero. El exceso de consumo de cemento durante la sustitución completa de arena por ceniza se elimina añadiendo una pequeña cantidad de pasta de cal. Con la sustitución completa de arena por ceniza, aumentan las deformaciones por contracción con el tiempo y las deformaciones con humectación y secado alternados. Estas son de dos a tres veces más altas que las de los morteros de cemento y arena (Orrala & Gómez, 2015).

En los morteros de cemento-cal, las cenizas pueden sustituir parte del cemento, la cal o la arena. Esto ahorra hasta 30-50 kg de cemento y 40-70 kg de pasta de cal por cada m³ de mortero sin comprometer la trabajabilidad y la resistencia. Los morteros de cemento-cal-ceniza se caracterizan por una estratificación muy baja. Se utilizan de la misma forma que los morteros, sin adición de ceniza, principalmente para la colocación de las partes aéreas de las edificaciones (Barrientos, 2020).

En los morteros de cal, el uso de cenizas volantes puede reducir el consumo de pasta de cal en un 50% sin reducir la resistencia y deteriorar otras propiedades. Al reemplazar el 50% de la cal con el doble de la masa de cenizas volantes, no solo se logra un ahorro de cal, sino que también aumenta la fuerza de la solución. Sin el uso de cemento sobre un aglutinante de cal y ceniza, se pueden obtener morteros de grado M25 y superiores. La selección de composiciones de soluciones que

contienen cenizas se lleva a cabo en dos etapas. Primero, se determina el consumo de los componentes de la solución en kilogramos por 1 m³ sin la adición de cenizas, y luego se refina, teniendo en cuenta la introducción de cenizas, suponiendo que la densidad promedio de la solución aumenta en 20–40 kg/m³, y la demanda de agua de las mezclas de mortero no cambia. La tecnología de preparación de soluciones con adición de cenizas consiste en dosificar en peso los componentes iniciales y luego mezclarlos en mezcladoras de mortero durante 3-5 minutos hasta obtener una mezcla homogénea (Banjo, 2021).

Consideraciones al momento de introducir cenizas en una mezcla

Reducir el consumo de cemento con la introducción de cenizas volantes es recomendable principalmente en caso de “actividad excesiva” del cemento, es decir, en los casos en que la marca de cemento utilizada es superior a la recomendada. Cuando se utiliza ceniza TPP, se permite reducir la tasa mínima de consumo típico de cemento para productos de hormigón no reforzado a 150 kg/m³ y para productos de hormigón armado a 180 kg/m³. El consumo total de cemento y ceniza debe ser como mínimo de 200 y 220 kg/m³, respectivamente. La cantidad de ceniza se asigna en proporción al porcentaje requerido de reducción de la "actividad excesiva" del cemento (Barrientos, 2020).

La introducción de cenizas volantes en la cantidad óptima no aumenta la demanda de agua de las mezclas de hormigón, lo que se explica por la fusión y la forma relativamente regular de los granos. Con una alta dispersión de cenizas y un bajo contenido de carbón sin quemar, aumenta la trabajabilidad de la mezcla. Asimismo, el incremento del efecto plastificante de la ceniza aumenta cuando existe un agregado fino en la mezcla de concreto con una cantidad insuficiente de fracciones finas (Barrientos, 2020).

Beneficios a largo plazo de la incorporación de la ceniza en mezclas de hormigón

Para el concreto con la adición de ceniza, es característico un aumento relativamente intenso de la resistencia en los últimos períodos de endurecimiento. Según investigadores japoneses, la resistencia a la compresión de los hormigones que contienen 190 y 240 kg/m³ de cemento y un 30 % de cenizas a los 10 años es

1,44 y 1,43 veces mayor que la resistencia del hormigón a los 3 meses, respectivamente. También se observa la posibilidad de un aumento más intenso de la resistencia a la compresión. Al ensayar núcleos de un pavimento de hormigón en el que se reemplazó el 30% del cemento por cenizas, se observó una resistencia a la compresión de 37 MPa después de 3 meses y de 61 MPa después de 9,5 años (Banjo, 2021).

La resistencia del hormigón celular de ceniza en compresión es de 0,5 a 15 MPa a una densidad media de 400 a 1200 kg/m³, y la resistencia a las heladas alcanza los 150 ciclos. El hormigón celular de ceniza sobre cemento tiene una durabilidad mucho mayor que sobre cal. Una característica negativa del hormigón de ceniza es su capacidad para absorber la humedad causada por la microporosidad significativa de la ceniza. También son más sensibles a los ciclos húmedos y secos que los ladrillos o el hormigón pesado. Para proteger contra los efectos agresivos de la atmósfera, se aplican varios recubrimientos a los productos hechos de hormigón celular de ceniza (Banjo, 2021).

Desventajas al trabajar con ceniza

Las consecuencias negativas de la introducción de cenizas en la mezcla de hormigón incluyen una disminución de la resistencia a la abrasión y la cavitación. Por ende, no se recomienda la adición de cenizas al hormigón cuando se realizan trabajos en el período otoño-invierno utilizando el método "termo", ya que ralentiza el endurecimiento del hormigón a bajas temperaturas. Al construir en áreas con un clima cálido y seco, el cuidado del concreto que contiene cenizas debe ser más prolongado que en áreas con un clima templado (Banjo, 2021).

Al igual que otros aditivos hidráulicos, las cenizas volantes reducen la resistencia a las heladas y al aire del hormigón. En hormigones con resistencia a heladas F50 y superiores o sometidos a mojado y secados alternados, la posibilidad de utilizar cenizas se establece mediante estudios especiales. La disminución de la resistencia a las heladas del hormigón se puede compensar con la introducción de aditivos inclusores de aire (Banjo, 2021).

El grado de reducción de la resistencia a las heladas del hormigón cuando se les introduce ceniza es diferente y depende de sus características. La heterogeneidad

de la composición y las propiedades de las cenizas volantes conduce a una dispersión significativa de las propiedades físicas y mecánicas básicas del hormigón, incluida la resistencia a las heladas. Los resultados de las pruebas a largo plazo han demostrado que cuando se utilizan cenizas volantes, no debería existir una preocupación particular debido a la corrosión del acero de refuerzo, si se cumplen los requisitos generales para el diseño y la fabricación de hormigón armado (Banjo, 2021).

Las pruebas de hormigón con cargas a largo plazo han demostrado que la introducción de cenizas reduce significativamente la fluencia del hormigón. Por lo tanto, cuando se ensayó durante 240 días, la fluencia del hormigón con la adición de cenizas volantes resultó ser un 34,5 % inferior a la del hormigón común. Con la introducción de un aditivo tensioactivo, las deformaciones por fluencia de los hormigones con cenizas difieren poco de las deformaciones de los hormigones sin cenizas. Después de probar el hormigón con LST durante 300 días, la fluencia en ausencia de cenizas fue de $59,2 \times 10^{-5}$ y $59,5 \times 10^{-5}$ (Banjo, 2021).

Por otra parte, la ceniza reduce el coeficiente de expansión térmica lineal de la parte de mortero del concreto en un estado seco al aire, acercándolo a los valores típicos de los agregados. Entonces, a una temperatura de 20°C , el coeficiente de expansión lineal para soluciones ordinarias es 8.8, soluciones con 25% de ceniza y adición de tensioactivos (Banjo, 2021).

Diseño de un concreto con ceniza

La selección de composiciones con la adición de cenizas debe consistir en determinar una relación de componentes en la que las propiedades requeridas de la mezcla de concreto y el concreto se logren con un consumo mínimo de cemento. En la mezcla de hormigón, la ceniza desempeña el papel no solo de un aditivo mineral activo que aumenta la cantidad total de aglutinante, sino también de un microrrelleno que mejora la granulometría de la arena e influye activamente en los procesos de formación de la estructura del hormigón. Teniendo en cuenta la naturaleza multifuncional del aditivo de ceniza, su introducción sólo en lugar de una parte de cemento o arena no permite resolver el problema de optimizar las composiciones (Godoy & Gándara, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que se basa en las teorías y leyes existentes, para lograr y/o obtener innovadores conocimientos con el propósito de solucionar problemas. En este sentido, la investigación utiliza los conocimientos relacionados con el diseño de concreto $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y sus características mecánicas, con el objetivo de determinar si la incorporación parcial del cemento por cenizas del eucalipto altera o modifica el comportamiento de la resistencia del concreto.

3.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque de investigación en la presente tesis es cuantitativo, ya que se realizará las mediciones y cuantificación de variables.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación de este estudio es cuasi experimental, debido a que, según este diseño, modifica intencionalmente las variables independientes y presenta solo un grupo de control; es decir, se sustituyó la cantidad de ceniza de aserrín de eucalipto en relación con el peso del cemento (3%, 5% y 7%), para luego comparar sus propiedades con el concreto convencional y determinar si los cambios tienen un efecto significativo.

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.

3.2.1. Variable dependiente

Como variable dependiente se tendrá las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, la cual se definirá de la siguiente manera:

Definición conceptual: El concreto en su estado fresco y duro, tiene propiedades físicas y mecánicas respectivamente, una de ellas es la resistencia a la compresión, que es una propiedad muy importante en el diseño de estructuras.

Definición operacional: Las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, son obtenidas a través de ensayos de laboratorio en su estado fresco y endurecido.

Dimensión: Propiedades físicas y mecánicas

Indicadores: Consistencia, asentamiento, contenido de aire, resistencia a la compresión.

Escala de medición: De razón

3.2.2. Variable independiente

Como variable independiente se tiene la ceniza de aserrín de Eucalipto, la cual se define como:

Definición conceptual: al quemar el aserrín se producirán partículas finas de sílice, que al introducirlo a altas temperaturas llegará a formar un polvo, la misma que será procesada en un laboratorio mediante ensayos químicos.

Definición operacional: la ceniza del aserrín de eucalipto va a sustituir el cemento en una proporción de: 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento, efectuando 4 combinaciones.

Variable independiente:

V1: Ceniza de aserrín de eucalipto

Dimensión: Dosificación de la mezcla

Indicadores: 3%, 5% y 7% de la sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.

Escala de medición: De razón

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

La población estará conformada por un conjunto de probetas de diseño de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, las cuales estarán limitadas por la variable independiente (Sustitución de cemento con ceniza de aserrín en 3%, 5% y 7%) y la variable dependiente (Resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$).

3.3.2. Muestra

La muestra estará agrupada por 36 testigos cilíndricos de concreto en base a un diseño patrón de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, las cuales serán distribuidas de la siguiente manera 9 testigos para 0% (diseño convencional) y 27 testigos para el 3, 5 y 7% de ceniza de aserrín de eucalipto (diseño experimental).

Tabla 4

Cantidad total de muestras

% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto	ensayos de resistencia a la compresión			Cantidad total de muestras (Briquetas de 4"x12")
	07 días	14 días	28 días	
0.00%	3	3	3	9
3.00%	3	3	3	9
5.00%	3	3	3	9
7.00%	3	3	3	9
Total				36

Fuente: elaboración propia

3.3.3. Muestreo

Debido a que las muestras no son probabilísticas, por consiguiente, la investigación no va a requerir muestreo.

3.3.4. Unidad de Análisis

En esta investigación la unidad de análisis va a ser el análisis de las propiedades del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, con la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Las técnicas que se utilizarán en este estudio serán la observación directa, análisis de datos, ensayos de probetas cilíndricas con y sin adición de ceniza de aserrín de eucalipto.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos a utilizar serán:

- ✓ Datos obtenidos de campo (in situ).
- ✓ Laboratorio de concreto.
- ✓ Formatos para el llenado de resultados de laboratorio.
- ✓ Hojas de cálculo Excel y SPSS

3.5. PROCEDIMIENTOS

Se iniciará con la recolección de la materia prima (aserrín de eucalipto) de una de las madereras ubicada en el Distrito y Provincia de Huanta – Región Ayacucho. Seguidamente se realizará el secado del aserrín a temperatura ambiente y a cielo abierto, luego serán pre-quemados en un horno artesanal o encima de un material resistente al fuego.

Figura 8

Secado al aire libre del aserrín



Fuente: elaboración propia

Figura 9

Quemado del aserrín



Fuente: elaboración propia

Figura 10

Ceniza del aserrín



Fuente: elaboración propia

Para obtener la ceniza como puzolana se calcinó en mufla en un laboratorio a una temperatura mínima de 600°C durante 3 horas.

Figura 11

Activación de la ceniza en mufla a 600°C



Fuente: elaboración propia

Figura 12

Ceniza activada en mufla a 600°C



Fuente: elaboración propia

Ya teniendo la ceniza activada térmica y mecánicamente, se determinó sus propiedades químicas, dicho ensayo se realizó en un laboratorio en la ciudad de Ayacucho.

Se determinó la granulometría, la absorción y contenido de humedad de los agregados finos y gruesos (arena y piedra) según las normas técnicas establecidas.

Figura 13

Cuarteo del agregado fino



Fuente: elaboración propia

Figura 14

Cuarteo del agregado grueso



Fuente: elaboración propia

Figura 15

Determinación del peso unitario suelto y compacto del agregado fino y grueso



Fuente: elaboración propia

Figura 16

Secado en horno de los agregados



Fuente: elaboración propia

Figura 17

Ensayo de granulometría de los agregados



Fuente: elaboración propia

Posteriormente se realizó el Diseño de Mezcla del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y para las proporciones con sustitución al 0, 3, 5 y 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.

Figura 18

Dosificación de los materiales con sustitución al 0% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto (concreto patrón)



Fuente: elaboración propia

Figura 19

Dosificación de los materiales con sustitución al 3% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: elaboración propia

Figura 20

Dosificación de los materiales con sustitución al 5% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: elaboración propia

Figura 21

Dosificación de los materiales con sustitución al 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: elaboración propia

Por último, se realizará la prueba de slump y el ensayo de compresión de las probetas de concreto a los 7, 14 y 28 días, la cual se realizará en un laboratorio de concreto de la ciudad de Ayacucho.

Figura 22

Prueba de Slump



Fuente: elaboración propia

Figura 23

Determinación de la densidad del concreto



Fuente: elaboración propia

Figura 24

Preparación de testigos cilíndricos de concreto $f'c=175$ kg/cm² con 0, 3, 5 y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: elaboración propia

Figura 25

Ensayo de compresión del concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos se utilizarán para elaborar las tablas, gráficos, etc. De todos los ensayos realizados

3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para la recolección de datos se empleó el método de la experimentación, donde se procederá a procesarlos con el uso del software Excel. Para el análisis e interpretación de los datos obtenidos del ensayo de laboratorio, se aplicará los métodos estadísticos.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación, se ha realizado siempre teniendo en cuenta los principios de integridad, honestidad, respeto y autenticidad del aporte de los autores citados, nombrándolos en cada párrafo o texto extraído de su material publicado.

IV. RESULTADOS

ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación se desarrolló en el distrito y provincia de Huanta, Departamento de Ayacucho, la cual se encuentra a una altitud de 2,627 m.s.n.m. presenta clima cálido templado, con temperatura media anual 15.9 °C y la temperatura más baja se presenta entre los meses de mayo a agosto llegando hasta 3 °C. La precipitación media anual es aproximadamente 575 mm, donde los meses con mayor precipitación son diciembre, enero, febrero, marzo y abril y tiene humedad media de 74%.

La Provincia de Huanta, está situada al Norte de Ayacucho, en la región Andina del Perú. Su altitud oscila entre los 550 y los 4,600 m.s.n.m. siendo el distrito de Canayre el de menor altitud y el distrito de Ayahuanco, de mayor altitud. Sus límites son:

- Norte : Con la provincia de Satipo (Dpto. Junín).
- Sur : Con la provincia de Huamanga (Dpto. Ayacucho).
- Este : Con las provincias de La Mar (Dpto. Ayacucho) y La Convención (Cusco).
- Oeste : Con las provincias de Angaraes, Acobamba, Churcampa y Tayacaja (Dpto. Huancavelica).

Su capital es la ciudad del mismo nombre y se encuentra ubicada entre las coordenadas 12°56'06" latitud sur y 74°14'42" longitud oeste. Ubicación UTM: Este 581834, Norte 8569780.

Tabla 5

Accesos a la ciudad de Huanta

LOCALIDAD	DISTANCIA (km)	TIPO DE VIA	TIEMPO VIAJE (horas)
Lima - Ayacucho	543	Asfaltado	10
Ayacucho - Huanta	48	Asfaltado	1
Lima – Huancayo	298	Asfaltado	6
Huancayo - Huanta	270	Carretera afirmada	6

Fuente: elaboración propia

Ubicación política:

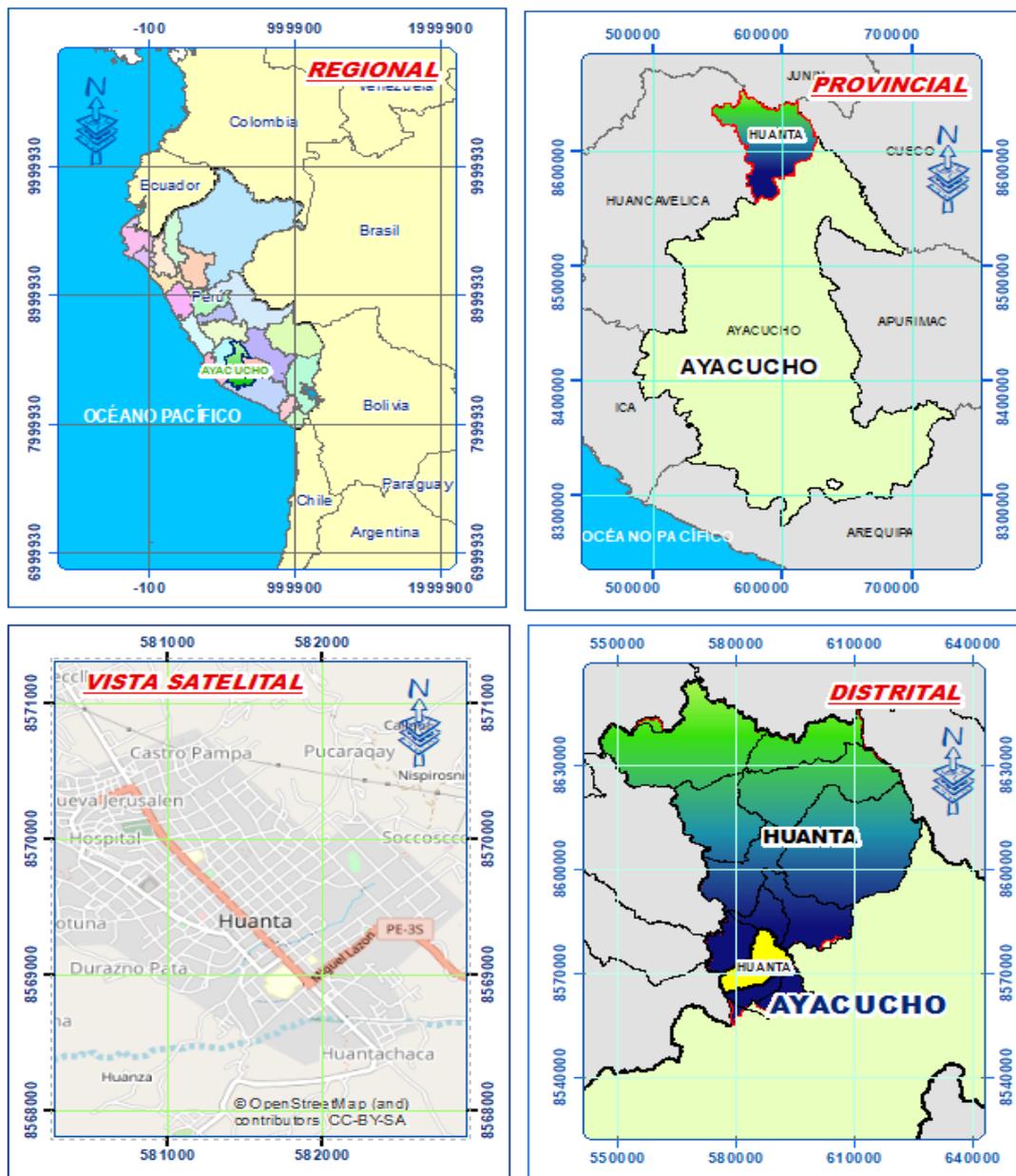
Distrito : Huanta

Provincia : Huanta

Departamento : Ayacucho

Figura 26

Ubicación política de la ciudad de Huanta



Fuente: elaboración propia

Recopilación de materiales e insumos

Como primera etapa se ha efectuado la recolección de los materiales e insumos, el aserrín de eucalipto se acopio de las madereras de la ciudad de Huanta, los otros materiales como el agregado fino, agregado grueso y el cemento portland fueron comprados en la ciudad de Huamanga – Ayacucho.

ENSAYO DE MATERIALES

Como segunda etapa se ha efectuado el análisis de las propiedades de los materiales según se detalla a continuación:

Análisis químico de la ceniza de aserrín de eucalipto

La ceniza se obtuvo después del pre quemado del aserrín y para que tenga una textura similar al de un cemento, se calcinó en una mufla a una temperatura de 600°C por un periodo de 3 horas, un porcentaje del cemento calcinado se ha utilizado para obtener su composición química en un laboratorio de la ciudad de Ayacucho, los resultados obtenidos son:

Tabla 6

Composición química de la ceniza de aserrín de eucalipto

NOMBRE	COMPOSICIÓN	VALOR
Fosforo	(% P)	1.81
Oxido Fosfórico	(% P ₂ O ₅)	4.14
Potasio	(% K)	1.78
Oxido de potasio	(% K ₂ O)	2.15
Calcio	(% Ca)	46.9
Oxido de calcio	(% CaO)	65.6
Magnesio	(% Mg)	11.14
Oxido de Magnesio	(% MgO)	18.56
Azufre	(% S)	0.16
% Humedad		1.86
pH		12.39
Carbonatos (%CO ₃)		78

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar - UNSCH

Interpretación: según los resultados obtenidos se concluye que la cantidad de óxidos de la ceniza de aserrín de eucalipto se asemeja a la del cemento portland tipo I, sin embargo, el contenido de Magnesio es muy elevado con respecto al de un cemento.

