

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Efecto de la dosificación de resina epóxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma-Junín 2022

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

**AUTOR**

Reiner Oneil Luna Bastidas

**ASESOR**

Juan Carlos Ramos Basteres

Tarma, Perú

2024

**METADATOS COMPLEMENTARIOS****Datos del autor**

Nombres	Reiner Oneil
Apellidos	Luna Bastidas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	70351390
Número de Orcid (opcional)	

**Datos del asesor**

Nombres	Juan Carlos
Apellidos	Ramos Basteres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	73099291
Número de Orcid (obligatorio)	<a href="https://orcid.org/0009-0009-1632-9592">https://orcid.org/0009-0009-1632-9592</a>

**Datos del Jurado****Datos del presidente del jurado**

Nombres	Félix German
Apellidos	Delgado Ramírez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	22264222

**Datos del segundo miembro**

Nombres	Víctor
Apellidos	Garcés Díaz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32860015

**Datos del tercer miembro**

Nombres	Maiquel
Apellidos	López Silva
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	49087489

**Datos de la obra**

Materia*	Cemento, concreto, dióxido de carbono, resina epóxica, ladrillo pulverizado.
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00</a>
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	732016

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ACTA N° 074-2024-UCSS-FI/TPICIV

#### SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL FILIAL TARMA

Los Olivos, 19 de septiembre del 2024

Siendo las 10:01 horas del 19 de septiembre del 2024, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

**Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma-Junín 2022**

Por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

**LUNA BASTIDAS, REINER ONEIL**

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Dr. DELGADO RAMÍREZ, Félix Germán	Presidente
Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor	Secretario
Dr. LOPEZ SILVA, Maiquel	Miembro

Siendo las 11:01 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

**APROBADO**

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller LUNA BASTIDAS, REINER ONEIL el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

En señal de conformidad firmamos,

.....  
Dr. LOPEZ SILVA, Maiquel  
Miembro

.....  
Mgtr. GARCÉS DÍAZ, Víctor  
Secretario

.....  
Dr. DELGADO RAMIREZ, Félix Germán  
Presidente

**Anexo 2**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Tarma, .28. de .....setiembre..... de 2024

Señora, DAYMA SADAMI CARMENATES HERNANDEZ  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad Ingeniería - UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis, bajo mi asesoría, con título: Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma-Junín 2022, presentado por LUNA BASTIDAS, REINER ONEIL (código 2015101396 y DNI 70351390) para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser publicado.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de .....!9.... %** (poner el valor del porcentaje).\* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



RAMOS BASTERES, JUAN CARLOS

DNI N°: 73099291

ORCID: 0009-0009-1632-9592

Facultad de Ingeniería - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

### **Dedicatoria**

Dedico la presente investigación a mis padres y profesores quienes con su incondicional acompañamiento me encaminaron en los principios de la ingeniería y la ética.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis profesores de la Universidad Católica Sedes Sapientiae por su arduo trabajo en las aulas de clases que me formaron y encaminaron para el desarrollo de este trabajo.

## Resumen

Los proyectos de construcción en el distrito de Palcamayo -Tarma tienen en común el uso de cemento en la fabricación del concreto, esto podría generar incrementos en la emisión de gases de efecto invernadero y contribuir al calentamiento global, cifras oficiales indican que la producción global de cemento contribuye en un 7% a las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el mundo.

En este contexto la investigación explora nuevos materiales en la elaboración del concreto a fin de minimizar las emisiones de dióxido de carbono. Se analizan los resultados de sustituir parcialmente el cemento por ladrillo pulverizado, en porcentajes de 5%, 10% y 15% del peso total del cemento, junto con la dosificación de resina epóxica en un 2%. El objeto de estudio se conforma por 72 muestras cilíndricas y 36 vigas. Los resultados evidencian que la resistencia a la compresión del concreto es influenciada por la combinación de la resina epóxica y la sustitución parcial del cemento por ladrillo pulverizado, se concluye que el rango óptimo para la aplicación de esta estrategia es del 5 % al 10% de sustitución del cemento por ladrillo pulverizado con una dosificación del 2% de resina epóxica.

*Palabras clave:* Cemento, concreto, dióxido de carbono, resina epóxica, ladrillo pulverizado.