Análisis granulométrico del agregado fino

El agregado fino fue extraído de la cantera Chillico, de la cual se realizaron las gradaciones de acuerdo a la norma ASTM C-33 y a la Norma NTP 400-037.

Tabla 7

Análisis granulométrica del agregado fino

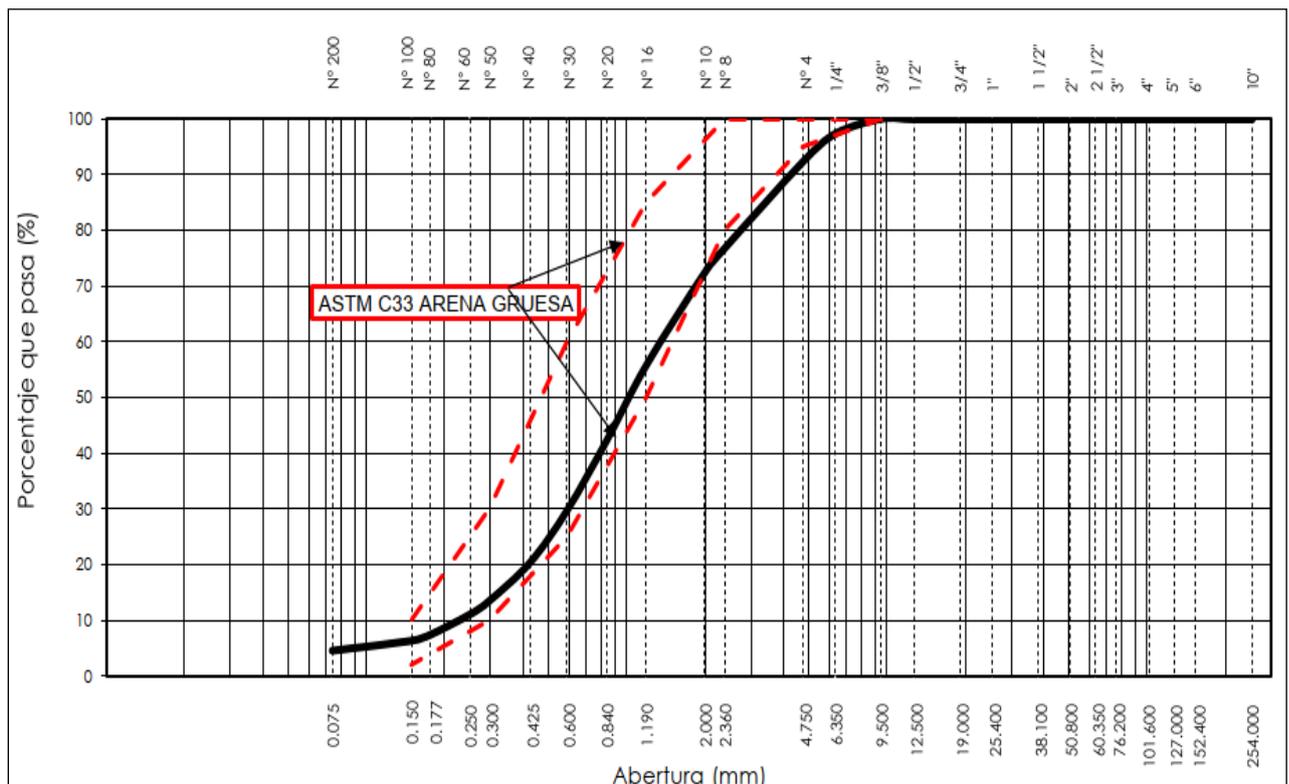
TAMIZ	AASHTP TP-27 (MM)	PESO RETENIDO	% PESOS RETENIDOS	% RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN HUSO 6 (3/4" - 3/8")	
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.00	100	
1/4"	6.350	50.20	2.67	2.67	97.33		
N° 4	4.760	94.80	5.05	7.72	92.28	95	100
N° 8	2.380	292.40	15.56	23.28	76.72	80	100
N°10	2.000	80.80	4.30	27.58	72.42		
N°16	1.190	314.00	16.71	44.29	55.71	50	85
N° 20	0.590	252.40	13.43	57.73	42.27		
N° 30	0.590	237.30	12.63	70.35	29.65	25	60
N° 40	0.420	174.80	9.30	79.66	20.34		
N° 50	0.297	129.40	6.89	86.55	13.45	10	30
N° 60	0.250	45.80	2.44	88.98	11.02		
N° 80	0.177	67.60	3.60	92.58	7.42		
N° 100	0.149	21.10	1.12	93.70	6.30	2	10
N° 200	0.074	33.30	1.77	95.48	4.52		
< N° 200	FONDO	1.80	0.10	95.57	4.43		

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: se ha utilizado 1,795.7 gramos de agregado fino para realizar el ensayo, y según la NTP – 400, es el que pasa el tamiz de diámetro 3/8” y queda retenida en el tamiz # 200, y según la tabla N° 07 el tamaño máximo es 1/4”, peso específico nominal de 2.7 y módulo de fineza de 3.26. Y con los valores obtenidos se ha graficado la siguiente curva granulométrica.

Figura 27

Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: En la figura se observa que la curva granulométrica del agregado fino cumple con la Norma ASTM C33, debido a que se encuentra dentro de los rangos establecidos.

Análisis granulométrico del agregado grueso

El agregado grueso fue extraído de la cantera Chillico, de la cual se realizó las gradaciones de acuerdo a la norma ASTM C-33 y a la Norma NTP 400-037, la misma que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8*Análisis granulométrico del agregado grueso*

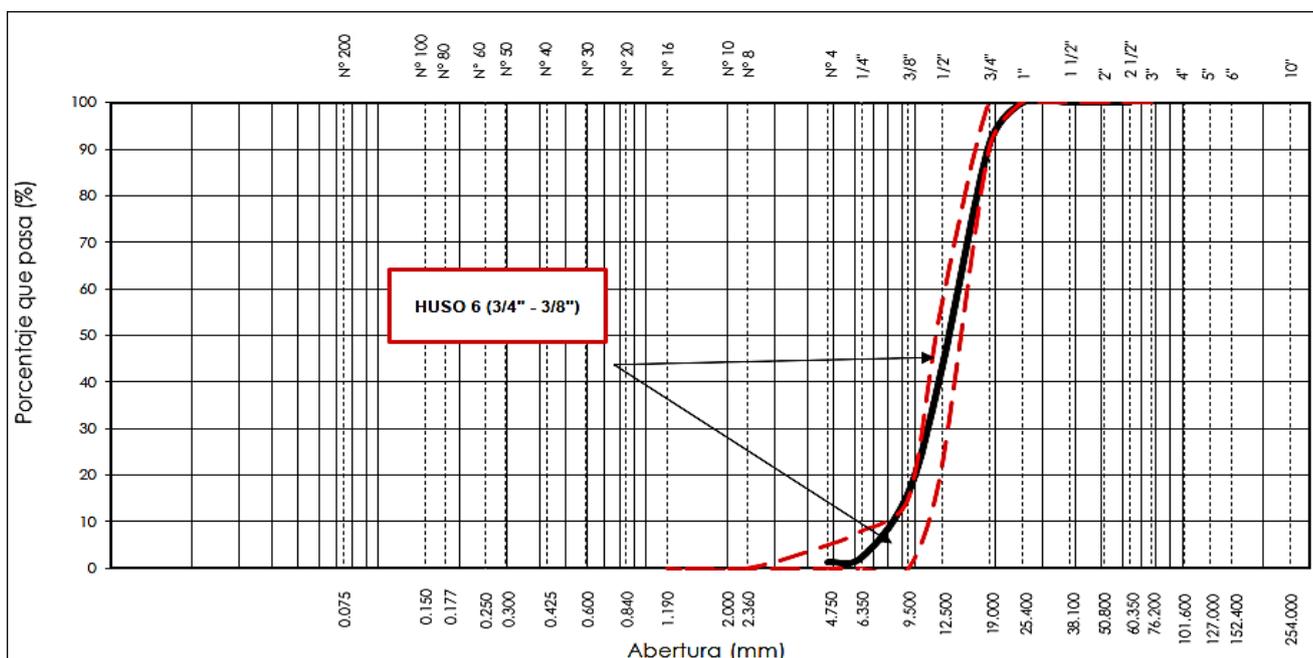
TAMIZ	AASHTP TP-27 (mm)	PESO RETENIDO	% PESOS RETENIDOS	% Retenidos Acumulados	% QUE PASA	ESPECIFICACION HUSO 6 (3/4" - 3/8")	
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400				100.00	100	100
3/4"	19.050	248.80	9.01	9.01	90.99	90	100
1/2"	12.700	1320.00	47.80	56.81	43.19	20	55
3/8"	9.525	744.70	26.97	83.78	16.22	0	15
1/4"	6.350	384.00	13.91	97.69	2.31		
N° 4	4.760	27.90	1.01	98.70	1.30	0	5
N° 8	2.380			98.70	1.30		
N°10	2.000			98.70	1.30		
N°16	1.190			98.70	1.30		
N° 30	0.590			98.70	1.30		
N° 40	0.420			98.70	1.30		
N° 50	0.297			98.70	1.30		
N° 60	0.250			98.70	1.30		
N° 80	0.177			98.70	1.30		
N° 100	0.149			98.70	1.30		
N° 200	0.074			98.70	1.30		
< N° 200	FONDO	13.00	0.47	99.17	0.83		

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: se ha utilizado 2738.4 gramos de agregado grueso para realizar el ensayo, y según la NTP – 400, es el que queda retenida en el tamiz # 4, y según la tabla N° 08 el tamaño máximo del agregado es 3/4", peso específico nominal de 2.61 y módulo de fineza de 6.85. Y con los valores obtenidos se ha graficado la siguiente curva granulométrica.

Tabla 9

Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: En la figura se observa que la curva granulométrica del agregado grueso cumple con la Norma ASTM C33, debido a que se encuentra dentro de los rangos establecidos.

Peso específico y absorción de los agregados

Tabla 10

Peso específico y absorción del agregado grueso

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
A Peso al aire de la muestra seca (gr)	1,490.30	1,625.50	
B Peso en el aire de la muestra sss (gr)	1,529.70	1,668.00	
C Peso sumergido en agua de la muestra sss (gr) = (B)-(A)	921.00	1,003.00	
Peso Específico Aparente = A/(B-C)	2.45	2.44	2.45
Peso Específico Aparente sss = B/(B-C)	2.51	2.51	2.51
Peso Específico Nominal = A/(A-C)	2.62	2.61	2.61
% de Absorción = ((B-A)/A)x100	2.64	2.61	2.63

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: en primer lugar, se realiza el cuarteo del agregado grueso, con la finalidad de tener una muestra representativa de tamaño adecuado, la muestra obtenida se deja en agua por 24 horas, luego de ese tiempo se hace secar al aire libre, luego este se pesa en una balanza, seguidamente se realiza el procedimiento para obtener el peso sumergido en agua de la muestra utilizando una balanza hidrostática y una canastilla, seguidamente la muestra se hace secar en el horno a 110°C por 24 horas para luego obtener su peso seco. Con los pesos obtenidos de la muestra, se efectúa el cálculo para determinar los parámetros del agregado según se detalla en la tabla N° 10.

Tabla 11

Peso específico y absorción del agregado fino

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
A Peso al aire de la muestra seca (gr)	244.70	240.40	
B Peso del picnómetro aforado lleno de agua (gr)	656.90	655.30	
C Peso del picnómetro con la muestra y agua (gr)	809.30	808.10	
D Peso en el aire de la muestra sss (gr)	251.00	246.60	
Peso Específico Aparente = $A/(B-C+D)$	2.48	2.56	2.52
Peso Específico Aparente sss = $S/(B-C+D)$	2.55	2.63	2.59
Peso Específico Nominal = $A/(A-C+B)$	2.65	2.74	2.70
% de Absorción = $((D-A)/A) \times 100$	2.57	2.58	2.58
Porcentaje Retenido en la Malla N° 04 (%)			53.21
Porcentaje que pasa la Malla N° 04 (%)			46.79
Gravedad específica de los sólidos			2.65

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: en primer lugar, se realiza el cuarteo del agregado fino, con la finalidad de tener una muestra representativa de tamaño adecuado, seguidamente se realiza el tamizado, la misma que debe pasar el tamiz 3/8" y retenido en el tamiz # 200, luego se deja en el agua por 24 horas, después se sigue el proceso de secado al aire con la finalidad de obtener el peso del estado saturado superficialmente seco de la arena, para lo cual debe cumplir que la arena apisonada en el cono, al momento de retirar el cono la arena debe derrumbarse parcialmente, seguidamente se obtiene el peso del matraz con agua luego se mide la temperatura del agua, después se retira el agua del matraz para introducir la arena sss al matraz a la cual se agrega un poco de agua, posterior a ello se realiza el desairado de las

burbujas dentro del matraz, seguidamente se obtiene el peso del matraz, con contenido de la arena y el agua, seguidamente la muestra se hace secar en el horno a 110°C por 24 horas para luego obtener su peso seco. Con los pesos obtenidos de la muestra, se efectúa el cálculo para determinar los parámetros del agregado, según se detalla en la tabla N° 11.

Porcentaje de vacíos

Tabla 12

Porcentaje de vacío de los agregados

IDENTIFICACIÓN	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
A Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm ³)	1,348.00	1,528.00
B Peso Unitario Compacto Seco (gr/cm ³)	1,475.00	1,650.00
C Gravedad específica de masa	2.45	2.52
D Peso de los Sólidos (gr)	2,446.00	2,522.00
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado suelto	44.90	39.40
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado varillado	39.70	34.60

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: en primer lugar, se realiza el cuarteo de los agregados, con la finalidad de tener una muestra representativa de tamaño adecuado, seguidamente se realiza el procedimiento de cálculo del peso unitario suelto seco de la muestra y el peso unitario compacto de la muestra seca, para esta última se llena el molde en tres capas, cada capa es compactada con 25 golpes con una varilla metálica. Con los pesos obtenidos de la muestra, se efectúa el cálculo para determinar los parámetros del agregado, según se detalla en la tabla N° 12.

Peso unitario suelto seco del agregado fino

Tabla 13

Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del agregado fino

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
A Peso del molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B Peso del agregado + molde (gr)	6,186.00	6,180.00	6,178.00
C Peso del agregado suelto (gr) = (B)-(A)	4,332.00	4,326.00	4,324.00
D Volumen del molde (cm ³)	2,831.70	2,831.70	2,831.70
E Peso Unitario Suelto Seco = (C)/(D)	1,530.00	1,528.00	1,527.00
PROMEDIO PUSS (kg/m³)		1,528	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: en primer lugar, se pesa el molde cilíndrico, seguidamente se llena el agregado fino en el molde sin realizar ninguna compactación, este se pesa en una balanza. Con estos resultados obtenidos y conociendo el volumen del molde, se efectúa el cálculo para determinar los parámetros del agregado, según se detalla en la tabla N° 13.

Peso unitario compacto seco del agregado fino

Tabla 14

Peso Unitario Compacto Seco (PUCS) del agregado fino

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
A Peso del molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B Peso del agregado + molde (gr)	6,525.00	6,528.00	6,530.00
C Peso del agregado suelto (gr) = (B)-(A)	4,671.00	4,674.00	4,676.00
D Volumen del molde (cm ³)	2,831.70	2,831.70	2,831.70
E Peso Unitario Suelto del Seco = (C)/(D)	1,650.00	1,651.00	1,651.00
PROMEDIO PUCS (kg/m³)		1,651	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: en primer lugar, se pesa el molde, para luego llenar el agregado fino en el molde en tres capas, cada capa es compactada con 25 golpes con una varilla metálica, por último, se pesa en una balanza. Con estos resultados obtenidos y conociendo el volumen del molde, se efectúa el cálculo para determinar los parámetros del agregado, según se detalla en la tabla N° 14.

Peso unitario suelto seco del agregado grueso

Tabla 15

Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del agregado grueso

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
A Peso del molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B Peso del agregado + molde (gr)	5,670.00	5,664.00	5,677.00
C Peso del agregado suelto (gr) = (B)-(A)	3,816.00	3,810.00	3,823.00
D Volumen del molde (cm ³)	2,831.70	2,831.70	2,831.70
E Peso Unitario Suelto del Seco	1,348.00	1,345.00	1,350.00
PROMEDIO PUSS (kg/m³)		1,348	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: en primer lugar, se pesa el molde cilíndrico, seguidamente se llena el agregado grueso en el molde sin realizar ninguna compactación, este se pesa en una balanza. Con estos resultados obtenidos y conociendo el volumen del molde, se efectúa el cálculo para determinar el Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso, según se detalla en la tabla N° 15.

Peso unitario compacto seco del agregado grueso

Tabla 16

Peso Unitario Compacto Seco (PUCS) del agregado grueso

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
A Peso del molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B Peso del agregado + molde (gr)	6,032.00	6,028.00	6,034.00
C Peso del agregado suelto (gr) = (B)-(A)	4,178.00	4,174.00	4,180.00
D Volumen del molde (cm ³)	2,831.70	2,831.70	2,831.70
E Peso Unitario Suelto del Seco	1,475.00	1,474.00	1,476.00
PROMEDIO PUCS (kg/m³)		1,475	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Interpretación: en primer lugar, se pesa el molde, para luego llenar el agregado grueso en el molde en tres capas, cada capa es compactada con 25 golpes con una varilla metálica, por último, se pesa en una balanza. Con estos resultados obtenidos y conociendo el volumen del molde, se efectúa el cálculo para determinar el Peso Unitario Compacto Seco del agregado grueso, según se detalla en la tabla N° 16.

Contenido de humedad y absorción efectiva del agregado fino

Tabla 17

Contenido de Humedad y Absorción Efectiva del agregado fino

IDENTIFICACIÓN	AGREGADO FINO	
A Peso Húmedo de la muestra (gr)	58.96	66.08
B Peso Seco de la muestra (gr)	55.87	62.93
C Peso del agua en la muestra (gr)	3.09	3.15
D % de absorción	2.58	
Contenido de humedad (%)	5.50	5.00
Contenido de humedad promedio (%)	5.3	
Absorción Efectiva (%)	-	
Humedad Superficial (%)	2.69	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Contenido de humedad y absorción efectiva del agregado grueso

Tabla 18

Contenido de Humedad y Absorción Efectiva del agregado grueso

IDENTIFICACIÓN	AGREGADO GRUESO	
A Peso húmedo de la muestra (gr)	69.75	87.13
B Peso seco de la muestra (gr)	67.82	84.34
C Peso del agua en la muestra (gr)	1.93	2.79
D % DE ABSORCIÓN	2.63	
Contenido de humedad (%)	2.80	3.30
Contenido de humedad promedio (%)	3.10	
Absorción efectiva (%)	-	
Humedad superficial (%)	0.45	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Dosificación de la mezcla para 1 m³ de concreto f'_c=175 kg/cm² con sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto

Tabla 19

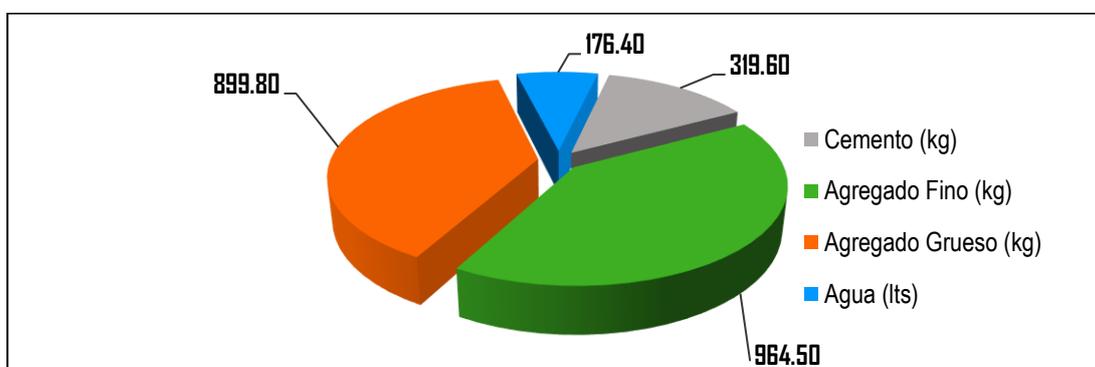
Dosificación de la mezcla con 0% de sustitución de cemento (concreto patrón)

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	319.60 kg
Agregado Fino	964.50 kg
Agregado Grueso	899.80 kg
Agua	176.40 lts

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 28

Distribución de materiales para concreto patrón (0% de sustitución de cemento)



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Tabla 20

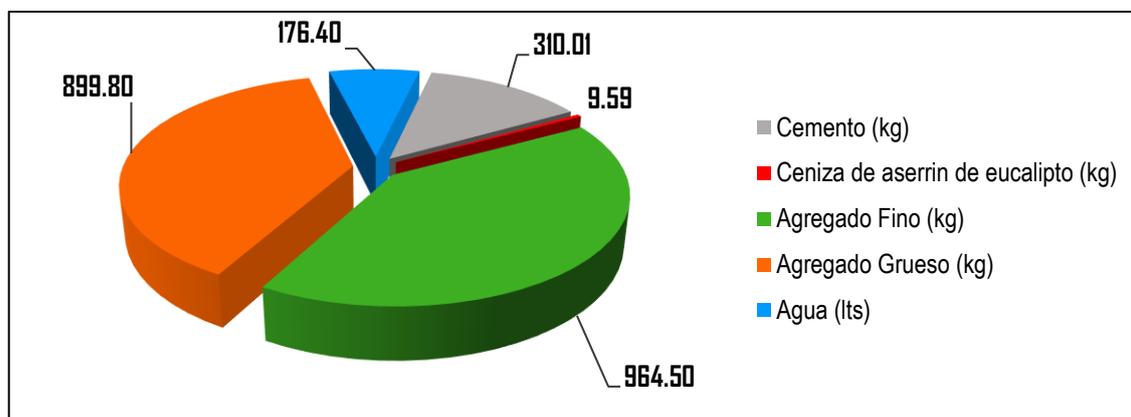
Dosificación de la mezcla con 3% de sustitución de cemento