## **Abstract**

The construction projects in the Tarma - Palcamayo district have in common the use of cement in the manufacture of concrete, this could generate increases in the emission of greenhouse gases and contribute to global warming, official figures indicate that the global production of Cement contributes 7% to global carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in the world.

In this context, this research explores new materials in the preparation of concrete in order to minimize carbon dioxide emissions. The results of the partial replacement of cement with pulverized brick were analyzed, in percentages of 5%, 10% and 15% of the total weight of cement, along with the dosage of 2% epoxy resin. The object of study is made up of 72 cylindrical samples and 36 beams. The results show that the compressive strength of concrete is influenced by the combination of epoxy resin and the partial replacement of cement with pulverized brick, it is concluded that the optimal range for the application of this strategy is 5% to 10% replacement of cement by pulverized brick with a dose of 2% epoxy resin.

*Keywords:* Cement, concrete, carbon dioxide, epoxy resin, pulverized brick.

## Índice

Dedicatoria .....	2
Agradecimientos .....	3
Resumen.....	4
Abstract .....	5
Índice.....	6
Índice de Tablas .....	11
Índice de Figuras.....	13
Introducción .....	14
Capítulo I. Planteamiento del Problema .....	15
Formulación del problema .....	21
<i>Problema principal</i> .....	21
<i>Problemas secundarios</i> .....	21
Objetivos de la investigación .....	21
<i>Objetivo principal</i> .....	21
<i>Objetivos secundarios</i> .....	21
Justificación e importancia de la investigación.....	22
<i>Justificación teórica</i> .....	22
<i>Justificación práctica</i> .....	23
<i>Justificación ambiental</i> .....	23
<i>Importancia</i> .....	24
Delimitación de la investigación.....	25
Delimitación de Contenido .....	25

Delimitación Espacial.....	25
<i>Delimitación de materiales</i> .....	25
<i>Limitaciones de la investigación</i> .....	26
Capitulo II. Marco Teórico .....	28
Antecedentes a nivel nacional e internacional .....	28
<i>Internacionales</i> .....	28
<i>Nacionales</i> .....	29
Bases Teóricas.....	31
<i>Concreto</i> .....	31
<i>Materiales para la fabricación del concreto simple</i> .....	33
<i>Resistencia a la flexión</i> .....	34
<i>Resistencia a la Tracción</i> .....	36
<i>Resistencia a la comprensión</i> .....	38
<i>Diseño de mezcla</i> .....	41
<i>Materiales de construcción</i> .....	43
Definición de términos básicos .....	46
<i>Dosificación:</i> .....	46
<i>Concreto:</i> .....	46
<i>Curado del concreto:</i> .....	46
<i>Resina epóxica (RE):</i> .....	46
<i>Ladrillo pulverizado (LP):</i> .....	47
<i>Sustitución compuesta</i> .....	47
<i>Mejora</i> .....	47

<i>Desmejora</i> .....	47
Capítulo III. Hipótesis y Variables de la Investigación .....	48
Hipótesis principal.....	48
Hipótesis secundarias .....	48
Variables e indicadores .....	49
Operacionalización de las variables .....	50
Capítulo IV. Diseño de la Investigación .....	52
Diseño de ingeniería.....	52
<i>Tipo de diseño de investigación</i> .....	52
<i>Alcance de la investigación</i> .....	52
Métodos y técnicas del proyecto. ....	53
<i>Método de investigación</i> .....	53
<i>Técnicas de recolección de datos</i> .....	54
<i>Instrumentos</i> .....	54
Diseño estadístico.....	55
<i>Población</i> .....	55
<i>Muestra</i> .....	56
Marco legal.....	58
Capítulo V. Descripción del Área de Estudio.....	59
Ubicación, superficie y altitud .....	59
Accesibilidad a materiales de construcción .....	61
Capítulo VI. Desarrollo de la Investigación .....	64
Determinación de la resistencia a la compresión .....	64