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	310.01 kg
Ceniza de aserrín de eucalipto	9.59 kg
Agregado Fino	964.50 kg
Agregado Grueso	899.80 kg
Agua	176.40 lts

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 29

Distribución de materiales para concreto patrón (3% de sustitución de cemento)



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Tabla 21

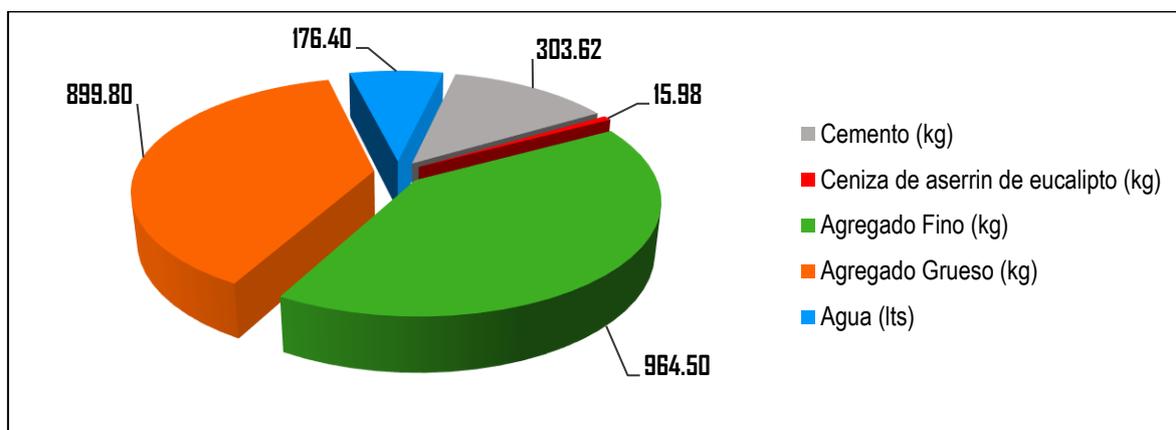
Dosificación de la mezcla con 5% de sustitución de cemento

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	303.62 kg
Ceniza de aserrín de eucalipto	15.98 kg
Agregado Fino	964.50 kg
Agregado Grueso	899.80 kg
Agua	176.40 lts

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 30

Distribución de materiales para concreto patrón (5% de sustitución de cemento)



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Tabla 22

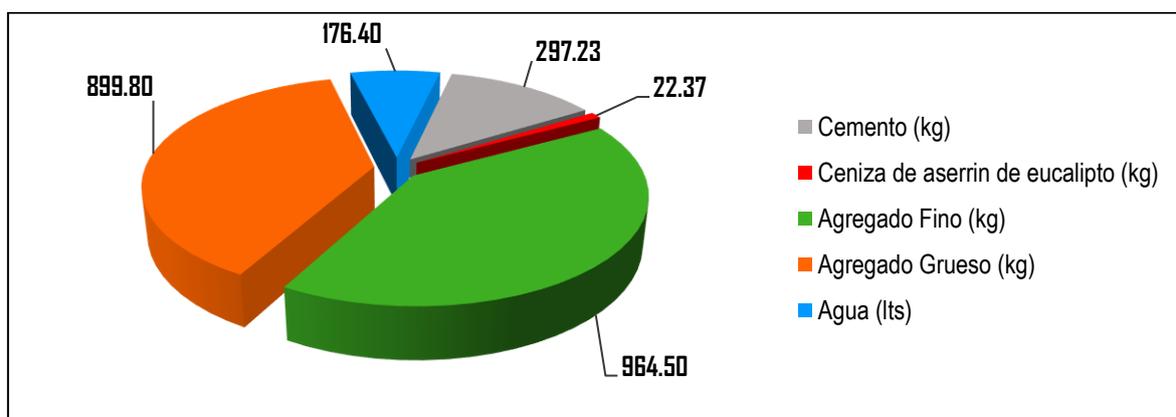
Dosificación de la mezcla con 7% de sustitución de cemento

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	297.23
Ceniza de aserrín de eucalipto	22.37
Agregado Fino	964.50
Agregado Grueso	899.80
Agua	176.40

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 31

Distribución de materiales para concreto patrón (7% de sustitución de cemento)



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

RESULTADOS DEL CONCRETO FRESCO

Se han realizado los ensayos del concreto fresco según los procedimientos establecidos en las normas. Se ha obtenido los siguientes resultados:

Asentamiento o Slump del concreto

Tabla 23

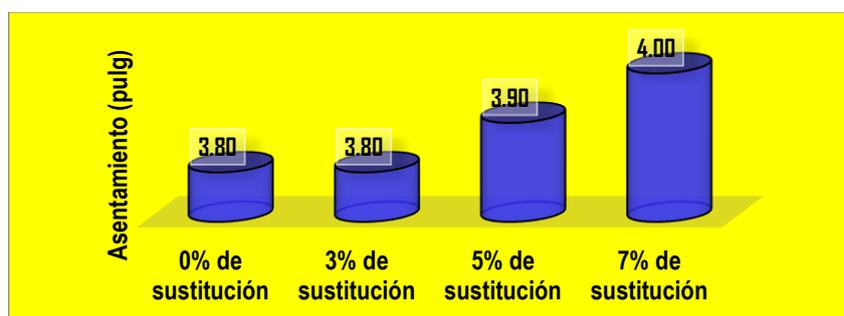
Asentamiento del concreto patrón y con sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en 3.0, 5.0 y 7.0%

Descripción	Asentamiento (pulg)
Concreto Patrón (P)	3.80
Sustitución de 3% de cemento con ceniza	3.20
Sustitución de 5% de cemento con ceniza	3.80
Sustitución de 7% de cemento con ceniza	4.00

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 32

Asentamiento del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Peso Unitario del concreto

Tabla 24

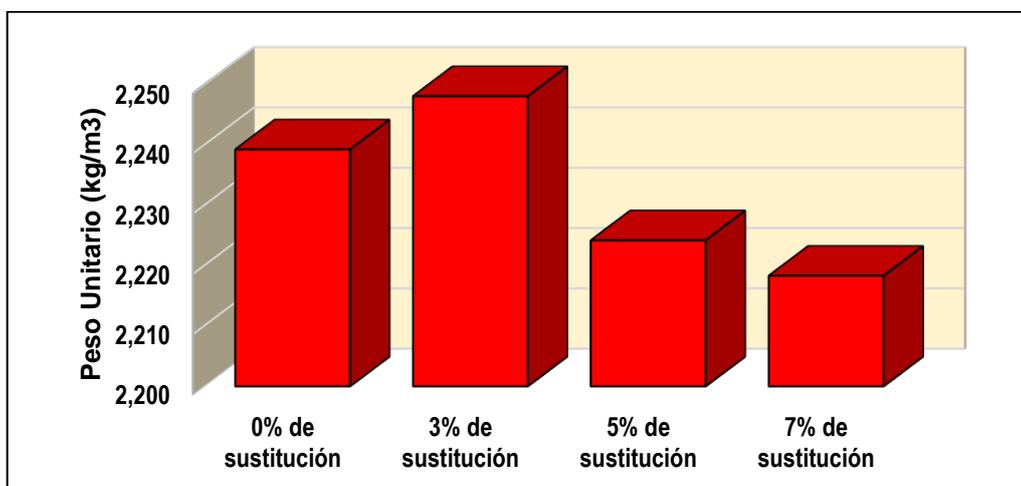
Peso Unitario del concreto patrón y con sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en 3.0, 5.0 y 7.0%

Descripción	Peso Unitario (kg/m ³)
Concreto Patrón (P)	2239.29
Sustitución de 3% de cemento con ceniza	2248.12
Sustitución de 5% de cemento con ceniza	2224.22
Sustitución de 7% de cemento con ceniza	2218.34

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 33

Peso Unitario del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO F'C = 175 KG/CM2

Tabla 25

Análisis de compresión del concreto con 0% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.

Curado	Nº de probeta	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
7 días	P-01	217.50	213
	P-02	205.80	
	P-03	215.70	
14 días	P-04	261.90	252
	P-05	235.40	
	P-06	258.50	
28 días	P-07	320.70	321
	P-08	315.40	
	P-09	327.80	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 34

Gráfica de la curva de la resistencia del concreto con 0% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Tabla 26

Análisis de compresión del concreto con 3% de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.

Curado	Nº de probeta	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
7 días	P-10	228.60	226
	P-11	222.10	
	P-12	226.50	
14 días	P-13	294.50	274
	P-14	281.50	
	P-15	244.50	
28 días	P-16	336.80	337
	P-17	339.40	
	P-18	333.40	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 35

Gráfico de la curva de la resistencia del concreto con 3 % de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Tabla 27

Análisis de compresión del concreto con 5% de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.

Curado	Nº de probeta	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
7 días	P-19	217.40	212
	P-20	231.70	
	P-21	186.00	
14 días	P-22	230.10	232
	P-23	241.30	
	P-24	226.60	
28 días	P-25	293.40	291
	P-26	290.90	
	P-27	288.90	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 36

Gráfico de la curva de la resistencia del concreto con 5 % de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Tabla 28

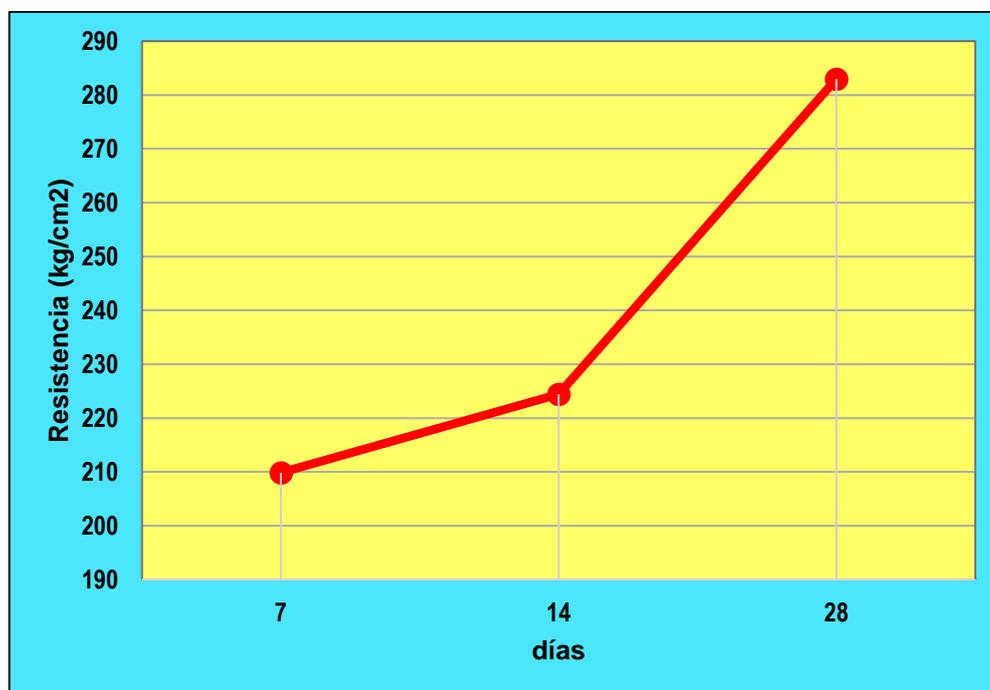
Análisis de compresión del concreto con 7% de sustitución del cemento con aserrín de eucalipto.

Curado	Nº de probeta	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
7 días	P-28	196.60	210
	P-29	214.90	
	P-30	218.10	
14 días	P-31	229.40	224
	P-32	223.60	
	P-33	220.20	
28 días	P-34	270.40	283
	P-35	282.90	
	P-36	295.60	

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 37

Gráfico de la curva de la resistencia del concreto con 7 % de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Tabla 29

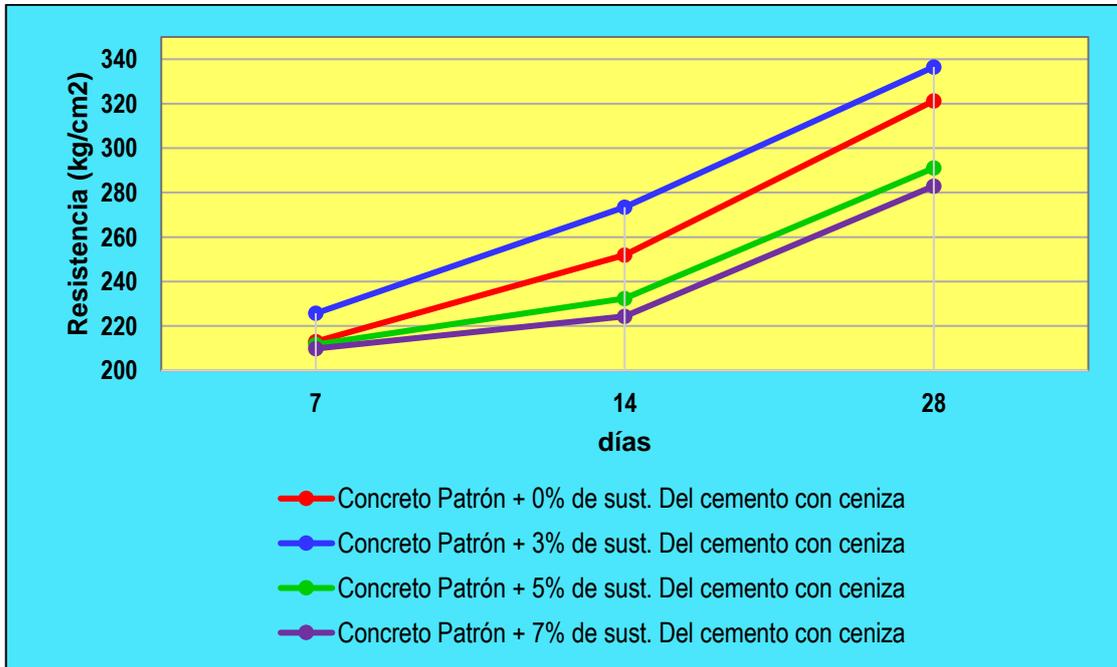
Resumen de resistencia del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto

Edad (días)	Concreto Patrón + 0% de sust. Del cemento con ceniza	Concreto Patrón + 3% de sust. Del cemento con ceniza	Concreto Patrón + 5% de sust. Del cemento con ceniza	Concreto Patrón + 7% de sust. Del cemento con ceniza
7	213	226	212	210
14	252	274	232	224
28	321	337	291	283

Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 38

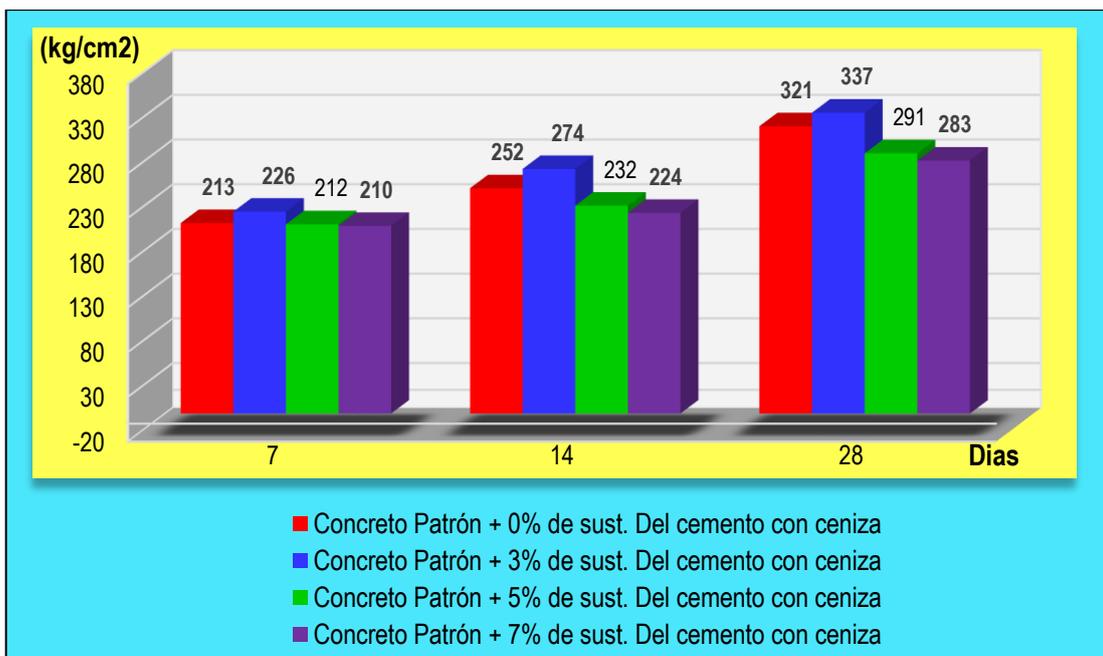
Gráfico de la curva de la resistencia del concreto para diferentes porcentajes de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Figura 39

Comparativo de la resistencia del concreto con 0%, 3%, 5% y 7% de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto



Fuente: INGEOMAX.SAC, laboratorio de suelos, concreto y pavimento

Resultados del costo de producción por m3 de concreto f'c = 175 kg/cm2

Tabla 30

Costo de 1 m3 de concreto patrón con 0% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto

Material	Und	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	bls	7.50	30	225.00
Agregado Fino	m3	0.60	40	24.00
Agregado Grueso	m3	0.65	65	42.25
Agua	lts	176.40	0.1	17.64
TOTAL (S/.)				308.89

Fuente: elaboración propia

Tabla 31

Costo de 1 m3 de concreto patrón con 3% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto

Material	Und	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	bls	7.28	30.0	218.25
Ceniza de aserrín de eucalipto	kg	9.56	0.0	0.00
Agregado Fino	m3	0.60	40.0	24.00
Agregado Grueso	m3	0.65	65.0	42.25
Agua	lts	176.40	0.1	17.64
TOTAL (S/.)				302.14

Fuente: elaboración propia

Tabla 32

Costo de 1 m3 de concreto patrón con 5% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto

Material	Und	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	bls	7.13	30	213.75
Ceniza de aserrín de eucalipto	kg	15.94	0.00	0.00
Agregado Fino	m3	0.60	40	24.00
Agregado Grueso	m3	0.65	65	42.25
Agua	lts	176.40	0.1	17.64
TOTAL (S/.)				297.64

Fuente: elaboración propia

Tabla 33

Costo de 1 m³ de concreto patrón con 7% de sustitución de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto

Material	Und	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	bls	6.98	30	209.25
Ceniza de aserrín de eucalipto	kg	22.31	0.00	0.00
Agregado Fino	m ³	0.60	40	24.00
Agregado Grueso	m ³	0.65	65	42.25
Agua	lts	176.40	0.1	17.64
TOTAL (S/.)				293.14

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 01

Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con cenizas de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm².

asentamiento del concreto

El ensayo del asentamiento del concreto o slump se desarrolló de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ASTM, y se efectuó a cada una de las sustituciones del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en 3.0%, 5.0% y 7.0%, respectivamente.

Las mediciones de los asentamientos fueron expresadas en pulgadas según se muestra en la tabla 23 y figura 32, donde el concreto patrón $f'c=175$ kg/cm² alcanzó un asentamiento de 3.8" (consistencia plástica), con la sustitución del cemento en 3.0% alcanzó un asentamiento de 3.8" (consistencia plástica), con la sustitución del cemento en 5.0% alcanzó un asentamiento de 3.9" (consistencia plástica) y con la sustitución del cemento en 7.0% alcanzó un asentamiento de 4.00" (consistencia plástica).

Peso unitario

Para el desarrollo de este ensayo primeramente se pesa en una balanza electrónica un recipiente metálico con un volumen que sea conocida, seguidamente se llena la mezcla en tres capas de igual cantidad, las cuales se compactan 25 veces con una varilla de 5/8", por último, se pesa el recipiente juntamente con la mezcla de concreto $f'c=175$ kg/cm² y masa unitaria se obtiene de la división de la masa y el volumen de la mezcla.

Las mediciones de la masa unitaria fueron expresadas en kg/m³ según se muestra en la tabla 23, donde el concreto patrón $f'c=175$ kg/cm² alcanzó una masa unitaria de 2239.29 kg/m³, con la sustitución del cemento en 3.0% alcanzó un asentamiento de 2248.12 kg/m³, con la sustitución del cemento en 5.0% alcanzó un asentamiento de 2224.22 kg/m³ y con la sustitución del cemento en 7.0% alcanzó un asentamiento de 2218.34 kg/m³.

OBJETIVO ESPECÍFICO Nº 2

Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con cenizas de aserrín de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm².

Ensayo de compresión del concreto

El ensayo se ha realizado para 7, 14 y 28 días para el concreto patrón $f'c=175$ kg/cm² y con cada una de las sustituciones del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en 3.0, 5.0 y 7.0%, respectivamente. Este ensayo se realizó siguiendo el procedimiento establecido en la NTP 339.

De los resultados obtenidos en las tablas 25, 26, 27 y 28 se deduce que la resistencia promedio del concreto patrón a los 7, 14 y 18 días llega a 213 kg/cm², 252 kg/cm² y 321 kg/cm² respectivamente. Sin embargo, con la sustitución del 3% de cemento la resistencia alcanza un valor de 226 kg/cm², 274 kg/cm² y 337 kg/cm² para los 7, 14 y 28 días respectivamente. Para el concreto con sustitución de 5% del cemento la resistencia alcanza a un valor de 212 kg/cm², 232 kg/cm² y 291 kg/cm² para 7, 14 y 28 días respectivamente, y el concreto con sustitución de 7% del cemento su resistencia llega a 210 kg/cm², 224 kg/cm² y 283 kg/cm² para los 7, 14 y 28 días respectivamente.