<i>Características de los materiales</i> .....	64
<i>Diseño de mezcla</i> .....	68
<i>Costo de materiales</i> .....	69
<i>Elaboración de especímenes</i> .....	70
<i>Ensayo de resistencia a la compresión</i> .....	71
<i>Determinación de la resistencia a la tracción</i> .....	72
<i>Determinación de la resistencia a la flexión</i> .....	75
Capítulo VII. Resultados.....	77
Ensayos de resistencia a la compresión.....	77
Ensayos de resistencia a la tracción.....	79
<i>Ensayos de resistencia a la flexión</i> .....	81
Comparación de resultados.....	82
Análisis de costo beneficio .....	87
Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones .....	90
Conclusiones.....	90
Recomendaciones .....	92
Referencias.....	94
Apéndices.....	108
Apéndice A <i>Tipos de agregados</i> .....	108
Apéndice B <i>Regulación de ensayos para agregados en Perú</i> .....	110
Apéndice C <i>Métodos de diseño de mezcla</i> .....	111
Apéndice D <i>Características de los ladrillos en Perú</i> .....	126
Apéndice E <i>Historia de la resina epóxica</i> .....	128

Anexos .....	130
Anexo 1 <i>Matriz de consistencia</i> .....	130
Anexo 2 <i>Instrumentos</i> .....	133
Anexo 3 <i>Resultados</i> .....	142
Anexo 4 <i>Ficha técnica de la resina epóxica</i> .....	158
Anexo 5 <i>Certificados de calibración de equipos</i> .....	165
Anexo 6 Registro fotografico .....	179

## Índice de Tablas

Tabla 1 Delimitación de materiales .....	26
Tabla 2 Tipos de cemento para la construcción.....	34
Tabla 3 Tipos de concreto en función de su resistencia a la compresión .....	39
Tabla 4 Clasificación de resinas epóxicas .....	45
Tabla 5 Variables e indicadores .....	49
Tabla 6 Operacionalización de variables .....	50
Tabla 7 Población del desarrollo de la investigación.....	57
Tabla 8 Normas técnicas para el desarrollo de la investigación .....	58
Tabla 9 Centros poblados del distrito de Palcamayo .....	59
Tabla 10 Caracterización de los agregados.....	64
Tabla 11 Composición química del ladrillo pulverizado expresado en elementos químicos. ....	65
Tabla 12 Composición química del ladrillo pulverizado expresado en óxidos. ....	66
Tabla 13 Sustancias químicas de la parte A de la resina epóxica. ....	67
Tabla 14 Sustancias químicas de la parte B de la resina epóxica. ....	67
Tabla 15 Diseño de mezcla para un concreto 210 .....	68
Tabla 16 Proporciones de mezcla por m <sup>3</sup> para la elaboración de especímenes .....	69
Tabla 17 Precios de materiales en el pueblo de Palcamayo.....	70
Tabla 18 Registro de asentamientos de las mezclas de los grupos de estudio.....	70
Tabla 19 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.....	71
Tabla 20 Resultados del ensayo de resistencia a la tracción.....	73
Tabla 21 Resultados del ensayo de resistencia a la flexión .....	75
Tabla 22 Resultados promedio del ensayo de resistencia a la compresión.....	77

Tabla 23 Resultados promedio del ensayo de resistencia a la tracción. ....	80
Tabla 24 Resultados promedio del ensayo de resistencia a la flexión. ....	81
Tabla 25 Porcentaje de Mejora de los grupos de estudio a los 28 días.....	83
Tabla 26 Comparación de resultados con los antecedentes de investigación.....	85
Tabla 27 Costo de producción por metro cubico de cada grupo de estudio .....	87
Tabla 28 Análisis de costo y beneficio de los grupos de investigación.....	88

## Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del área de investigación .....	27
Figura 2 Máquinas de compresión estándar de la serie F .....	41
Figura 3 Ubicación de la provincia de Tarma en la región Junín .....	60
Figura 4 Ubicación del distrito de Palcamayo en la provincia de Tarma .....	60
Figura 5 Vista panorámica de las edificaciones del distrito de Palcamayo .....	61
Figura 6 Principal distribuidor de agregados en el pueblo de Palcamayo .....	62
Figura 7 Elaboración de especímenes de concreto .....	71
Figura 8 Curado de especímenes de concreto y ensayos de resistencia a la compresión .....	72
Figura 9 Ensayos de resistencia a la tracción.....	74
Figura 10 Ensayos de resistencia a la flexión .....	76
Figura 11 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión de los grupos de estudio. .....	78
Figura 12 Resistencia a la compresión VS porcentaje de ladrillo. pulverizado (PL) .....	79
Figura 13 Comparación de la evolución de la resistencia a la tracción de los grupos de estudio. .....	80
Figura 14 Comparación de la evolución de la resistencia a la tracción de los grupos de estudio.	82
Figura 15 Grafico de barras de los porcentajes de mejora a los 28 días .....	84