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3

Determinar el costo de producción de insumos por m³ de concreto f'c=175 Kg/cm²

De los resultados obtenidos en las tablas 29, 30, 31 y 32 se deduce que el costo de producción por metro cúbico de concreto patrón f'c = 175 kg/cm² es de S/. 308.89, y para la producción del concreto con sustitución de 3%, 5% y 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto, va a requerir un costo de S/. 302.00, S/. 297.64 y S/. 293.14 por m³ respectivamente.

V. DISCUSIÓN

OBJETIVO ESPECÍFICO Nº 01

Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.

Consistencia

Pérez (2018), obtuvo 3.20" de asentamiento en el concreto patrón, sin embargo, al sustituir el 4.0% del cemento con ceniza de eucalipto alcanzó un asentamiento de 3.30" y con la sustitución de 8% de cemento con ceniza de eucalipto obtuvo un asentamiento de 3.4".

En la presente investigación se obtuvieron los siguientes valores de los asentamientos: concreto patrón $f'c=175\text{kg/cm}^2$ alcanzó un asentamiento de 3.8", con la sustitución del cemento en 3.0% alcanzó un asentamiento de 3.8", con la sustitución del cemento en 5.0% alcanzó un asentamiento de 3.9" y con la sustitución del cemento en 7.0% alcanzó un asentamiento de 4.0".

Según (Perez, 2018), el asentamiento se incrementa cuanto más aumenta el porcentaje de sustitución del cemento con ceniza de eucalipto. Sin embargo, en la presente investigación el asentamiento con 3% de sustitución del cemento no varía con respecto al asentamiento del concreto patrón, no obstante, con 5 y 7% de sustitución del cemento aumenta el asentamiento de la mezcla. Así mismo, de acuerdo a los asentamientos obtenidos en la presente investigación, según Abanto (2009) se puede decir que el concreto es de consistencia plástica y de trabajabilidad normal debido a que los asentamientos varían entre 3" a 4", con ello se estaría cumpliendo con el diseño preliminar planteado.

Peso unitario

(Perez, 2018), obtuvo 2352.54 kg/m³ de peso unitario en el concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, 2357.56 kg/m³ con la sustitución de 4.0% de ceniza de eucalipto y con la sustitución de 8% de cemento con ceniza de eucalipto obtuvo 2346.34 kg/m³ de peso unitario.

En la presente investigación se obtuvieron los siguientes pesos unitarios: concreto patrón $f'c=175$ kg/cm² obtuvo un peso unitario de 2239.29 kg/m³, con la sustitución del cemento en 3.0% alcanzó un peso unitario de 2248.12 kg/m³, con la sustitución del cemento en 5.0% alcanzó un peso unitario de 2224.22 kg/m³ y con la sustitución del cemento en 7.0% alcanzó un peso unitario de 2218.34 kg/m³. En consecuencia, en virtud a (Giraldo, 1987), se puede decir que el concreto es normal debido a que los pesos unitarios varían entre 2000 a 3000 kg/m³.

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2

Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=175$ Kg/cm².

Resistencia a la compresión del concreto $f'c=175$ Kg/cm²

Según la tabla 25, 26, 27, 28 y 29 se puede apreciar que con la sustitución de 3% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto respecto al concreto patrón, a los 7, 14 y 28 días la resistencia del concreto se incrementa en 5.98%, 8.56% y 4.74% respectivamente, en consecuencia, se ha incrementado ligeramente la resistencia respecto al concreto patrón. En cambio, con la sustitución de 5% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto las resistencias para los 7, 14 y 28 días disminuyen en -0.61%, -7.73% y 9.41% con respecto a la resistencia del concreto patrón. De igual manera, con la sustitución de 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto las resistencias para los 7, 14 y 28 días disminuyen en -1.47%, -10.93% y 11.93% con respecto a la resistencia del concreto patrón.

Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos por (Perez, 2018) el concreto con sustitución de 4% y 8% del cemento con ceniza de tronco de eucalipto, la resistencia tiende a incrementarse con respecto al concreto patrón. Así mismo, en sus resultados obtenidos de (Villanueva, 2018) se constata que con la sustitución de cemento en 15% con cenizas de eucalipto en hornos artesanales a los 7, 14 y 28 días se incrementa la resistencia en 0.2%, 1.2% y 1.5% respectivamente respecto a la resistencia del concreto patrón.

Objetivo Específico N° 3

Determinar el costo de producción de insumos por m³ de concreto f'c=175 Kg/cm²

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tablas 29, 30, 31 y 32 se puede deducir que cuanto más porcentaje de ceniza de aserrín de eucalipto se agregue al concreto f'c = 175 kg/cm² disminuye considerablemente el costo de producción por metro cúbico, esto es debido a que no se requiere un costo adicional para la producción de la ceniza de aserrín de eucalipto.

VI. CONCLUSIONES

Se ha evaluado el efecto de la sustitución de 0%, 3%, 5% y 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas (Slump, peso unitario) y mecánicas (resistencia a la compresión) del concreto $f'c=175$ Kg/cm², en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.

Objetivo Específico N° 01, Con las sustituciones de 0%, 3%, 5% y 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto se obtuvo un concreto $f'c=175$ Kg/cm² de consistencia plástica debido a que los asentamientos o la consistencia varían entre 3" a 4", el peso unitario aumenta ligeramente con 3% de sustitución, sin embargo, a medida que se incrementa el % de sustitución del cemento con ceniza disminuye el peso unitario del concreto.

Objetivo específico N° 02, Se ha determinado la influencia de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175$ Kg/cm² con la sustitución de 0%, 3%, 5% y 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto, donde con 3% de sustitución la resistencia aumenta con respecto a la resistencia del concreto patrón, sin embargo, con 5% y 7% la resistencia disminuye con respecto al concreto patrón. En conclusión, con la sustitución de 3% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto es óptimo.

Objetivo específico N° 03, el costo de producción de insumos por m³ de concreto $f'c=175$ Kg/cm² en la ciudad de Huanta es S/. 308.89 (Trescientos Ocho con 89/100 Soles), sin embargo, para la sustitución de 3%, 5% y 7% del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto su costo de producción por m³ es S/. 302.14 (Trescientos Dos Mil con 14/100 Soles), S/. 297.64 (Doscientos Noventa y Siete con 64/100 Soles) y S/. 293.14 (Doscientos Noventa y Tres Mil con 14/100 Soles). En ese contexto, el costo de producción por m³ de concreto disminuye al aumentar el % de ceniza de aserrín de eucalipto.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que, al momento de recolectar el aserrín de eucalipto, este se encuentre homogéneo (solo aserrín de madera de eucalipto) y limpio de impurezas, como polvo, hojas de otros árboles, etc.

El porcentaje óptimo de sustitución del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto es el 3%, en ese sentido, se recomienda para futuras investigaciones trabajar solo con sustitución del cemento menores al 3%, si es que se plantea elevar su resistencia a la compresión del concreto y siempre en cuando si se realiza el ensayo en las mismas características de la zona donde se ha realizado la presente investigación.

La relación agua cemento influye en gran medida en la resistencia del concreto, es por esa razón que en las se tiene que tener bastante cuidado en la preparación de la mezcla. Así mismo, el curado del concreto fresco es muy importante debido que también este influye bastante en la resistencia que alcanza el concreto a los 28 días.

La ceniza de aserrín de eucalipto tiene propiedades cementantes similares de un cemento y su elaboración no requiere un costo adicional, en ese sentido, es recomendable la sustitución del cemento para la preparación del concreto para aminorar el costo de insumos que se requiere para la producción de 1 m³ de concreto.

REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto* (Segunda ed.). Lima, Perú: San Marcos.
- Ahmed, J. (2021). Comportamiento mecánico del concreto autocompactante: Efecto de la ceniza de madera y ceniza de carbón como reemplazo parcial del cemento. *Materiales hoy: Actas*, 42, 1470-1476.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.311>
- Angaspilco, M., Bocanegra, J., Muñoz, S., Torres, L., & Villanueva, C. (2021). Uso de cenizas de carbón para mejorar la resistencia a la compresión del concreto. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 4(2). 10.37518/2663-6360X2021v4n2p47
- Arunkumar, K., Muthukannan, M., Suresh, A., & Chithambar, A. (Marzo de 2021). Mitigación de llantas de caucho de desecho y cenizas de madera de desecho mediante la producción de hormigón de geopolímero a base de ceniza de madera de desecho bajo en calcio cauchutado. *Investigación Ambiental*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110661>
- Banjo, A. (Marzo de 2021). Desempeño de la ceniza de fondo de madera en aplicaciones a base de cemento y comparación con otras cenizas seleccionadas: descripción general. *Recursos, Conservación y Reciclaje*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105351>
- Barrientos, E. (2020). Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica. *Mundo FESC*, 10(19), 203-215.
<https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/726>
- Basaure, P. (2008). *Aserrín de madera / Composta*. Santiago de Chile.
- Canul, J., Moreno, E., & Mendoza, J. (2016). Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas de concretos hechos con agregado calizo triturado de alta absorción. *Revista ALCONPAT*, 6(3).
<https://doi.org/10.21041/ra.v6i3.150>
- Chiranjeevi, R., Venkata, S., Kiran, K., Nasser, M., Juma, A., & Venkat, A. (2021). Una investigación experimental sobre las propiedades mecánicas del hormigón mediante la sustitución parcial del cemento por cenizas de madera y polvo fino de conchas marinas. *Materiales hoy: Actas*, 43, 1325-1330. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.164>
- Chowdhury, S., Maniar, A., & Suganya, A. (Noviembre de 2015). Desarrollo de resistencia en hormigón con cemento mezclado con ceniza de madera y uso de modelos informáticos para predecir parámetros de resistencia. *Revista de investigación avanzada*, 6(6), 907-913.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.08.006>

- Cigüeñas, P. (2020). *Determinación del comportamiento mecánico del concreto con adición de aserrín*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/6644>
- Comité técnico de Normalización de Cementos, Cales y Yesos. (2005). *NTP 334.009, Cementos Portland, Requisitos* (Tercera ed.). Lima, Perú: Comisión de REglamentos Técnicos y Comerciales.
- Coronel, R., Muñoz, P., & Rodriguez, E. (2021). Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades del concreto. *INGENIERÍA: Ciencia Tecnología e Innovación*, 8(1). <https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1904>
- Coronel, Y., Altamirano, L., & Muñoz, S. (2022). Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(49), 321–329. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.20814>
- De Souza, D., Antunes, L., & Sanchez, L. (15 de Julio de 2022). La evaluación de Wood Ash como una posible medida preventiva contra la expansión y el deterioro inducidos por la reacción álcali-sílice. *Revista de producción más limpia*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131984>
- Farfán, M., & Pasto, H. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. *Revista de Investigación y Cultura*, 7(3), 25-33. <https://doi.org/10.18050/RevUCVHACER.v7n3a2>
- Farnaz, B., Kamrul, I., Celal, C., & Anjuman, S. (Diciembre de 2021). Eficacia del aserrín de desecho de madera para producir materiales de hormigón de resistencia media a baja. *Revista de Ingeniería de la Construcción*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.jobc.2021.103237>
- FREITES, A., OSUNA, M., RODRIGUEZ, H., ROMERO, M., & SALAZAR, D. (Marzo de 2013). *ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN MEZCLAS DE CONCRETO, SUSTITUYENDO EL 10% EN PESO DE CEMENTO POR CENIZAS DE LAS HOJAS SECAS DE LA PALMA CHAGUARAMO COMO MATERIAL PUZOLÁNICO*. Retrieved agosto de 2022, from Reositorio de la Universidad Central de Venezuela: <https://xdoc.mx/preview/descargando-5f5699d111ad0>
- Galicia, M. A., & Velásquez, M. A. (15 de julio de 2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de la canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210$ KG/CM²*. Repositorio de la Universidad Andina del Cusco: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/348>
- Giraldo, O. (1987). *Guía Practica para el Diseo de Mezclas de Hormigon*. Medellin, Colombia.

- Godoy, M., & Gándara, C. (2018). El uso de ceniza volante y aditivos en la elaboración del concreto como solución ecológica. *Fundación Dialnet*, 11(31).
- Gonzales Cuevas, O., & Robles Fernández, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. Mexico, Mexico: LIMUSA S.A.
- Gugoloth, Y., & Jaya, K. (2022). Efecto de la ceniza de paja de arroz y microsílíce en la resistencia y durabilidad del concreto. *Materiales hoy: Actas*, 60, 151-2156. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.107>
- Gutierrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*.
- Huaquisto, S., & Belizario, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.366>
- Karen, A. L. (2018). Estudio del concreto de alta resistencia con el uso de cenizas de materiales orgánicos y polímeros. *Revista de I+D Tecnológico*, 42(2). <https://doi.org/10.33412/idt.v14.2.2071>
- Kazi, T., Sudharshan, R., Maslina, J., & Roszilah, H. (20 de Marzo de 2020). Utilización de cenizas de residuos de madera en la tecnología de la construcción: una revisión. *Construcción y Materiales de Construcción*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117654>
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., & Panarese, W. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Skokie, Illinois, Estados Unidos de América: Portland Cement Association.
- Laura, S. (2006). Diseño de Mezclas de Concreto. *Diseño de Mezclas de Concreto*. Universidad Nacional de Altiplano, Puno, Puno, Perú.
- Marrufo, J. (2015). *Influencia en la resistencia del concreto al incorporar parcialmente ceniza de arroz por cemento portland*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Meko, B., & Ighalo, J. (Diciembre de 2021). Utilización de cenizas de aserrín de madera Cordia Africana como reemplazo parcial del cemento en hormigón C 25. *Materiales más limpios*. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100012>
- Nengsen, W., Tao, J., Ping, H., Tengfei, F., Xiaoyan, Z., & Qing, X. (24 de Enero de 2022). Uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar en concreto de ultra alto rendimiento (UHPC) como reemplazo del cemento. *Construcción y Materiales de Construcción*, 317. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125881>
- Nurtanto, D., Junaidi, I., Wahyuningtyas, W., & Yunarni, W. (Diciembre de 2020). Comparación de la adición de cenizas de cascarilla de arroz y cenizas de tejas a cemento de geopolímero en base a cenizas volantes con cemento

Portland. *Revista Ingeniería de construcción*, 35(3).
<https://doi.org/10.4067/S0718-50732020000300287>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1981). *El eucalipto en la repoblación forestal* (Décimoprimer ed.). Roma, edición, Italia: FAO.
- Orrala, F. A., & Gomez, F. (2 de abril de 2015). *Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena*. Retrieved agosto de 2022, from Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena:
<http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2272>
- Orrala, F., & Gómez, F. (2015). *Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena*. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
<http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2272>
- Ospina, C., Hernández, R., Rodas, C., Byron, J., Godoy, J., Aristizábal, F., Osorio, Ó., & Riaño, N. (2006). *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana*. Colombia: FNC-Cenicafé.
- Pasquel, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú*. Lima, Perú.
- Perez, Y. (23 de Noviembre de 2018). *Resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*)*. Retrieved agosto de 2022, from Repositorio Universidad San Pedro:
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7975>
- Rivera, G. (2005). *Concreto Simple*. Lima.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú.
- Rivva, E. (2010). *Diseño de Mezclas* (Segunda ed.). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Ruiz, A., Peñaranda, C., Fuentes, G., & Semprun, M. (2020). Análisis comparativo de resultados en el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material sustituyente del cemento portland en el concreto. *Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*, 11(2), 8-17. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.51>
- Salas, E. (2018). Incremento de resistencia a la compresión del concreto obtenido a través de adición de ceniza de rastrojo de maíz. *Yachay - Revista Científico Cultural*, 60(1), 160-166. 10.36881/yachay.v6i01.36

- Sallés, J., & Renobale, G. (2001). *Plantas de interés farmacéutico*.
- Samuel, M. (2018). *Resistencia de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto*. Huaraz, Perú: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8015>
- Shady, S., Yousra, H., El-Sayed, A., & Mostafa, S. (2022). Hacia un hormigón sostenible: sustitución del cemento con ceniza de tallo de maíz egipcio. *Casos de Estudio en Materiales de Construcción*, 17.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01193>
- Swaptik, C., Mihir, M., & Om, S. (Junio de 2015). La incorporación de cenizas de desecho de madera como material de reemplazo parcial del cemento para hacer concreto de grado estructural: una visión general. *Revista de ingeniería Ain Shams*, 6(2), 429-437.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2014.11.005>
- Tavares, J., Lucena, L. L., Henriques, G., Ferreira, R., & Ángeles, M. (5 de Setiembre de 2022). Uso de ceniza de hoja de plátano como reemplazo parcial del cemento Portland en hormigones ecológicos. *Construcción y Materiales de Construcción*, 346.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128467>
- Teixeira, E., Camões, A., & Blanco, F. (Junio de 2019). Valorización de cenizas volantes de madera sobre hormigón. *Recursos, Conservación y Reciclaje*, 145, 292-310. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.028>
- Torre, A. (2004). *Curso Basico de Tecnologia Del Concreto*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Laboratorio de ensayo de materiales.
- Villanueva, J. E. (06 de noviembre de 2018). *Resistencia de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con sustitución de 15% de cemento por cenizas de eucalipto de hornos artesanales*. Retrieved agosto de 2022, from Repositorio Universidad San Pedro:
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7937>
- Y, T., Dirikolu, I., & Gokce, H. (20 de Febrero de 2021). Un material cementoso suplementario regional para la industria del cemento: Ceniza de cáscara de pistacho. *Revista de producción más limpia*, 285.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124810>
- Yan, Z., Weiwei, D., & Yue, L. (2022). Utilización de cenizas de residuos de madera en la producción de hormigón verde. *Concreto Sustentable Elaborado con Cenizas y Polvo de Diferentes Fuentes*, 419-450.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824050-2.00007-3>

Zubaid, H., & Suhail, R. (2021). Un estudio experimental sobre el comportamiento de la ceniza de madera en el hormigón como sustitución parcial del cemento. *Materiales hoy: Actas*, 3426-3429.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.776>

ANEXOS

- Anexo 01: Matriz de consistencia
- Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables
- Anexo 03: Diseño de mezcla
- Anexo 04: Panel fotográfico

Anexo 01: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿De qué manera influirá la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022?	Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022	Con la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto, se mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.	Ceniza de aserrín de eucalipto	Dosificación de la mezcla	3% de ceniza de aserrín de eucalipto	Balanza de medición
					5% de ceniza de aserrín de eucalipto	
					7% de ceniza de aserrín de eucalipto	
Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específico	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿De qué manera influirá la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022?	Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades físicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.	Con la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto se mejora las propiedades físicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.	Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	Propiedades físicas	Slump (pulg)	Ensayo de asentamiento (ASTM C143 /NTP339.038)
					Peso Unitario (kg/cm ³)	Ensayo de concreto en estado fresco (ASTM C138M /NTP339.048)
¿De qué manera influirá la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022?	Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.	Evaluar el efecto de la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.			Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
¿Como varia el costo de producción de insumos por m ³ de concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, con la sustitución parcial del cemento con cenizas de aserrín de eucalipto en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022?	Determinar el costo de producción de insumos por m ³ de concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, con la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.	Determinar el costo de producción de insumos por m ³ de concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, con la sustitución parcial del cemento con ceniza de aserrín de eucalipto en la ciudad de Huanta – Ayacucho 2022.				

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>variable independiente</p> <p>sustitución de cemento con ceniza de aserrín en 3%, 5% y 7%</p>	<p>% de sustitución al cemento con ceniza de aserrín de eucalipto al concreto tradicional</p>	<p>al quemar el aserrín se producirán partículas finas de sílice, que al introducirlo a altas temperaturas llegará a formar un polvo, la misma que será procesada en un laboratorio mediante ensayos químicos</p>	<p>la ceniza del aserrín de eucalipto va a sustituir el cemento en una proporción de: 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento, efectuando 4 combinaciones</p>	<p>porcentaje de sustitución (%) gramos, kilogramos</p>	<p>diseño de mezcla de concreto tradicional $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo cemento con 3, 5 y 7% de ceniza de aserrín.</p>
<p>variable dependiente</p> <p>resistencia a la compresión del concreto $f_c=175\text{kg/cm}^2$</p>	<p>propiedades físicas</p> <p>propiedades mecánicas</p>	<p>son aquellas propiedades que logran cambiar al concreto sin alterar su composición</p> <p>el concreto en su estado fresco y duro, tiene propiedades físicas y mecánicas respectivamente, una de ellas es la resistencia a la compresión, que es una propiedad muy importante en el diseño de estructuras</p>	<p>consistencia seco, plástico o fluido</p> <p>las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$, son obtenidas a través de ensayos de laboratorio en su estado fresco y endurecido</p>	<p>pulgadas</p> <p>kg/cm^2, mpa</p>	<p>slump del concreto y tiempo de fraguado</p> <p>ruptura de probetas de concreto a compresión a los 7, 14 y 28 días.</p>

COMPORTAMIENTO DE LA

RESISTENCIA DE CONCRETO

INFORME N° 263-2022-LABINGEOMAX

DISEÑO DE MEZCLAS

DE AGREGADO

GRUESO Y FINO

CANTERA CHILICO

GRAVA CHANCADA Y

ARENA ZARANDEADA

PROYECTO

"COMPORTAMIENTO DE LA
RESISTENCIA DEL CONCRETO

$f'c = 175 \text{ KG/CM}^2$,
SUSTITUYENDO CEMENTO POR
CENIZA DE ASERRÍN DE
EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"

UBICACIÓN:

HUANTA / HUANTA / AYACUCHO

JULIO DE 2022

SOLICITANTE:

BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

COD. PROYECTO:

IGM-PC-055-2022



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO SAC
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

INFORME DE PREPARACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON FINES DE INVESTIGACIÓN

De los Agregados. -

Por su origen los agregados analizados, se clasifican en agregados de origen natural pero tratados (chancado y zarandeado). De acuerdo con su peso unitario, dado por su densidad, estos agregados se clasifican en agregados de peso normal, de acuerdo con su perfil las partículas de agregado grueso de las canteras analizadas se pueden considerar como agregados de perfil sub anguloso a anguloso.

Del análisis granulométrico del agregado grueso se ha determinado el Tamaño Máximo y el tamaño Máximo Nominal siendo estos de 1" y 3/4" respectivamente. En cuanto al Agregado Grueso de TMN de 3/4" cumple en su mayoría con el Huso Granulométrico 6 (3/4"- 3/8").

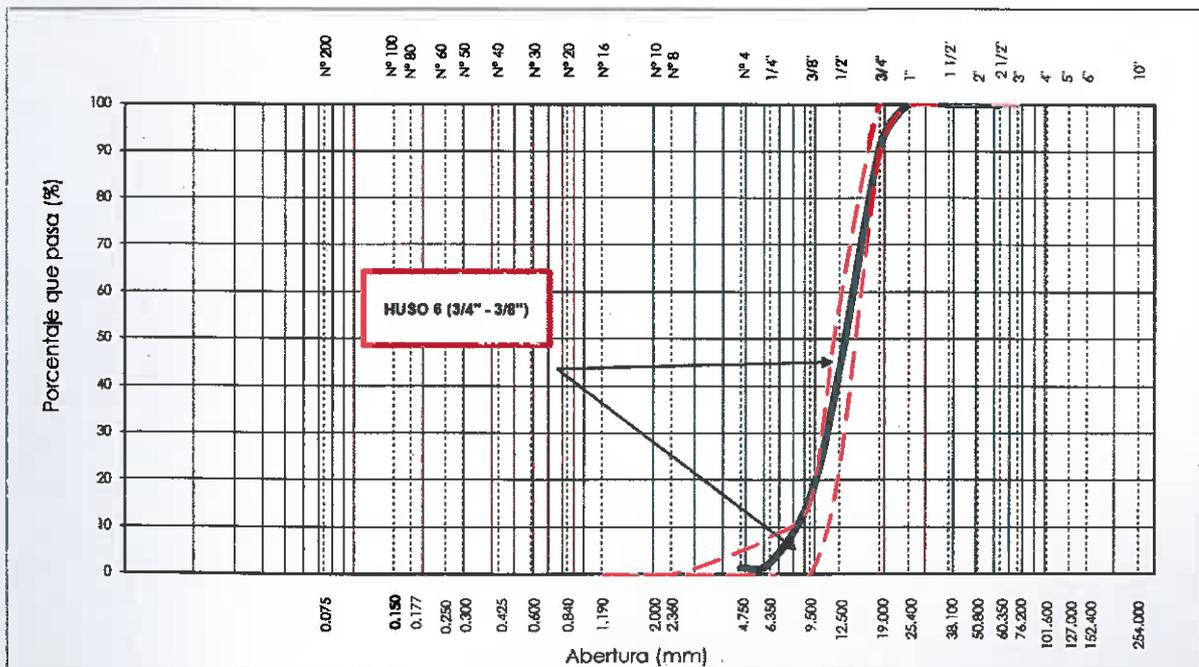


Ilustración 1. Análisis granulométrico Agregado Grueso.

Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis granulométrico del agregado fino (Arena) se puede observar que está ligeramente fuera de la gradación de las arenas de nuestra Norma (límites extremos) según norma ASTM C 33, recomendado para elaborar concretos.

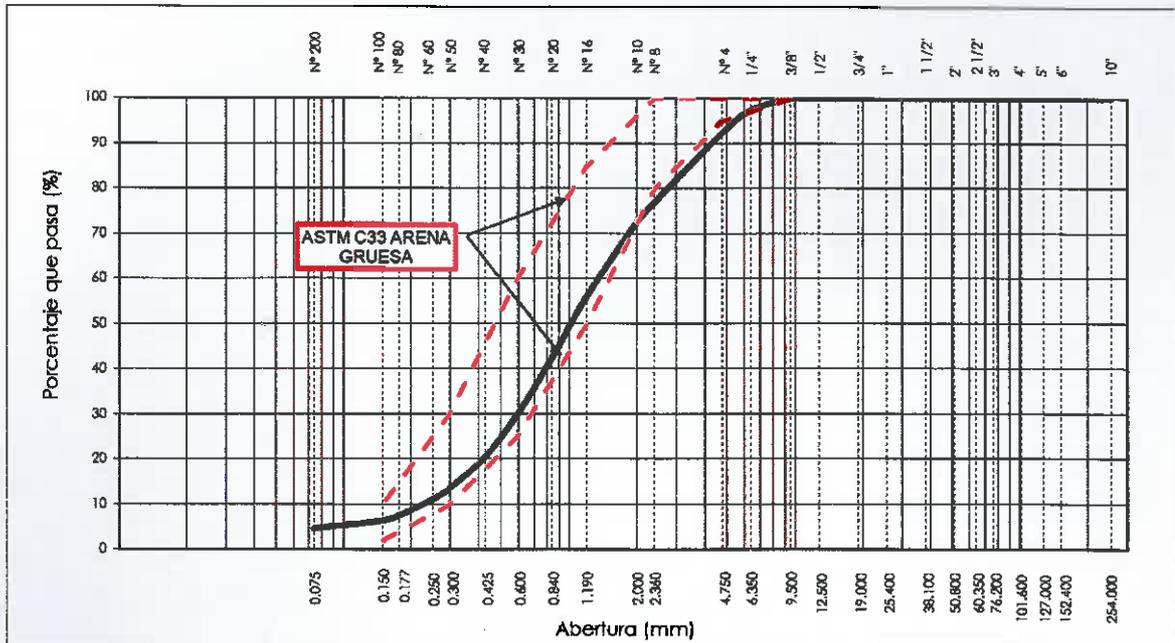


Ilustración 2. Análisis granulométrico Agregado Fino.

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha determinado el Módulo de Fineza del agregado fino, con lo que se puede intuir una fineza promedio del material, siendo este valor de MF = 3.26, el cual se encuentra ligeramente fuera del rango recomendado que es de 2.35 a 3.15 para elaborar concretos, se deberá combinar con una arena fina para mejor dicho modulo y zarandear por la malla 3/8" se recomienda volver a muestrear con las mejoras respectivas para reajustar el diseño.

Los agregados gruesos presentan materiales pasantes por la malla N° 200 (limos y arcillas) en proporciones ligeramente superiores al 1.0% (1.3% en el agregado grueso) y los agregados finos presentan proporciones ligeramente superiores al 3.0% (4.5% en el agregado fino), se recomienda mantener la limpieza de los agregados durante toda la obra y se tendrán que mantener en los límites de finos máximos permitidos.

Algunos valores de los agregados se pueden resumir en la siguiente tabla:

Para los agregados gruesos AG (grava) y agregados finos AF (arena).

Cuadro 1. Valores de las pruebas realizadas al agregado grueso y fino.

AGREGADO	Tamaño Máximo TM	Tamaño Máximo Nominal TMN	Modulo de Fineza	Superficie específica (cm ² /gr)	Porcentaje > N° 4(%)	Porcentaje N° 4 > (%) > N° 200	Porcentaje de Finos (%)
AGREGADO GRUESO	1"	3/4"	6.85	1.79	98.7	0.0	1.30
AGREGADO FINO	--	--	3.26	48.20	7.7	87.8	4.52
AGREGADO GLOBAL	1"	3/4"	5.1	--	53.2	43.9	2.91

AGREGADO	PUS (kg/m ³)	PUCS (kg/m ³)	PEM G _s	% ABSORCION	% VACIOS PUS	% VACIOS PUCS	SUCS
AGREGADO GRUESO	1348	1475	2.61	2.63	44.9	39.7	GP
AGREGADO FINO	1528	1650	2.70	2.58	39.4	34.6	SP
AGREGADO GLOBAL	HUSO 3/4"	Dosificacion:	% AG=	50%	% AF=	50%	GP

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de contenido de humedad, absorción efectiva y humedad superficial dependen de las condiciones de almacenamiento, clima, de la época de año y otros factores que afectan la cantidad de agua presente en el agregado, estos valores deben ser calculados a ciertos intervalos de obra para hacer las correcciones respectivas del aporte de agua a la mezcla de concreto.

En el presente informe se han hecho los respectivos cálculos teniendo en cuenta la humedad del momento de muestreo.

Del cemento:

Según el encargado de la investigación se utilizará el cemento Andino Portland Estándar Tipo I, según lo requerido y propuesto por el solicitante.

De los aditivos y adiciones:

A criterio del responsable de la tesis se incorpora la utilización de la ceniza de ASERRÍN DE EUCALIPTO como una adición al concreto.

Del proporcionamiento del concreto:

La selección de las proporciones de los materiales integrantes del concreto deberá permitir que: Se logre la trabajabilidad y consistencia que permitan que el concreto sea colocado

fácilmente en los encofrados y alrededor del acero de refuerzo bajo las condiciones de colocación a ser empleadas, sin segregación o exudación excesiva. Se logre resistencia y durabilidad a las condiciones especiales de exposición a que pueda estar sometido el concreto.

Se recomienda usar **consistencia plástica para el procedimiento**, medida con el cono de Abrams, teniendo en cuenta una adecuada compactación mecánica.

El diseño de mezcla calculado se presenta a continuación, las dosificaciones fueron corregidos por la humedad de los agregados al momento de la extracción de las muestras, pudiendo variar considerablemente la humedad en diferentes momentos de la ejecución de la obra, lo que podría variar la Humedad superficial como la absorción efectiva, por lo que se deberá hacer las correcciones respectivas cuando los responsables lo crean conveniente, además se hizo las conversiones respectivas de peso a volumen teniendo en cuenta los errores que se cometen por esta transformación debido básicamente al cálculo del peso unitario.

Las proporciones del diseño de mezcla calculado y dosificados en volumen (p^3) son para concretos preparados con el AG de TMN de 3/4”:

Cuadro 2. Dosificación en volumen (p^3) – consistencia plástica.

MEZCLA PLASTICA					
DOSIFICACION EN VOLUMEN PIE 3 REAJUSTE (C:AF:AG:AGUA lt/bls)					
f'c (kg/cm ²)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)
Durabilidad	0.45	1.0	1.7	2.1	16.7
Durabilidad	0.50	1.0	2.0	2.3	18.5
175	Resistencia	1.0	2.8	3.0	23.4

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 3. Dosificación en volumen (p3) – consistencia plástica.

MEZCLA PLASTICA					
RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO					
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)
Durabilidad	0.45	455.6	842.7	899.1	179.5
Durabilidad	0.5	410.0	882.9	899.9	178.5
175	Resistencia	319.6	964.5	899.8	176.4

Fuente: Elaboración Propia.

Para la preparación del concreto se recomienda primero echar el agua luego un 10% aproximadamente de agregado grueso, luego el cemento completando finalmente con los agregados, es aconsejable el uso de cuberas cuando el concreto sea preparado con trompo mezclador.

De los ensayos al concreto endurecido:

Las muestras para ensayos de resistencia en compresión de cada clase de concreto colocado cada día deberán ser tomadas:

- No menos de una muestra de ensayo por día.
- No menos de una muestra de ensayo por cada 50 metros cúbicos de concreto colocado.
- No menos de una muestra de ensayo por cada 300 metros cuadrados de área superficial para pavimentos o losas.

Las probetas hechas con el fin de juzgar la calidad de uniformidad del concreto colocado en obra o para que sirvan como base para decidir sobre la aceptación de este, se desmoldan al cabo de 20 h \pm 4 h después de moldeados.

Inmediatamente después las probetas se estacionarán en una solución saturada de agua de cal a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, no debiendo estar en ningún momento expuestas al goteo y a la acción del agua en movimiento.

Las probetas hechas con el fin de determinar las condiciones de protección y curado del concreto, o de cuando una estructura puede ser puesta en servicio, se almacenan tan cerca como sea posible del lugar o punto de donde se extrajo la muestra y deben recibir la misma protección contra las acciones climáticas y el mismo curado en toda su superficie que los recibidos por la estructura que representan.

Las probetas hechas para determinar cuándo una estructura puede ser puesta en servicio, se desmoldan al tiempo de la remoción de los encofrados, siguiéndose lo indicado en la Norma NTP 339.044.



INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYOS DE
LABORATORIO**



.....
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP 132454
.....
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN AGREGADO GRUESO (MTC E 204 - 2016)

F - SG - 102

Revisión: 1

Fecha: 2022-04-21

PROYECTO : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

SOLICITANTE : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

UBICACIÓN : HUANTA - HUANTA - AYACUCHO

I. DATOS GENERALES

PROCEDENCIA : CANTERA CHILLICO

TIPO DE MATERIAL: GRAVA CHANCADA

MUESTRA : GRAVA CHANCADA

COD. PROYECTO: -

ESTRATO : -

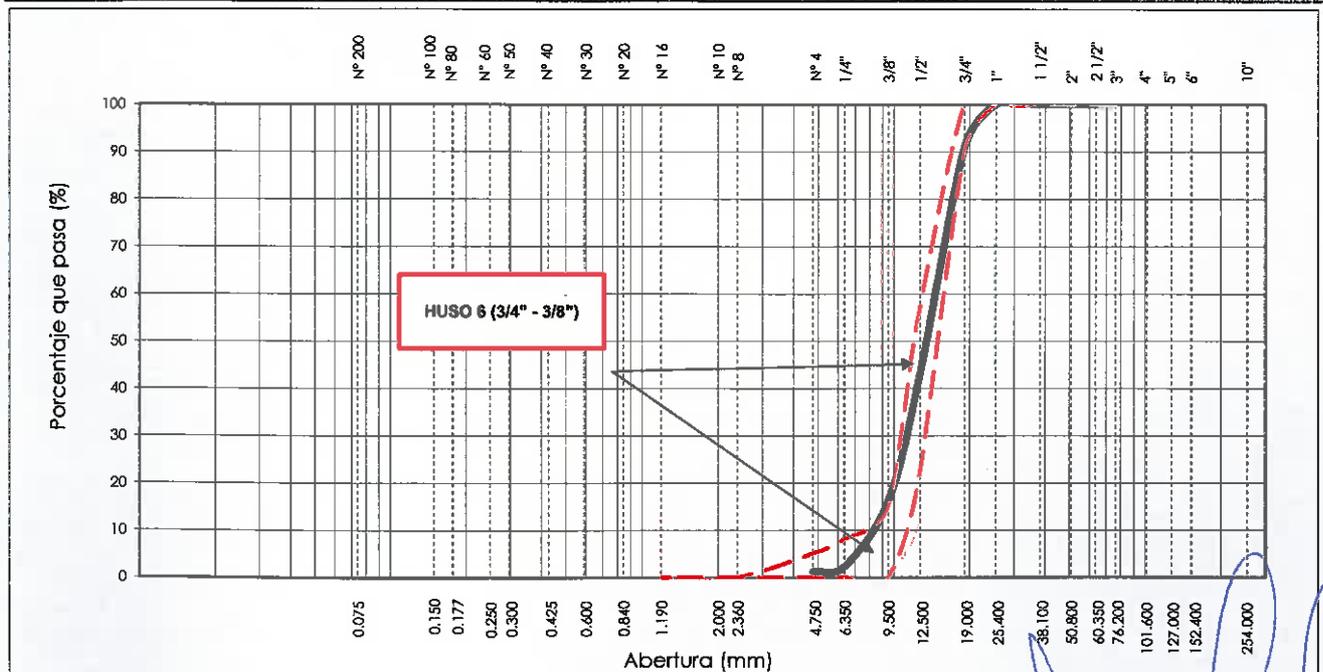
COD. MUESTRA: -

PROFUND. (m) : -

FECHA: JUL-22

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION HUSO 6 (3/4" - 3/8")		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000							Masa inicial: 2761.4
6"	152.400							Masa fracción: 2738.4
5"	127.000							% Grava : 98.7
4"	101.600							% Arena : 0.0
3"	76.200							% Finos : 1.3
2 1/2"	63.500							Coefficientes de uniformidad y curvatura
2"	50.800							D10 (mm) : 8.091
1 1/2"	38.100							D30 (mm) : 11.135
1"	25.400				100.00	100	100	D60 (mm) : 14.933
3/4"	19.050	248.8	9.01	9.01	90.99	90	100	Cu: 1.846
1/2"	12.700	1320.0	47.80	56.81	43.19	20	55	Cc: 1.026
3/8"	9.500	744.7	26.97	83.78	16.22	0	15	D15 (mm) : 9.224
1/4"	6.350	384.0	13.91	97.69	2.31			D50 (mm) : 13.605
Nº 4	4.760	27.9	1.01	98.70	1.30	0	5	D85 (mm) : 18.254
Nº 8	2.380			98.70	1.30			Clasificación SUCS y AASHTO
Nº 10	2.000			98.70	1.30			Clasificación (SUCS) : GP
Nº 16	1.190			98.70	1.30			Clasificación (AASHTO) : A-1-a (0)
Nº 20	0.840			98.70	1.30			Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 30	0.590			98.70	1.30			Descripción (SUCS) :
Nº 40	0.426			98.70	1.30			Grava pobremente gradada
Nº 50	0.297			98.70	1.30			
Nº 60	0.250			98.70	1.30			PESO ESPECIFICO NOMINAL: 2.61
Nº 80	0.177			98.70	1.30			MODULO DE FINEZA: 6.85
Nº 100	0.149			98.70	1.30			SUPERFICIE ESPECIFICA: 1.79
Nº 200	0.074			98.70	1.30			TAMAÑO MAXIMO: 1"
< Nº 200	FONDO	13.0	0.47	99.17	0.83			TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: 3/4"

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:



PROYECTO : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

SOLICITANTE : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

UBICACIÓN : HUANTA - HUANTA - AYACUCHO

I. DATOS GENERALES

PROCEDENCIA : CANTERA CHILLICO **TIPO DE MATERIAL:** ARENA ZARANDEADA

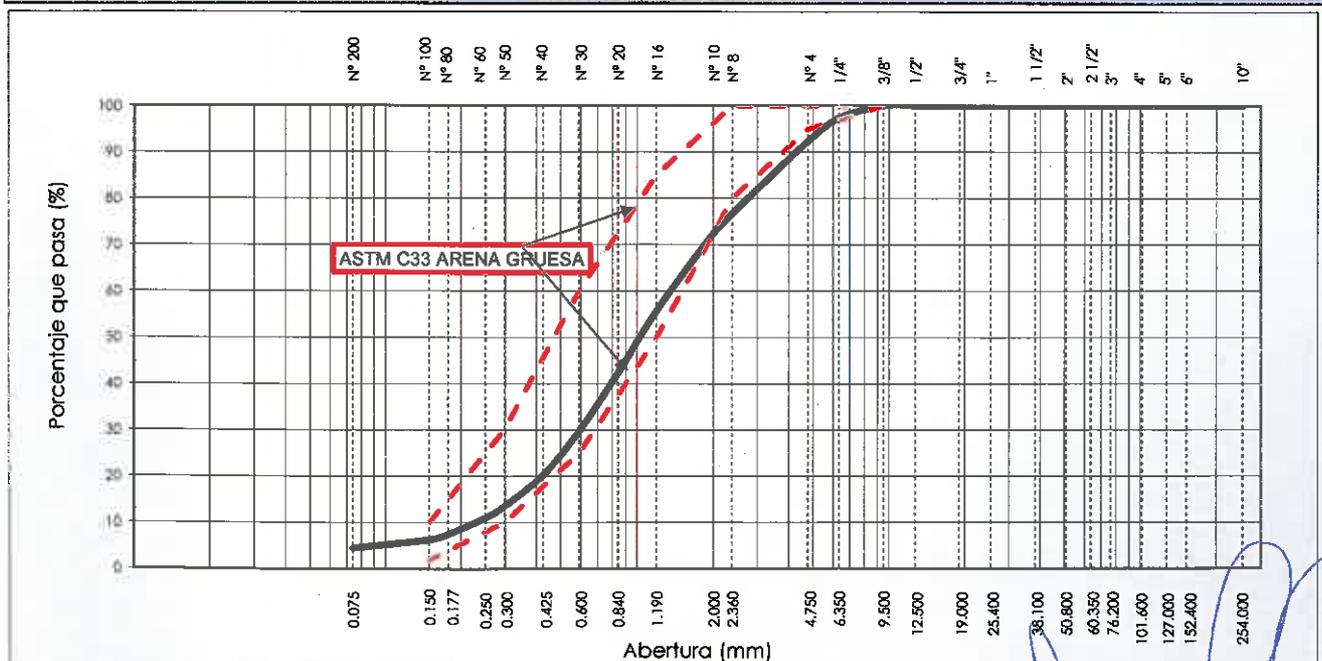
MUESTRA : ARENA ZARANDEADA **COD. PROYECTO:** -

ESTRATO : - **COD. MUESTRA:** -

PROFUND. (m) : - **FECHA:** Jul-22

TAMAZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM C 33	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Masa Inicial: 1878.9
6"	152.400						Masa fracción: 1795.7
5"	127.000						% Grava : 7.7
4"	101.600						% Arena : 87.8
3"	76.200						% Finos : 4.5
2 1/2"	63.500						Coefficientes de uniformidad y curvatura
2"	50.800						D10 (mm) : 0.229
1 1/2"	38.100						D30 (mm) : 0.597
1"	25.400						D60 (mm) : 1.398
3/4"	19.050						Cu: 6.10
1/2"	12.700						Cc: 1.112
3/8"	9.525				100.00	100	D15 (mm) : 0.326
1/4"	6.350	50.2	2.67	2.67	97.33		D50 (mm) : 1.041
Nº 4	4.760	94.8	5.05	7.72	92.28	95 100	D85 (mm) : 3.646
Nº 8	2.380	292.4	15.56	23.28	76.72	80 100	Clasificación SUCS y AASHTO
Nº 10	2.000	80.8	4.30	27.58	72.42		Clasificación (SUCS) : SP
Nº 16	1.190	314.0	16.71	44.29	55.71	50 85	Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
Nº 20	0.840	252.4	13.43	57.73	42.27		Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 30	0.590	237.3	12.63	70.35	29.65	25 60	Descripción (SUCS) :
Nº 40	0.426	174.8	9.30	79.66	20.34		Arena pobremente gradada
Nº 50	0.297	129.4	6.89	86.55	13.45	10 30	
Nº 60	0.250	45.8	2.44	88.98	11.02		PESO ESPECIFICO NOMINAL : 2.70
Nº 80	0.177	67.6	3.60	92.58	7.42		MODULO DE FINEZA : 3.26
Nº 100	0.149	21.1	1.12	93.70	6.30	2 10	SUPERFICIE ESPECIFICA : 48.2
Nº 200	0.074	33.3	1.77	95.48	4.52		OBSERVACIONES :
< Nº 200	FONDO	1.8	0.10	95.57	4.4		

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

.....