## Introducción

En Perú uno de los materiales más demandados para el desarrollo de la construcción es el cemento, cuyo uso contribuye al 7% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Algunos investigadores sugieren diversos materiales orgánicos e inorgánicos para el reemplazo parcial del mismo, tales como cenizas de diversos elementos orgánicos, sin embargo, es difícil proveerse de estos materiales en obra por su escasa producción industrial. En este contexto se desarrolla el estudio del reemplazo del cemento con ladrillo pulverizado y dosificación de resina epóxica, dado que son materiales accesibles. Los resultados del estudio evidencian que hay efectos positivos hasta en un 10 % de reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado y la dosificación del 2 % de resina epóxica, también se observa que se obtienen efectos negativos al incrementar el porcentaje de reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado en un 15 %,

La investigación se organiza de la siguiente forma, en el primer capítulo, además de identificar los objetivos, los fundamentos y las limitaciones del estudio, se presenta, formula y aborda la pregunta de investigación, el segundo capítulo, está dedicado a discutir los antecedentes nacionales e internacional y explicar las bases teóricas y definir conceptos clave, en el tercer capítulo se expone la hipótesis principal, hipótesis secundarias y la tabla de operacionalización de la variable, el cuarto capítulo, expone el alcance, diseño y población de la investigación, además se describe la técnica e instrumentos para la recopilación de datos, el quinto capítulo, describe el campo de estudio y analiza la disponibilidad de los materiales necesarios, el sexto capítulo, se centra en la realización del estudio presentando los materiales utilizados las proporciones de la muestra y las pruebas realizadas, finalmente el séptimo capítulo presenta los resultados obtenidos, las conclusiones extraídas, las recomendaciones, las referencias citadas y los apéndices adjuntos.

## Capítulo I. Planteamiento del Problema

El consumo de cemento a menudo está fuertemente ligado a la demanda de la industria de la construcción. Es indiscutible que el desarrollo de los países está ligado directamente con el avance de su infraestructura, las grandes construcciones son distintivos de sociedades fuertes (Betancourt et al., 2019). El desarrollo de esta infraestructura demanda grandes cantidades de energía y materiales, los cuales en su producción industrial generan un gran volumen de desechos que impactan en el medio ambiente. La gestión adecuada de los materiales de desecho y la reducción de las cargas ambientales son un desafío crítico para la sociedad moderna para garantizar que se cumplan los pilares de la sostenibilidad (Simão et al., 2019).

A nivel global en el ámbito de la obra civil el concreto es el material de principal empleo, por sus propiedades mecánicas. Se estima que alrededor de unos 25 millones de toneladas de concreto se producen a nivel mundial cada año, lo cual viene hacer aproximadamente 3,8 toneladas por persona al año (Elías et al., 2020). El principal agente para la fabricación de este material es el cemento, cuya propiedad ligante permite la unión de agregado grueso y arena. Datos del Electronic Data Gathering, Analysis, and Retrieval System (EDGAR) estiman que las emisiones en procesos de fabricación de cemento crecieron un 5,1 % en 2019, mientras que el Proyecto Global de carbono (GCP) estima un 3,3 % en 2019 (UNEP-CCC, 2020). El contexto de confinamiento por la propagación de SARS-CoV-2 a nivel global en el año 2020 redujo en gran medida las emisiones de carbono, al limitar la producción industrial y el aforo de establecimientos de trabajo. La disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil en 2020 por la pandemia de COVID-19 se midieron tanto en términos relativos y absolutos. Según Energy Agency International, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> fósil cayó un 5,8 %, pero las emisiones globales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía se mantuvieron en 31,5 Gt, resultando en una

concentración anual promedio en la atmósfera de 412,5 partes por millón en 2020, representando alrededor de un 50 % más que cuando comenzó la revolución industrial. Por ello, aunque se disminuyó y cesaron las actividades industriales se mantuvo la producción de CO<sub>2</sub> representativa que continuó sumando afecciones al medio ambiente.