.....



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (NTP 339.128, REV. 2019)

F - SG - 102

Revisión: 1

Fecha: 2022-04-21

PROYECTO : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

SOLICITANTE : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

UBICACIÓN : HUANTA - HUANTA - AYACUCHO

I. DATOS GENERALES

PROCEDENCIA : CANTERA CHILLICO

TIPO DE MATERIAL: GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA

MUESTRA : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA

COD. PROYECTO: -

ESTRATO :-

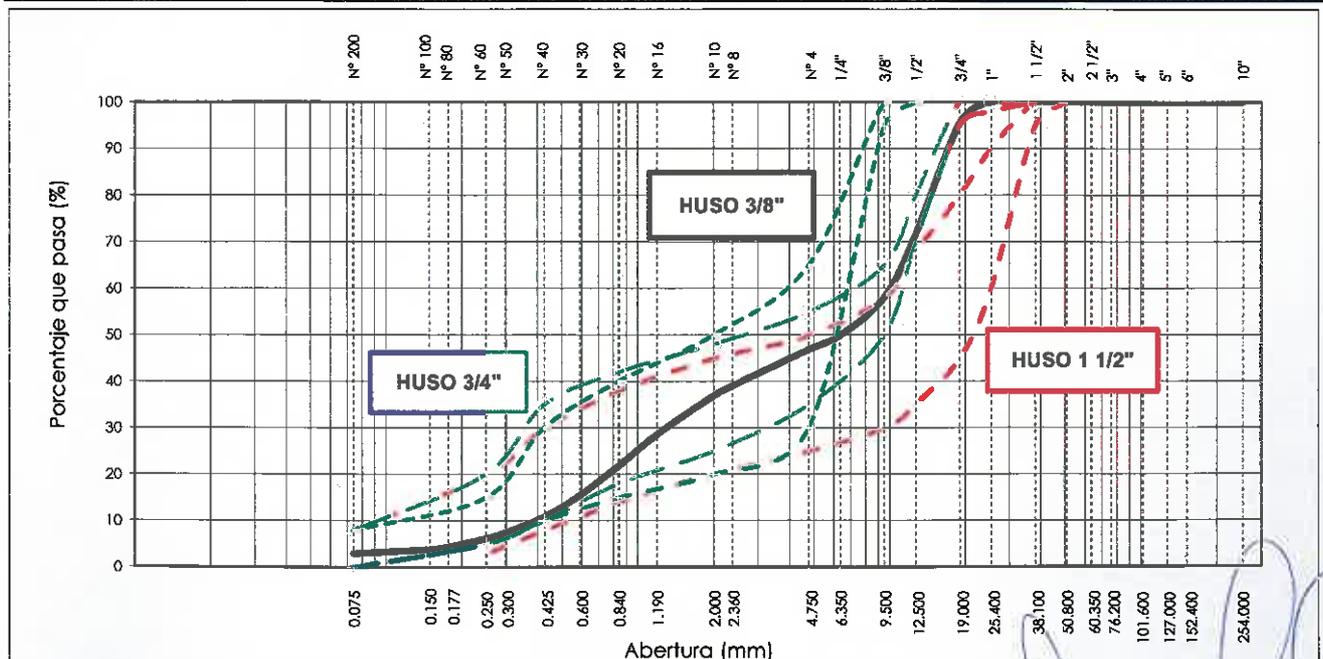
COD. MUESTRA: -

PROFUND. (m) :-

FECHA: Jul-22

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	% PASA (AG)	% PASA (AF)	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM C 33	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Masa Inicial: 1362.6
6"	152.400						Masa fracción: 308.6
5"	127.000						% Grava : 53.2
4"	101.600						% Arena : 43.9
3"	76.200						% Finos : 2.9
2 1/2"	63.500						Coefficientes de uniformidad y curvatura
2"	50.800						D10 (mm) : 0.395
1 1/2"	38.100						D30 (mm) : 1.335
1"	25.400				100.00		D60 (mm) : 9.970
3/4"	19.050	90.99	100.00	4.5	95.50		Cu: 25.229
1/2"	12.700	43.19	100.00	28.4	71.59		Cc: 0.452
3/8"	9.525	16.22	100.00	41.9	58.11		D15 (mm) : 0.573
1/4"	6.350	2.31	97.33	50.2	49.82		D50 (mm) : 6.419
Nº 4	4.760	1.30	92.28	53.2	46.79		D85 (mm) : 16.262
Nº 8	2.380	1.30	76.72	61.0	39.01		Clasificación SUCS y AASHTO
Nº 10	2.000	1.30	72.42	63.1	36.86		Clasificación (SUCS) : GP
Nº 16	1.190	1.30	55.71	71.5	28.51		Clasificación (AASHTO) : A-1-a (0)
Nº 20	0.840	1.30	42.27	78.2	21.79		Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 30	0.590	1.30	29.65	84.5	15.47		Descripción (SUCS) :
Nº 40	0.426	1.30	20.34	89.2	10.82		Grava pobremente gradada con arena
Nº 50	0.297	1.30	13.45	92.6	7.38		TAMAÑO MAXIMO: 1"
Nº 60	0.250	1.30	11.02	93.8	6.16		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: 3/4"
Nº 80	0.177	1.30	7.42	95.6	4.36		MODULO DE FINEZA: 5.05
Nº 100	0.149	1.30	6.30	96.2	3.80		Agregado Grueso 50.00%
Nº 200	0.074	1.30	4.52	97.1	2.91		Agregado Fino 50.00%
< Nº 200	FONDO						

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:



PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (MTC E 203 - 2016)

Proyecto : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ Region : AYACUCHO
 Cantera : CANTERA CHILICO Provincia : HUANTA
 Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA Distrito : HUANTA
 Fecha : JULIO DE 2022 Lugar : HUANTA

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6,186.0	6,180.0	6,178.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4,332.0	4,326.0	4,324.0
D Volumen del Molde (cm ³)	2,831.7	2,831.7	2,831.7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,530	1,528	1,527
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1,528		

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6,525.0	6,528.0	6,530.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4,671.0	4,674.0	4,676.0
D Volumen del Molde (cm ³)	2,831.7	2,831.7	2,831.7
E Peso Unitario Compacto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,650	1,651	1,651
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1,650		

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	5,670.0	5,664.0	5,677.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	3,816.0	3,810.0	3,823.0
D Volumen del Molde (cm ³)	2,831.7	2,831.7	2,831.7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,348	1,345	1,350
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1,348		

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6,032.0	6,028.0	6,034.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4,178.0	4,174.0	4,180.0
D Volumen del Molde (cm ³)	2,831.7	2,831.7	2,831.7
E Peso Unitario Compacto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,475	1,474	1,476
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1,475		

**INGEOMAX**
S.A.C.**INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO**
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS**

Proyecto : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

Region : AYACUCHO

Cantera : CANTERA CHILICO

Provincia : HUANTA

Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA

Distrito : HUANTA

Fecha : JULIO DE 2022

Lugar : HUANTA

AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2016, NTP 400.021)

OBJETIVO: Obtencion de los Pesos Especificos aparente y nominal, asi como la absorcion despues de 24 horas de sumergidos en agua.

DEFINICIONES: En un solido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacios accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado aparente, si se excluye este volumen de vacios al volumen resultante, se le denomina nominal.

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01 AG	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	1,490.30	1,625.50		
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	1,529.70	1,668.00		
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	921.00	1,003.00		
	Peso Especifico Aparente = A/(B-C)	2.45	2.44		2.45
	Peso Especifico Aparente SSS = B/(B-C)	2.51	2.51		2.51
	Peso Especifico Nominal = A/(A-C)	2.62	2.61		2.61
	% de Absorción = ((B - A)/A) x 100	2.64	2.61		2.63

AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2016)

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso al aire de la muestra secada (gr)	244.70	240.40		
B	Peso del Picnometro aforado lleno de agua (gr)	656.90	655.30		
C	Peso del Picnometro con la muestra y agua (gr)	809.30	808.10		
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	251.00	246.60		
	Peso Especifico Aparente = A/(B-C+S)	2.48	2.56		2.52
	Peso Especifico Aparente SSS = S/(B-C+S)	2.55	2.63		2.59
	Peso Especifico Nominal = A/(A-C+B)	2.65	2.74		2.70
	% de Absorción = ((S - A)/A) x 100	2.57	2.58		2.58

Porcentaje Retenido en la Malla Nº4 (%)	53.21
Porcentaje que pasa la Malla Nº4 (%)	46.79
Gravedad especifica de los sólidos	2.65


INGEOMAXIng. Maxwil Anthony Morales Arias
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

**INGEOMAX**
S.A.C.**INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO**
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

Region : AYACUCHO

Cantera : CANTERA CHILICO

Provincia : HUANTA

Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA

Distrito : HUANTA

Fecha : JULIO DE 2022

Lugar : HUANTA

PORCENTAJE DE VACIOS			
IDENTIFICACIÓN		Agregado Grueso	Agregado Fino
A	Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm ³)	1,348	1,528
B	Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm ³)	1,475	1,650
C	Gravedad Especifica de Masa	2.45	2.52
D	Peso de los Solidos (gr)	2,446	2,522
Porcentaje de Vacios (%) Agregado suelto		44.9	39.4
Porcentaje de Vacios (%) Agregado varillado		39.7	34.6

CONTENIDO DE HUMEDAD, ABSORCION EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL			
----------------------------------------------------------------	--	--	--

IDENTIFICACIÓN		Agregado Grueso	
A	Peso Humedo de la muestra (gr)	69.75	87.13
B	Peso Seco de la muestra (gr)	67.82	84.34
C	Peso del agua en la muestra (gr)	1.93	2.79
D	% de absorcion		2.63
Contenido de Humedad (%)		2.8	3.3
Contenido de Humedad (%)			3.1
Absorcion Efectiva (%)			-
Humedad Superficial (%)			0.45

IDENTIFICACIÓN		Agregado Fino	
A	Peso Humedo de la muestra (gr)	58.96	66.08
B	Peso Seco de la muestra (gr)	55.87	62.93
C	Peso del agua en la muestra (gr)	3.09	3.15
D	% de absorcion		2.58
Contenido de Humedad (%)		5.5	5.0
Contenido de Humedad (%)			5.3
Absorcion Efectiva (%)			-
Humedad Superficial (%)			2.69

Nota: El agregado fue muestreado al llegar a laboratorio, cuya humedad en ese momento es la que se determina.



INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Marate Arias
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**CALCULOS Y
DISEÑOS**



.....
Ing. Maxwil Anthony Morales Arias
CIP. 182454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
(CONSISTENCIA PLASTICA)**

Proyecto: : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
Cantera : CHILLICO
Material : ARENA Y GRAVA CHANCADA
Fecha : JULIO DE 2022

Region : AYACUCHO
Provincia : HUANTA
Distrito : HUANTA
Lugar : HUANTA

ITEM:

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
CANTERA	: CHILLICO	OPERADOR:	G.J.G.F.
MATERIAL	: ARENA Y GRAVA CHANCADA	REVISOR:	M.M.A

3. DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERISTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: CHILLICO	: CHILLICO
MATERIAL	: GRAVA CHANCADA	: ARENA
PERFIL	: ANGULAR	: SUB ANGULOSO
PUS (kg/m3) =	1348	1528
PUCS (kg/m3) =	1475	1650
PESO ESPECIFICO APARENTE SSS =	2.51	2.59
PESO ESPECIFICO NOMINAL =	2.61	2.70
ABSORCION (%) =	2.63	2.58
HUMEDAD (%) =	3.08	5.27
MODULO DE FINEZA =	6.85	3.26
TAMAÑO MAXIMO =	1 "	--
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL =	3/4 "	--
PUSH (kg/m3) =	1389	1609

4. DATOS DEL CEMENTO

MARCA	ANDINO
TIPO	PORTLAND TIPO I
PESO ESPECIFICO	3.15

5. RESISTENCIA PROMEDIO f'cr

RESISTENCIA DE DISEÑO f'c (kg/cm2) =	280	f'cr =	364 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c (kg/cm2) =	245	f'cr =	329 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c (kg/cm2) =	210	f'cr =	294 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c (kg/cm2) =	175	f'cr =	245 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c (kg/cm2) =	140	f'cr =	210 kg/cm2

6. ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"- 2"	CONSISTENCIA DE DISEÑO =	3"- 4" MEZCLA PLASTICA
MEZCLA PLASTICA	3"- 4"		
MEZCLA FLUIDA	> 5"		

7. CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL =	3/4 "	AIRE ATRAPADO	2.0 %
-------------------------	-------	---------------	-------

8. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL =	3/4 "	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	205 l/m3
CONSISTENCIA DE DISEÑO =	3"- 4"		

9. RELACION AGUA/CEMENTO W/C Y FACTOR CEMENTO

f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg/m3)	FACTOR CEMENTO (l/m3)	VOLUMEN ABSOLUTO (m3)
		0.45	455.6	10.7	0.1446
		0.50	410.0	9.6	0.1302
280	364	0.49	419.4	9.9	0.1331
245	329	0.53	388.4	9.1	0.1233
210	294	0.57	358.6	8.4	0.1138
175	245	0.64	319.6	7.5	0.1015
140	210	0.70	294.1	6.9	0.0934



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
(CONSISTENCIA PLASTICA)**

Proyecto: : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
Cantera : CHILlico
Material : ARENA Y GRAVA CHANCADA
Fecha : JULIO DE 2022

Region : AYACUCHO
Provincia : HUANTA
Distrito : HUANTA
Lugar : HUANTA

ITEM:

10. SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS

w/c o Fc (kg/cm2)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO (m3)	METODO A.C.I		MODULO DE FINEZA		AGREGADO GLOBAL	
		VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)
0.45	0.630	0.324	0.306	0.362	0.269	0.315	0.315
0.50	0.645	0.324	0.321	0.355	0.289	0.322	0.322
280	0.642	0.324	0.318	0.357	0.285	0.321	0.321
245	0.652	0.324	0.328	0.362	0.289	0.326	0.326
210	0.661	0.324	0.337	0.348	0.314	0.331	0.331
175	0.674	0.324	0.350	0.341	0.333	0.337	0.337
140	0.682	0.324	0.358	0.336	0.345	0.341	0.341

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR M3 DEL CONCRETO =
MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO =
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO =

0.57
3.26
3/4

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS m

Durabilidad / Fc (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	10.7	5.32	42.6	57.4
w/c=0.50	9.6	5.24	44.9	55.1
280	9.9	5.25	44.4	55.6
245	9.1	5.20	46.0	54.0
210	8.4	5.15	47.4	52.6
175	7.5	5.08	49.4	50.6
140	6.9	5.03	50.7	49.3

METODO DEL AGREGADO GLOBAL

% del Agregado Grueso **50.0** %
% del Agregado fino **50.0** %

11. RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO (METODO DEL ACI)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	826.7	846.9	205.0	2334.2
Durabilidad	0.50	410.0	865.7	846.9	205.0	2327.6
280		419.4	857.7	846.9	205.0	2329.0
245		388.4	884.2	846.9	205.0	2324.5
210		358.6	909.7	846.9	205.0	2320.3
175		319.6	943.1	846.9	205.0	2314.7
140		294.1	965.0	846.9	205.0	2311.0



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
(CONSISTENCIA PLASTICA)**

Proyecto: : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
Cantera : CHILLICO
Material : ARENA Y GRAVA CHANCADA
Fecha : JULIO DE 2022

Region : AYACUCHO
Provincia : HUANTA
Distrito : HUANTA
Lugar : HUANTA

ITEM:

12. RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO (METODO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	724.6	945.9	205.0	2331.0
Durabilidad	0.50	410.0	780.7	929.3	205.0	2325.0
280		419.4	769.0	932.9	205.0	2326.3
245		388.4	780.8	947.2	205.0	2321.4
210		358.6	846.1	908.6	205.0	2318.3
175		319.6	897.2	891.4	205.0	2313.3
140		294.1	931.4	879.5	205.0	2310.0

13. RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO (METODO DEL AGREGADO GLOBAL)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	850.3	824.1	205.0	2334.9
Durabilidad	0.50	410.0	869.8	843.0	205.0	2327.8
280	Resistencia	419.4	865.8	839.1	205.0	2329.2
245	Resistencia	388.4	879.0	851.9	205.0	2324.4
210	Resistencia	358.6	891.8	864.3	205.0	2319.7
175	Resistencia	319.6	908.5	880.5	205.0	2313.6
140	Resistencia	294.1	919.4	891.1	205.0	2309.6

14. RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO (METODO DEL ACI)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	870.3	873.0	179.0	2377.8
Durabilidad	0.50	410.0	911.3	873.0	177.9	2372.2
280	Resistencia	419.4	902.8	873.0	178.1	2373.4
245	Resistencia	388.4	930.8	873.0	177.4	2369.6
210	Resistencia	358.6	957.7	873.0	176.7	2366.0
175	Resistencia	319.6	992.8	873.0	175.8	2361.2
140	Resistencia	294.1	1015.8	873.0	175.2	2358.1

15. RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO (METODO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	762.8	975.0	181.3	2374.6
Durabilidad	0.50	410.0	821.8	957.9	179.8	2369.6
280	Resistencia	419.4	809.5	961.6	180.1	2370.6
245	Resistencia	388.4	821.9	976.3	179.7	2366.4
210	Resistencia	358.6	890.7	936.5	178.2	2364.0
175	Resistencia	319.6	944.5	918.8	176.9	2359.8
140	Resistencia	294.1	980.4	906.5	176.0	2357.1



Ing. Maxwil Anthony Morote Argos
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**
(CONSISTENCIA PLASTICA)

Proyecto: : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

Region : AYACUCHO

Cantera : CHILLICO

Provincia : HUANTA

Material : ARENA Y GRAVA CHANCADA

Distrito : HUANTA

Fecha : JULIO DE 2022

Lugar : HUANTA

ITEM:

16. RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO (METODO DEL AGREGADO GLOBAL)

Fc (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	895.1	849.4	178.4	2378.5
Durabilidad	0.50	410.0	915.6	868.9	177.8	2372.3
280	Resistencia	419.4	911.4	864.9	177.9	2373.6
245	Resistencia	388.4	925.3	878.1	177.5	2369.4
210	Resistencia	358.6	938.8	890.9	177.1	2365.4
175	Resistencia	319.6	956.4	907.6	176.6	2360.2
140	Resistencia	294.1	967.9	918.5	176.3	2356.7

17. RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO (REAJUSTE)

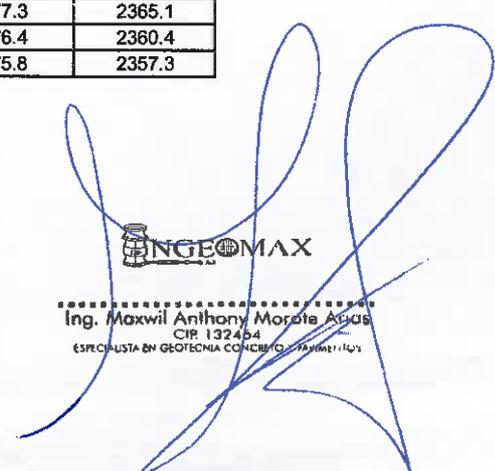
Fc (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	800.5	872.3	205.0	2333.4
Durabilidad	0.50	410.0	838.7	873.1	205.0	2326.8
280	Resistencia	419.4	830.8	873.0	205.0	2328.2
245	Resistencia	388.4	848.0	882.0	205.0	2323.4
210	Resistencia	358.6	882.6	873.3	205.0	2319.4
175	Resistencia	319.6	916.3	872.9	205.0	2313.8
140	Resistencia	294.1	938.6	872.5	205.0	2310.2

18. DOSIFICACION EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt)

Fc (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)
Durabilidad	0.45	1.00	1.76	1.91	0.45
Durabilidad	0.50	1.00	2.05	2.13	0.50
280	Resistencia	1.00	1.98	2.08	0.49
245	Resistencia	1.00	2.18	2.27	0.53
210	Resistencia	1.00	2.46	2.44	0.57
175	Resistencia	1.00	2.87	2.73	0.64
140	Resistencia	1.00	3.19	2.97	0.70

19. RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Fc (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
Durabilidad	0.45	455.6	842.7	899.1	179.5	2376.9
Durabilidad	0.50	410.0	882.9	899.9	178.5	2371.4
280	Resistencia	419.4	874.6	899.8	178.7	2372.5
245	Resistencia	388.4	892.7	909.1	178.2	2368.5
210	Resistencia	358.6	929.1	900.1	177.3	2365.1
175	Resistencia	319.6	964.5	899.8	176.4	2360.4
140	Resistencia	294.1	988.0	899.3	175.8	2357.3


INGEOMAXIng. Maxwil Anthony Morote Aguiar
CIP 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**
(CONSISTENCIA PLASTICA)Proyecto: **: "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022**Solicitante : **BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ**
Cantera : **CHILLICO**
Material : **ARENA Y GRAVA CHANCADA**
Fecha : **JULIO DE 2022**Region : **AYACUCHO**
Provincia : **HUANTA**
Distrito : **HUANTA**
Lugar : **HUANTA****ITEM:****20. DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C:AF:AG:AGUA lt/bis)**