La paralización de las actividades industriales por pandemia no fue definitiva, puesto que la producción de bienes e insumos son de necesidad potencial para el reinicio de actividades económicas. Por lo que la producción industrial del cemento fue necesaria dada su participación en el rubro de la construcción. Según las emisiones totales de la industria del cemento presentadas anteriormente y las emisiones globales de CO<sub>2</sub> de 33 Gt de CO<sub>2</sub> en 2019 informadas por la AIE, la producción global de cemento contribuye con aproximadamente el 7 % del total de emisiones de dióxido de carbono en el planeta (Hasanbeigi, 2021).

En lo que respecta al continente europeo, en el ámbito de la Unión Europea (UE), los desechos originados por las actividades de construcción y demolición representan el 37% de todos los desechos (Comisión Europea, 2023). Según la información proporcionada por la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (Oficemen), a finales de 2019, se alcanzaron las 14 254 420 toneladas en la demanda de este material, mostrando un aumento del 5.9% en comparación con el año 2018 (Hernández, 2020). El incremento de la demanda se puede atribuir a la mayor utilización de este material en el sector de la construcción en Europa, teniendo como causante principal un marcado aumento en la huella de carbono. Para el 2022, Oficemen proyectó un incremento positivo cercano al 5%, lo que resultaría en un consumo de 15,6 millones de toneladas al finalizar el año, estas estimaciones se respaldan en la tendencia en alza de las construcciones de viviendas y obras públicas (Oficemen, 2021).

En el continente americano el consumo del cemento es creciente dado el desarrollo industrial de diversos países. Estados Unidos tiene un enorme poder industrial y un crecimiento continuo de sus ciudades por lo que el sector construcción en este país mantiene actividades constantes. El consumo de cemento en los Estados Unidos ha aumentado considerablemente, pasando desde los 1390 millones de toneladas en 1995 a alcanzar los 4 100 millones de toneladas en 2020 (Marey et al., 2022, p. 1). El consumo de cemento en estados unidos es mayor al de España obteniendo una participación mayor en la huella de carbono de este material.

En latino américa los países en desarrollo mantienen actividades continuas en el sector construcción por lo que la demanda y consumo de concreto son significativas. Dentro de los 12 meses a partir de agosto del 2020 hasta Julio del 2021 la producción de cemento, los despachos nacionales y los despachos totales aumentaron un 46%, 45% y 44% respectivamente en comparación con el acumulado entre agosto del 2019 y Julio 2020 (ASOCEM., 2021). Este porcentaje representa 4.1 millones de toneladas producidas el primer trimestre del año 2021, obteniendo 53 3000 toneladas por encima al de 2020. De acuerdo con las cifras proporcionadas por el Instituto de Estadísticas, Inegi, en enero del año 2021 la industria generó 4.2 millones de toneladas, lo que representa un incremento de 533 000 toneladas en comparación con el del año 2020 y 669000 toneladas más que el del 2019, además, el volumen de producción total en el 2020 alcanzó 56 millones de toneladas, el cual representa un incremento del 24.4% con respecto al 2019, marcando el máximo de la producción de los últimos cinco años (Navarro, 2021)..

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) señalo en su informe técnico "Avance Coyuntural de la Actividad Económica" que la producción de cemento en Perú durante febrero de 2021 fue mayor en un 15.87% con respecto al mismo mes de 2020 (INEI, 2022). La principal productora de cemento en el país UNACEM en su boletín 4T21 da conocer su

producción anual tanto a granel como en bolsas, se “totalizaron 1.7 millones de toneladas, cifra 7.6% mayor a la registrada en el 4T20” (2021, p. 4). Lo cual indica una emisión aproximada de 1.53 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por el consumo de cemento en Perú el año 2021. Puesto que, “existe una emisión equivalente de 0.9 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de cemento producido” (Ige et al., 2022, p. 3).