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bis)
Durabilidad	0.45	1.00	1.85	1.97	16.8
Durabilidad	0.50	1.00	2.15	2.19	18.5
280	Resistencia	1.00	2.09	2.15	18.1
245	Resistencia	1.00	2.30	2.34	19.5
210	Resistencia	1.00	2.59	2.51	21.0
175	Resistencia	1.00	3.02	2.82	23.5
140	Resistencia	1.00	3.36	3.06	25.4

21. DOSIFICACION EN VOLUMEN POR M3 DE CONCRETO

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (bis)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)
Durabilidad	0.45	10.7	0.52	0.65	205.0	179.5
Durabilidad	0.50	9.6	0.55	0.65	205.0	178.5
280	Resistencia	9.9	0.54	0.65	205.0	178.7
245	Resistencia	9.1	0.55	0.65	205.0	178.2
210	Resistencia	8.4	0.58	0.65	205.0	177.3
175	Resistencia	7.5	0.60	0.65	205.0	176.4
140	Resistencia	6.9	0.61	0.65	205.0	175.8

22. DOSIFICACION EN VOLUMEN PIE 3 (C:AF:AG:AGUA lt/bis)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bis)
Durabilidad	0.45	1.0	1.73	2.13	16.8
Durabilidad	0.50	1.0	2.01	2.37	18.5
280	Resistencia	1.0	1.95	2.32	18.1
245	Resistencia	1.0	2.14	2.53	19.5
210	Resistencia	1.0	2.42	2.71	21.0
175	Resistencia	1.0	2.81	3.04	23.5
140	Resistencia	1.0	3.13	3.30	25.4

23. DOSIFICACION EN VOLUMEN PIE 3 REAJUSTADO (C:AF:AG:AGUA lt/bis)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bis)
Durabilidad	0.45	1.0	1.7	2.1	16.7
Durabilidad	0.50	1.0	2.0	2.3	18.5
280	Resistencia	1.0	1.9	2.3	18.1
245	Resistencia	1.0	2.1	2.5	19.5
210	Resistencia	1.0	2.4	2.7	21.0
175	Resistencia	1.0	2.8	3.0	23.4
140	Resistencia	1.0	3.1	3.3	25.4

INGEOMAXIng. Maxwil Anthony Morote Ardas
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS



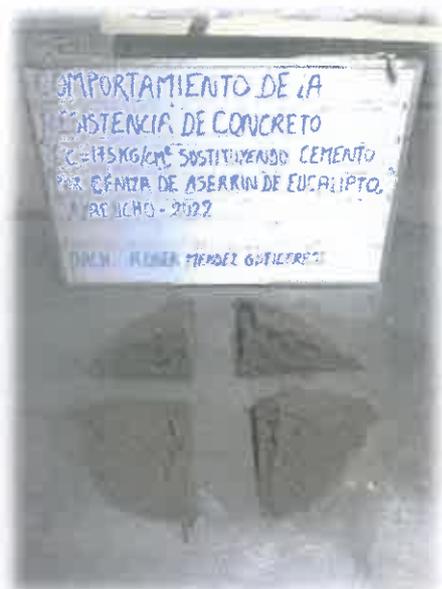
INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**PANEL
FOTOGRAFICO**

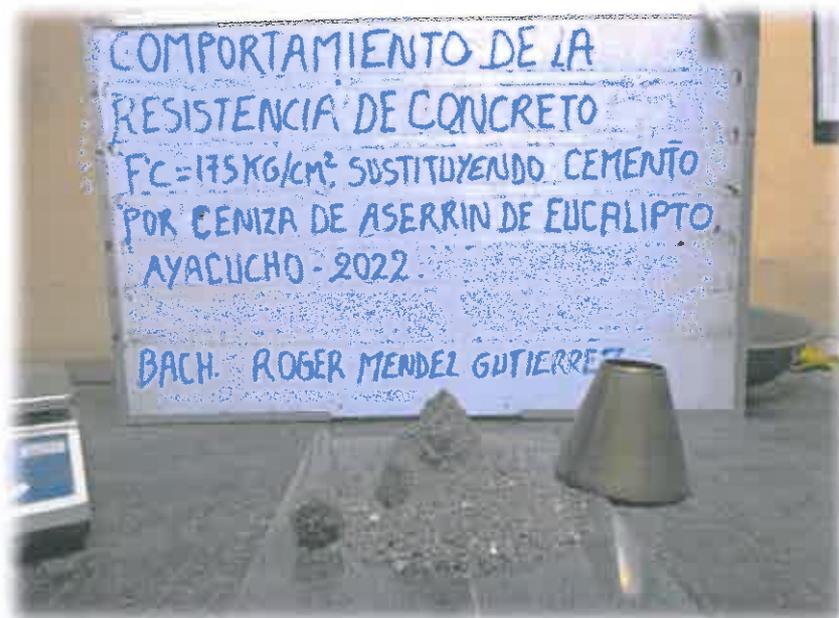


Ing. Maxwil Anthony Marote Arias
CIP. 132854
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTO

VISTAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO




VISTAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO





INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYOS EN CAMPO



.....
Ing. Maxwil Anthony Morole Arias
CIP 132434
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Proyecto : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"

Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

Region : AYACUCHO

Cantera : CANTERA CHILLICO

Provincia : HUANTA

Material : CONCRETO 175 KG/CM2

Distrito : HUANTA

Fecha : JULIO DE 2022

Lugar : HUANTA

ITEM:

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
CANTERA	: CANTERA CHILLICO	OPERADOR:	G.Y.G.
MATERIAL	: CONCRETO 175 KG/CM2	REVISOR:	M.M.A

PARAMETROS DE LA MEZCLA DE PRUEBA

TANDA N°:	1	RESISTENCIA	175 kg/cm2 + 0% de Ceniza
TEMPERATURA	23.1 °C	ASENTAMIENTO	3.8
DENSIDAD 01	8219	FECHA	5/08/2022
DENSIDAD 02	8205	HORA	16:08
DENSIDAD 03	8236	T° AMBIENTE	24.7 °C

TANDA N°:	2	RESISTENCIA	175 kg/cm2 + 3% de Ceniza
TEMPERATURA	19.0 °C	ASENTAMIENTO	3.8
DENSIDAD 01	8191	FECHA	5/08/2022
DENSIDAD 02	8199	HORA	17:20
DENSIDAD 03	8195	T° AMBIENTE	20.1 °C

TANDA N°:	3	RESISTENCIA	175 kg/cm2 + 5% de Ceniza
TEMPERATURA	21.6 °C	ASENTAMIENTO	3.9
DENSIDAD 01	8164	FECHA	9/08/2022
DENSIDAD 02	8140	HORA	16:27
CON. DE AIRE	8153	T° AMBIENTE	25.9 °C

TANDA N°:	4	RESISTENCIA	175 kg/cm2 + 7% de Ceniza
TEMPERATURA	21.1 °C	ASENTAMIENTO	4.0"
DENSIDAD 01	8125	FECHA	9/08/2022
DENSIDAD 02	8150	HORA	17:11
CON. DE AIRE	8132	T° AMBIENTE	23.9 °C

OBSERVACIONES



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
C. 11454
ESPECIALISTA EN INGENIERIA GEOTECNICA

INFORME N° 320-2022-LABINGEOMAX

ENSAYOS, PRUEBAS Y CONTROL DE CALIDAD

Tesis

"COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F' C=175 KG/CM², SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE:

BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ

Fecha:

SEPTIEMBRE DE 2022



INGEOMAX

S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

**ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS**

**RESISTENCIA
A LA COMPRESION
SIMPLE**

INGEOMAX

.....
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

	CONTROL DE CALIDAD										D: HBDC	R: MAMA
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO										F-115	
	NORMA ASTM C-39, MITC 1704 - 2016										Revisión:	1
											Fecha:	25/05/2022

Proyecto	: "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"	Solicitante	: BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
		Informe	: N° 320-2022-LABINGEOMAX
		Muestra	: TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO CON ADICION DE CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO
		Ubicación	: JESUS NAZARENO / HUAMANGA / AYACUCHO
Código	: FS-PC-0052-2022	Fecha	: SETIEMBRE DE 2022

N° Probeto	Estructura	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad	Diámetro testigo (cm)	Area testigo (cm ²)	Altura testigo (cm)	Masa testigo (gr.)	Densidad aparente (gr/cm ³)	Lectura de altura (kn)	Lectura de altura (KG)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	F'c de diseño (kg/cm ²)	Resistencia Obtenida	Resistencia Promedio	Cumple Si o No	
001	E-001 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	12-Ago	07 días	15.08	178.60	30.24	12420.0	2.30	381.7	38,846.11	217.50	175	124	122	SI
002	E-002 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	12-Ago	07 días	15.05	177.86	30.34	12425.0	2.30	359.8	36,611.47	205.80	175	118		
003	E-003 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	12-Ago	07 días	15.12	179.47	30.04	12155.0	2.25	380.4	38,713.46	215.70	175	123		
004	E-004 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	19-Ago	14 días	15.23	182.18	30.02	12565.0	2.30	468.5	47,705.12	261.90	175	150	144	SI
005	E-005 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	19-Ago	14 días	15.21	181.58	30.66	12627.0	2.27	419.8	42,738.89	235.40	175	135		
006	E-006 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	19-Ago	14 días	15.12	179.47	30.44	12570.0	2.30	455.7	46,396.98	258.50	175	148		
007	E-007 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	02-Set	28 días	15.09	178.88	30.09	12276.0	2.28	563.2	57,373.29	320.70	175	183	184	SI
008	E-008 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	02-Set	28 días	15.16	180.43	30.03	12250.0	2.26	558.7	56,913.09	315.40	175	180		
009	E-009 -2022	PATRON + 0.00% CAE	05-Ago	02-Set	28 días	15.10	179.04	30.13	12305.0	2.28	576.2	58,694.69	327.80	175	187		

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados inicialmente en obra por los solicitantes.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesús Nazareno - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: Ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com


 Ing. Maxwil Anthony Morale Arias
 CIP 132484
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS



CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO

NORMA ASTM C-39, MTC E 704 - 2016

D: HBDC R: MAMA
F-115
Revisión: 1
Fecha: 25/05/2022

Proyecto	: "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"	Solicitante	: BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
		Informe	: N° XXX-2022-LABINGEOMAX
		Muestra	: TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO CON ADICION DE CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO
		Ubicación	: JESUS NAZARENO / HUAMANGA / AYACUCHO
Código	: FS-PC-0052-2022	Fecha	: SETIEMBRE DE 2022

N° Probeta	Estructura	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad	Diámetro testigo (cm)	Area testigo (cm ²)	Altura testigo (cm)	Masa testigo (gr.)	Densidad aparente (gr/cm3)	Lectura de rotura (kn)	Lectura de rotura (kg)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	F'C de diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenida	Resistencia Promedio	Cumple Si o No	
010	E-010 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	12-Ago	07 días	14.95	175.46	30.34	12007.0	2.26	394.0	40,108.33	228.60	175	131	129	SI
011	E-011 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	12-Ago	07 días	14.93	175.15	30.15	11924.0	2.26	382.3	38,906.32	222.10	175	127		
012	E-012 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	12-Ago	07 días	14.90	174.25	30.17	11946.0	2.27	387.7	39,461.41	226.50	175	129		
013	E-013 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	19-Ago	14 días	15.03	177.50	30.25	12302.0	2.29	513.4	52,282.58	294.50	175	168	156	SI
014	E-014 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	19-Ago	14 días	15.11	179.24	30.02	12327.0	2.29	495.5	50,456.08	281.50	175	161		
015	E-015 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	19-Ago	14 días	14.91	174.60	30.20	12065.0	2.29	419.3	42,687.87	244.50	175	140		
016	E-016 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	02-Set	28 días	15.23	182.22	30.00	12638.0	2.31	602.4	61,373.21	336.80	175	193	192	SI
017	E-017 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	02-Set	28 días	15.29	183.61	30.34	12639.0	2.27	611.7	62,316.04	339.40	175	194		
018	E-018 -2022	PATRON + 3% CAE	05-Ago	02-Set	28 días	15.05	177.97	30.24	12215.0	2.27	582.5	59,335.49	333.40	175	191		

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados inicialmente en obra por los solicitantes.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesus Nazareno - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com



Ing. Maxwil Anthony Morote Anas
CIP 13784
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, SUELOS Y PAVIMENTOS



CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO

NORMA ASTM C-39, MITC E 704 - 2014

D: HBDC R: MAMA
F-115
Revisión: 1
Fecha: 25/05/2022

Proyecto	: "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"	Solicitante	: BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
		Informe	: N° XXX-2022-LABINGEOMAX
		Muestra	: TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO CON ADICION DE CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO
		Ubicación	: JESUS NAZARENO / HUAMANGA / AYACUCHO
Código	: FS-PC-0052-2022	Fecha	: SETIEMBRE DE 2022

N° Probeta	Estructura	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad	Diámetro testigo (cm)	Area testigo (cm²)	Altura testigo (cm)	Masa testigo (gr.)	Densidad aparente (gr/cm³)	Lechura de Rotura (kg)	Lechura de Rotura (kg)	Resistencia testigo (kg/cm²)	F'c de diseño (kg/cm²)	% Resistencia Garantada	Resistencia Promedio	Cumple Si o No	
019	E-019 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	16-Ago	07 días	15.24	182.49	30.18	12365.0	2.25	389.8	39,677.73	217.40	175	124	121	SI
020	E-020 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	16-Ago	07 días	14.94	175.34	30.18	12187.0	2.30	399.2	40,634.85	231.70	175	132		
021	E-021 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	16-Ago	07 días	15.13	179.75	30.04	12124.0	2.25	328.6	33,432.96	186.00	175	106		
022	E-022 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	23-Ago	14 días	14.96	175.73	30.12	12084.0	2.28	397.3	40,437.92	230.10	175	132	133	SI
023	E-023 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	23-Ago	14 días	15.22	181.82	30.07	12249.0	2.24	430.8	43,863.36	241.30	175	138		
024	E-024 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	23-Ago	14 días	14.87	173.63	30.16	11866.0	2.27	385.5	39,237.94	226.00	175	129		
025	E-025 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	06-Set	28 días	15.34	184.78	30.18	12452.0	2.23	532.4	54,222.33	293.40	175	168	166	SI
026	E-026 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	06-Set	28 días	14.89	174.02	30.37	11740.0	2.22	497.0	50,617.30	290.90	175	166		
027	E-027 -2022	PATRON + 5% CAE	09-Ago	06-Set	28 días	15.11	179.40	30.22	12123.0	2.24	508.8	51,821.36	288.90	175	165		

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados inicialmente en obra por los solicitantes.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesus Nazareno - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com



Ing. Maxwil Anthony Morales Arias
CIP 132454
ESPECIALISTA EN DISEÑO DE CONCRETO Y PAVIMENTOS



CONTROL DE CALIDAD

D: HBDC R: MAMA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO

F-115

Revisión: 1

NORMA ASIM C-39, MTC E 704 - 2015

Fecha: 25/05/2022

Proyecto	: "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"	Solicitante	: BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
		Informe	: N° XXX-2022-LABINGEOMAX
		Muestra	: TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO CON ADICION DE CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO
		Ubicación	: JESUS NAZARENO / HUAMANGA / AYACUCHO
Código	: FS-PC-0052-2022	Fecha	: SETIEMBRE DE 2022

N° Probeta	Estructura	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm²)	Álora testigo (cm)	Masa testigo (gr)	Densidad aparente (gr/cm3)	Lectura de Rotura (kn)	Lectura de Rotura (kg)	Resistencia testigo (kg/cm²)	F'c de diseño (kg/cm²)	% Resistencia Obtenida	Resistencia Promedio	Cumple Sí o No
028	E-028 -2022	09-Ago	16-Ago	07 días	14.93	175.11	30.00	12029.0	2.29	338.4	34,425.80	196.60	175	112	120	SI
029	E-029 -2022	09-Ago	16-Ago	07 días	15.08	178.57	30.10	12275.0	2.28	377.0	38,372.65	214.90	175	123		
030	E-030 -2022	09-Ago	16-Ago	07 días	15.13	179.75	30.19	12356.0	2.28	385.2	39,202.23	218.10	175	125		
031	E-031 -2022	09-Ago	23-Ago	14 días	15.18	181.02	30.34	12510.0	2.28	407.9	41,521.57	229.40	175	131	128	SI
032	E-032 -2022	09-Ago	23-Ago	14 días	14.99	176.56	30.23	12284.0	2.30	387.9	39,476.71	223.60	175	128		
033	E-033 -2022	09-Ago	23-Ago	14 días	15.36	185.26	30.00	12418.0	2.23	400.7	40,785.87	220.20	175	126		
034	E-034 -2022	09-Ago	06-Set	28 días	15.20	181.54	30.51	12327.0	2.23	482.1	49,091.82	270.40	175	155	162	SI
035	E-035 -2022	09-Ago	06-Set	28 días	14.97	175.97	30.26	11903.0	2.24	488.8	49,774.46	282.90	175	162		
036	E-036 -2022	09-Ago	06-Set	28 días	15.27	183.13	30.52	12520.0	2.24	531.5	54,138.66	295.60	175	169		

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados inicialmente en obra por los solicitantes.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesus Nazareno - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com

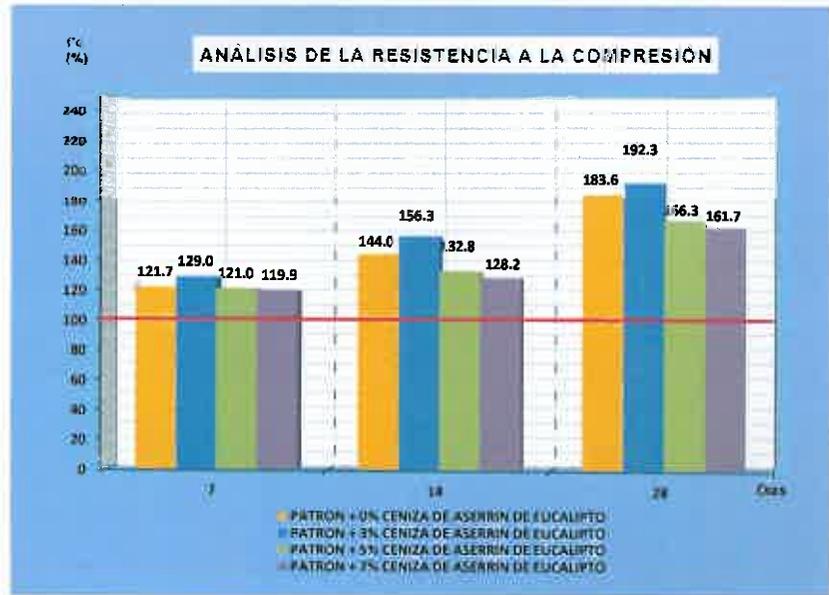


Ing. Maxwil Anthony Marate Arias
CIP. 132434
ESPECIALISTA EN RESISTENCIA COMPRESION Y PAVIMENTOS

	CONTROL DE CALIDAD		IGM-SGC-LAB 2022		
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO			Revisión:	1
	NORMA ASTM C-39, MTC E 704 - 2016			Fecha:	may.-22

Proyecto : "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=175 KG/CM2, SUSTITUYENDO CEMENTO POR CENIZA DE ASERRÍN DE EUCALIPTO, AYACUCHO 2022"
Solicitante : BACH. ROGER MENDEZ GUTIERREZ
Lugar : JESUS NAZARENO / HUAMANGA / AYACUCHO
Muestra : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO CON ADICION DE CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO
Fecha : SETIEMBRE DE 2022

EDADES (DÍAS)	PATRÓN + 0% CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO	PATRÓN + 3% CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO	PATRÓN + 5% CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO	PATRÓN + 7% CENIZA DE ASERRIN DE EUCALIPTO
7	121.7	129.0	121.0	119.9
14	144.0	156.3	132.8	128.2
28	183.6	192.3	166.3	161.7



DIRECCION: JR. GIRO ALEGRIA 416 – Jesus Nazareno - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com


 Ing. Maxwil Anthony Morote Anas
 CIP 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CONSULTA Y PROYECTO



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**CERTIFICADOS
DE CALIBRACIÓN**



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
C. 1454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-1269-2022

Requerimiento
6694-2022

Fecha de Emisión
2022-08-16

1. SOLICITANTE : INGENIERÍA GEOTÉCNICA AL MÁXIMO S.A.C.

Dirección : Jr. Ciro Alegría 416 Sec. Las Nazarenas -
Ayacucho - Huamanga - Jesús Nazareno.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
Número de serie : 8335460267
Identificación : NO INDICA
Procedencia : CHINA
Capacidad máxima : 30 000 g
Div. de escala (d) : 1 g
Div. de verificación (e) : 10 g
Clase de exactitud : III
Ubicación : LAB. DE SUELOS 1

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2022-08-16 en INSTALACIONES DEL CLIENTE

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Juego de pesas F1	PE22-C-0110
Pesa M1 de 5 kg	CCP-1014-003-21
Pesa M1 de 10 kg	CCP-1014-002-21
Pesa M1 de 20 kg	CM-0353-2022
Juego de pesas F1	1AM-0104-2022

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 22,2 °C a 22,7 °C
Humedad Relativa : De 33,2% H.R. a 34,2% H.R.

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.



Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del L.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-1269-2022

7. RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,7	22,6
Humedad (%)	33,2	33,2

Carga L1 = 15 000,0 g		
i (g)	ΔL (g)	E (g)
15 002	0,8	1,7
15 002	0,8	1,7
15 002	0,7	1,8
15 002	0,8	1,7
15 002	0,8	1,7
15 002	0,8	1,7
15 002	0,7	1,8
15 002	0,8	1,7
15 002	0,7	1,8
15 002	0,8	1,7
15 002	0,6	1,9
Emáx - Emin =	0,2	g
emp =	20	g

Carga L2 = 30 000,2 g		
i (g)	ΔL (g)	E (g)
30 000	0,5	-0,2
30 000	0,6	-0,3
30 000	0,6	-0,3
30 000	0,5	-0,2
30 000	0,6	-0,3
30 000	0,4	-0,1
30 000	0,5	-0,2
30 000	0,6	-0,3
30 000	0,5	-0,2
30 000	0,6	-0,3
Emáx - Emin =	0,2	g
emp =	30	g

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,6	22,5
Humedad (%)	33,2	33,2

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	i (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	i (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,6	-0,1	10 000,0	10 001	0,5	1,0	1,1
2		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9
3		10	0,4	0,1		10 001	0,7	0,8	0,7
4		10	0,3	0,2		10 002	0,5	2,0	1,8
5		10	0,4	0,1		10 002	0,6	1,9	1,8
Error Máximo Permisible				10 g	Error Máximo Permisible				20 g



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº CM-1269-2022

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,5	22,2
Humedad (%)	34,0	35,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,3	0,2						
20,0	20	0,3	0,3	0,1	20	0,4	0,2	-0,1	10
500,0	500	0,3	0,2	0,0	500	0,3	0,2	0,0	10
1 000,0	1 000	0,1	0,4	0,2	1 000	0,4	0,2	-0,1	10
2 000,0	2 000	0,1	0,4	0,2	2 001	0,2	1,3	1,1	10
5 000,0	5 001	0,3	1,3	1,1	5 001	0,3	1,2	1,0	10
8 000,0	8 001	0,2	1,4	1,2	8 001	0,3	1,3	1,1	20
10 000,0	10 001	0,3	1,2	1,0	10 002	0,2	2,3	2,1	20
12 000,0	12 001	0,2	1,3	1,1	12 002	0,3	2,2	2,0	20
15 000,0	15 002	0,3	2,3	2,1	15 002	0,2	2,3	2,1	20
20 000,2	20 001	0,4	0,9	0,7	20 001	0,2	1,1	0,9	20
25 000,2	25 001	0,2	1,1	0,9	25 001	0,1	1,2	1,0	30
30 000,2	30 000	0,1	0,2	0,0	30 000	0,1	0,2	0,0	30

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Ec : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R - 9,25 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{2,73 \times 10^{-7} \text{ g}^2 + 6,86 \times 10^{-10} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 20 g

Fir del Documento





Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-24771-002 R0

Page / Pág. 1 de 6

Equipo
Instrument MÁQUINA DOBLE RANGO PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN

Fabricante
Manufacturer PINZUAR S.A.S.

Modelo
Model PC-42D

Número de Serie
Serial Number 286

Identificación Interna
Internal Identification NO PRESENTA

Capacidad Máxima
Maximum Capacity 1000 kN

Solicitante
Customer INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.

Dirección
Address JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS (AL COSTADO DE COMISARIA NAZARENAS) AYACUCHO-HUAMANGA- JESUS NAZARENO

Ciudad
City AYACUCHO

Fecha de Calibración
Date of calibration 2021 - 11 - 03

Fecha de Emisión
Date of issue 2021 - 11 - 11

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached 06

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

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

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

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

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

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

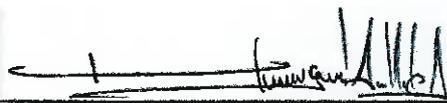
Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se secan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

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

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda
Metrólogo Laboratorio de Metrología



DATOS TÉCNICOS

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
Clase	1,0	Instrumento	Transductor de Fuerza de 1 MN
Dirección de Carga	Compresión	Modelo	KAL 1MN
Tipo de Indicación	Digital	Clase	0,5
División de Escala	0,01 kN	Número de Serie	HV325-911250
Resolución	0,01 kN	Certificado de Calibración	5047 del INM
Intervalo de Medición Calibrado	Del 10 % al 100 % de la carga máxima.	Próxima Calibración	2023-02-03
Límite Inferior de la Escala	2 kN		

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

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

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: El equipo requiere ajuste de la indicación

Tabla 2.
Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					
	S ₁ Ascendente kN	S ₂ Ascendente kN	S ₂ ' No Aplica ----	S ₃ Ascendente kN	S ₄ No Aplica ----	Promedio S _{1, 2 y 3} kN
10	100,00	99,855	---	100,03	---	100,03
20	200,00	200,40	---	200,53	---	200,65
30	300,00	300,54	---	300,48	---	300,60
40	400,00	400,68	---	400,57	---	400,62
50	500,00	500,72	---	500,77	---	500,73
60	600,00	600,67	---	600,95	---	600,84
70	700,00	700,70	---	700,37	---	700,52
80	800,00	800,45	---	800,39	---	800,42
90	900,00	900,52	---	900,16	---	900,27
100	1 000,00	1 000,6	---	1 000,3	---	1 000,5

LM-PC-05-F-01 R12.3





RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 3.

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

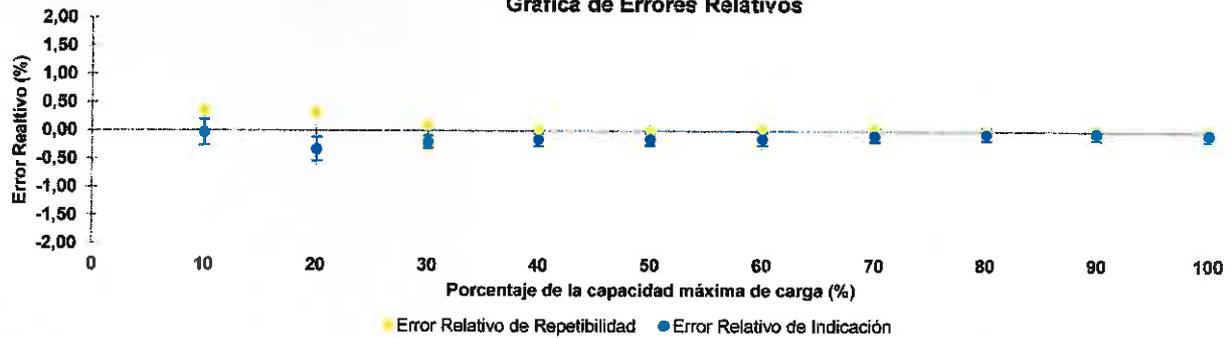
$f_{0,s1}$ %	$f_{0,s2}$ %	$f_{0,s2'}$ %	$f_{0,s3}$ %	$f_{0,s4}$ %
0,002	0,004	---	0,005	---

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Errores Relativos				Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida			$k_{p=95\%}$
	Indicación	Repetibilidad		Reversibilidad		U	%		
		q %	b %				v %	a %	
10	100,00	-0,03	0,36	---	0,010	0,22	0,22	2,01	
20	200,00	-0,33	0,32	---	0,005	0,41	0,20	2,01	
30	300,00	-0,20	0,10	---	0,003	0,33	0,11	2,01	
40	400,00	-0,16	0,03	---	0,003	0,44	0,11	2,01	
50	500,00	-0,15	0,02	---	0,002	0,55	0,11	2,01	
60	600,00	-0,14	0,05	---	0,002	0,66	0,11	2,01	
70	700,00	-0,07	0,05	---	0,001	0,77	0,11	2,01	
80	800,00	-0,05	0,01	---	0,001	0,88	0,11	2,01	
90	900,00	-0,03	0,04	---	0,001	0,99	0,11	2,01	
100	1 000,0	-0,05	0,03	---	0,001	1,1	0,11	2,02	

Gráfica de Errores Relativos



CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C. ubicada en AYACUCHO. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 22,0 °C
Humedad Relativa Máxima: 41 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 21,5 °C
Humedad Relativa Mínima: 40 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.3



RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R², el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	—	R ²
-5,00333 E-01	1,00708 E00	-1,22626 E-05	6,07925 E-09		1,0000 E00

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

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

Tabla 6.

Valores calculados en función de la fuerza aplicada (kN)

Indicación kN	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
100,00	100,09	110,14	120,18	130,23	140,27
150,00	150,31	160,34	170,38	180,41	190,44
200,00	200,47	210,50	220,53	230,55	240,58
250,00	250,60	260,62	270,64	280,65	290,67
300,00	300,68	310,70	320,71	330,72	340,73
350,00	350,74	360,74	370,75	380,75	390,76
400,00	400,76	410,76	420,76	430,76	440,76
450,00	450,76	460,75	470,75	480,75	490,74
500,00	500,73	510,73	520,72	530,71	540,70
550,00	550,70	560,69	570,68	580,67	590,66
600,00	600,65	610,64	620,62	630,61	640,60
650,00	650,59	660,58	670,57	680,56	690,54
700,00	700,53	710,52	720,51	730,50	740,49
750,00	750,48	760,47	770,46	780,45	790,44
800,00	800,43	810,42	820,41	830,40	840,40
850,00	850,39	860,39	870,38	880,38	890,37
900,00	900,37	910,37	920,37	930,37	940,37
950,00	950,37	960,37	970,38	980,38	990,39
1 000,00	1 000,4				

Tabla 7.

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
100,00	100,03	100,09	0,06
200,00	200,65	200,47	- 0,18
300,00	300,60	300,68	0,09
400,00	400,62	400,76	0,14
500,00	500,73	500,73	0,01
600,00	600,84	600,65	- 0,19
700,00	700,52	700,53	0,01
800,00	800,42	800,43	0,01
900,00	900,27	900,37	0,10
1 000,00	1 000,5	1 000,4	- 0,06





RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

La Tabla 8 y Tabla 9 de este Certificado de Calibración se generan debido a que las unidades de la indicación del equipo bajo Calibración no coinciden con los Newton que son las unidades definidas en el Sistema Internacional de Unidades para la magnitud derivada fuerza. Los valores aquí presentados corresponden a la multiplicación de los resultados plasmados en la Tabla 2 y Tabla 4 de este Certificado de Calibración por el factor de conversión correspondiente. Cabe aclarar que los resultados mostrados como valores relativos no se modifican al realizar la conversión de unidades.

El factor de conversión utilizado para los calculos fue: (kgf) a (N) = 9,806 65 , tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811: Guide for the use of the International System of Units (SI) - Anexo B8.

Tabla 8.

Indicaciones obtenidas durante la Calibración para cada valor de carga aplicado en kgf

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S _{1, 2 y 3} kgf
	S ₁	S ₂	S _{2'}	S ₃	S ₄	kgf	
	Ascendente	Ascendente	No Aplica	Ascendente	No Aplica		
%	kgf	kgf	kgf	kgf	---	kgf	
10	10 197	10 182	10 219	---	10 201	---	10 201
20	20 394	20 435	20 499	---	20 448	---	20 461
30	30 591	30 647	30 670	---	30 641	---	30 653
40	40 789	40 858	40 852	---	40 846	---	40 852
50	50 986	51 059	51 055	---	51 065	---	51 060
60	61 183	61 251	61 274	---	61 280	---	61 268
70	71 380	71 452	71 431	---	71 418	---	71 434
80	81 577	81 623	81 620	---	81 617	---	81 620
90	91 774	91 828	91 787	---	91 791	---	91 802
100	101 972	102 037	102 012	---	102 007	---	102 019

Tabla 9.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Carga Aplicada	Errores Relativos				Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		k _{p = 95 %}
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	a		U	%	
	q	b	v					
%	kgf	%	%	%	kgf	%	---	
10	10 197	-0,03	0,36	---	0,010	22	0,22	2,01
20	20 394	-0,33	0,32	---	0,005	42	0,20	2,01
30	30 591	-0,20	0,10	---	0,003	34	0,11	2,01
40	40 789	-0,16	0,03	---	0,003	45	0,11	2,01
50	50 986	-0,15	0,02	---	0,002	56	0,11	2,01
60	61 183	-0,14	0,05	---	0,002	67	0,11	2,01
70	71 380	-0,07	0,05	---	0,001	79	0,11	2,01
80	81 577	-0,05	0,01	---	0,001	90	0,11	2,01
90	91 774	-0,03	0,04	---	0,001	101	0,11	2,01
100	101 972	-0,05	0,03	---	0,001	112	0,11	2,02

LM-PC-05-F-01 R12.3





INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2,016$ y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

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



CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

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

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

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

OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
3. Los resultados reportados por debajo del 20% del límite superior no se obtuvieron de acuerdo a lo establecido en el documento de referencia, por lo tanto el usuario no podrá declarar la clase de la máquina de ensayos por debajo del 20% del límite superior. Los resultados en valores discretos de fuerza reportados fueron solicitados y aprobados por el cliente.
4. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-24771-002

Fin del Certificado





Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

L-26055-003 R0

Page / Pág. 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	PIE DE REY
Fabricante <i>Manufacturer</i>	INSIZE
Modelo <i>Model</i>	1205-300S
Número de Serie <i>Serial Number</i>	0711180374
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO INDICA
Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i>	0 mm a 300 mm
Solicitante <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS - AYACUCHO - HUAMANGA
Ciudad <i>City</i>	AYACUCHO

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

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

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

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

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

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

Fecha de Calibración
Date of calibration 2022 - 04 - 26

Fecha de Emisión
Date of issue 2022 - 05 - 03

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached 03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

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

Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Tecg. Oscar Eduardo Briceño
Metrólogo Laboratorio de Metrología


Tecg. Jaiwer Arnulfo López
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-25-F-01 R8.3



DATOS TÉCNICOS

Tipo de Medición	Exteriores, Interiores y Profundidad
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	DI - 008 del Centro Español de Metrología, Edición 1
Tipo de Indicación	Análogica Tipo Nonio
Resolución	0,05 mm
Instrumentos de Referencia	Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas
Certificado No.	LMD213220 de Cidesi; 200295 de C.I.E.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k (p=95,45%)
mm	mm	µm	µm	
30	30,000	0	42	2,01
60	60,000	0	42	2,01
90	90,000	0	42	2,01
120	120,000	0	42	2,01
150	150,000	0	42	2,01
180	180,033	33	42	2,01
210	210,000	0	42	2,01
240	240,050	50	42	2,01
270	270,000	0	43	2,01
300	300,000	0	43	2,01

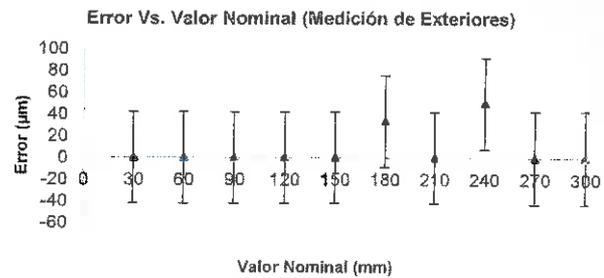


Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k (p=95,45%)
mm	mm	µm	± µm	
100	100,005	5	44	2,01
200	200,009	9	44	2,01

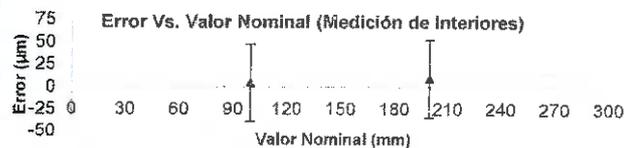
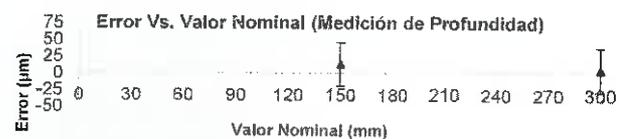


Tabla 3. Resultados para Medición de Profundidad

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k (p=95,45%)
mm	mm	µm	± µm	
150	150,014	14	33	2,00
300	300,005	5	33	2,00



LM-PC-23-F-01 R8.3



L-26055-003 RO

Page / Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar., las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	20,6 °C	Humedad Máxima:	56 %
Temperatura Mínima:	20,4 °C	Humedad Mínima:	54 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

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

TRAZABILIDAD

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



OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El intervalo y puntos de calibración de la presente calibración fue establecida por el cliente.
3. Se adjunta la estampilla de calibración No. **L-26055-003**

Fin de Certificado

LM-PC-23-F-01 R8.3



Región : Ayacucho HR: 0013
Provincia : Huanta
Distrito : Huanta
Localidad : Huanta
Proyecto : TESIS: “Comportamiento de la Resistencia del Concreto F’C=175 kg/cm², Sustituyendo Cemento por Ceniza de Aserrín de Eucalipto, Ayacucho 2022”
Solicitante : Bach. Roger Méndez Gutiérrez
Muestra : Ceniza de Aserrín de Eucalipto

ANALISIS QUIMICO

Muestra	Fósforo (% P)	Potasio (% K)	Calcio (% Ca)	Magnesio (% Mg)	Azufre (% S)
01	1.81	1.78	46.9	11.14	0.16
	Fósforo (% P ₂ O ₅)	Potasio (% K ₂ O)	Calcio (% CaO)	Magnesio (% MgO)	Azufre (% SO ₄ ⁻²)
01	4.14	2.15	65.6	18.56	0.48

Muestra	% Humedad	pH	Carbonatos (%CO ₃ ⁻²)
01	1.86	12.39	78.0

METODOLOGIA:

ACENIZACION : Calcínación de la muestra en Mufla a 600°C por 3 horas
FOSFORO : Colorimetría
POTASIO Y AZUFRE: Turbidimetría
CALCIO Y MAGNESIO: Complexometría
CARBONATOS : Volumetría

Ayacucho, Julio del 2022

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE


Juan Bl. Giron Molina
C.I.P. 77120

PANEL FOTOGRÁFICO



1. Secado al aire del aserrín de eucalipto.



2. Pre quemado del aserrín de eucalipto.



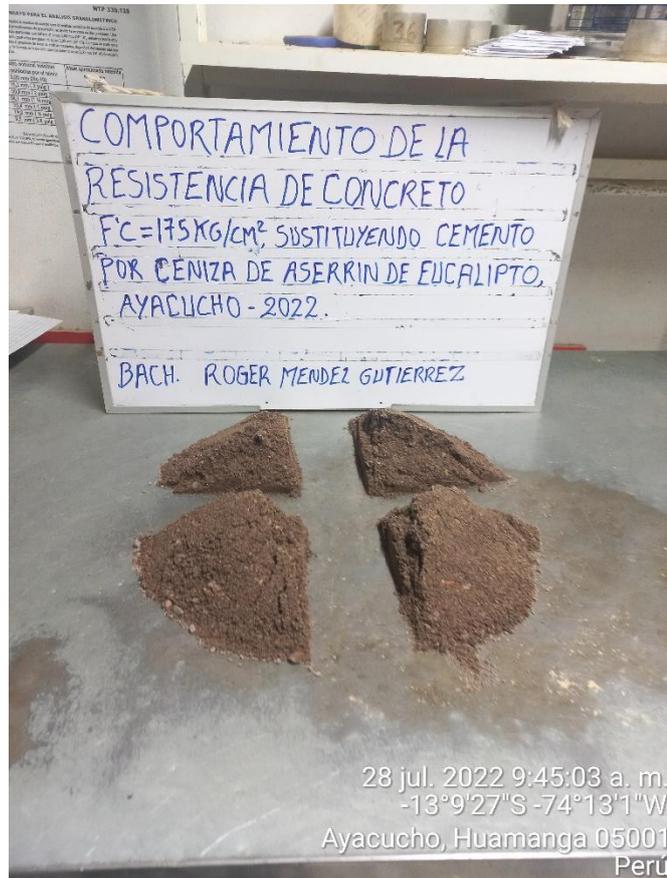
3. Ceniza obtenida del pre quemado del aserrín.



4. Activación de la ceniza en mufla a 600 °C



5. Cuarteo del agregado grueso



6. Cuarteo del agregado fino.



7. Determinación del PUSS Y PUCS del agregado grueso.



8. Determinación del PUSS Y PUCS del agregado fino.



9. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.



10. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.



11. Dosificación de materiales para sustitución de 0, 3, 5 y 7% de cemento con ceniza de aserrín de eucalipto.



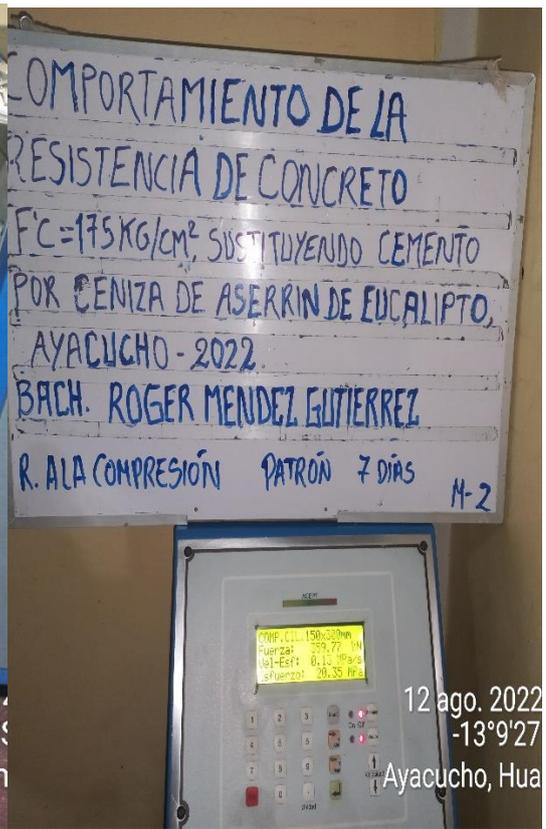
5 ago. 2022 4:12:11
-13°9'19"S -74°12'
Ayacucho, Huamanga

5 ago. 2022 4:25:38 p. m.
-13°9'19"S -74°12'56"W
Ayacucho, Huamanga 05001
Perú

12. Determinación del Slump y peso unitario del concreto.



13. Testigos cilíndricos de concreto.



14. ensayo de resistencia a la compresión del concreto.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENAVENTE LEON CHRISTHIAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Comportamiento de la resistencia de concreto $f'c=175$ kg/cm², sustituyendo cemento por ceniza de aserrín de eucalipto, Ayacucho 2022", cuyo autor es MENDEZ GUTIERREZ ROGER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 17 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BENAVENTE LEON CHRISTHIAN DNI: 72228127 ORCID: 0000-0003-2416-4301	Firmado electrónicamente por: CBLEON el 21-11- 2022 11:37:01

Código documento Trilce: TRI - 0443377