Como se pudo apreciar el uso del cemento a nivel global y nacional es creciente dada la necesidad de construcción, en consecuencia, las emisiones de CO<sub>2</sub> por producción de este material se incrementarán, causando un agravamiento al problema del calentamiento global y el cambio climático. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) mediante el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) informa que, sin una reducción inmediata de las emisiones en todos los sectores, será imposible limitar el calentamiento global a 1,5°C (2,7°F) (IPCC, 2022). Siendo 1,5°C la barrera para catástrofes en la biodiversidad de nuestro planeta, por ello se afirma que “Incluso si se supera temporalmente este nivel de calentamiento, se generarán impactos graves adicionales, algunos de los cuales serán irreversibles.

Se incrementarán los riesgos para la sociedad, en particular para la infraestructura y los asentamientos costeros de baja altitud” (IPCC, 2022). Lo expuesto por la ONU amerita la necesidad inmediata del reemplazo de este material en la fabricación del concreto, al tener una participación importante en las emisiones de carbono a nivel global. Como la industria de la construcción es el mayor consumidor de cemento es razonable que este sector utilice elementos alternativos para disminuir su uso. El reemplazo de este material en la práctica de las labores de construcción representa un problema para la “comunidad de la construcción” (Quienes desarrollan proyectos de Ingeniería, Construcción y Medio Ambiente) debido a que conlleva desafíos de aprovisionamiento, capacitación y desarrollo de metodologías. A nivel local

prevalecen estos problemas dado que es tendencia que la población de la provincia de Tarma y el distrito de Palcamayo opte por edificaciones de concreto armado y que el sector público también desarrolle en la provincia proyectos de edificación a partir de éste material. En consecuencia, se cuestiona, ¿cómo desarrollar alternativas para reemplazar el cemento en la fabricación del concreto a nivel local que no represente un obstáculo de aprovisionamiento?, lo cual implica una revisión del conocimiento disponible y accesible.

La demanda del cemento ha conllevado al excesivo uso de hormigón, lo cual “está originando que se busquen nuevas alternativas eficaces, resistentes y favorables para que sean empleados en los materiales del mercado de la construcción” (Castillo et al., 2021). En otras palabras, se busca que los materiales estudiados para la sustitución del cemento logren producir un concreto cuyas características mecánicas sean similares o mayores al concreto convencional. Por lo tanto, es necesario considerar las características mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión para el estudio de los sustitutos del cemento. Bajo este razonamiento es lógico que se identifique a la resistencia a compresión, que es la principal propiedad del concreto, como variable dependiente y a los materiales considerados para la sustitución del cemento como variable independiente. Esta es la forma en cómo se abordó el problema en la literatura científica que se revisó.

La importancia de dicha búsqueda prevalece a nivel local, porque, la comunidad de la construcción del distrito de Palcamayo requerirían que el nuevo material se asemeje al concreto convencional. Una forma de disminuir el empleo del cemento en el concreto a nivel local es mediante la práctica de sustitución. “Tanto las cenizas como las fibras analizadas en diferentes investigaciones permitieron mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto”(Coronel et al., 2022). Algunos de los materiales que otros investigadores estudiaron para el reemplazo del

cemento comprenden cenizas de elementos orgánicos, (Girón Calderón et al, 2021) se propone el reemplazo del cemento por ceniza de eucalipto, también se tiene el estudio del efecto del óxido de grafeno sobre hormigones de alta resistencia inducidos con ceniza de cascarilla de arroz (Shanmuga Priya et al, 2021), también se tienen estudios de reemplazo del cemento por ceniza de arroz (Mounika et al, 2019).

Dichos elementos estudiados, tienen una característica común, complican los desafíos de aprovisionamiento por no contar con una producción industrial sólida y dada la urgencia global es necesario estudiar elementos que tengan una producción industrial estable para poder acelerar la sustitución en el sector de la construcción (permanente o no), se estudia el reemplazo del cemento por polvo de ladrillo reciclado (Amakye et al.2021) y la resina epóxica como sustituto parcial del cemento (Jokhio et al, 2021).

Las investigaciones que se mencionan en esta sección representan evidencias de un nuevo enfoque para sustituir el cemento con un elemento, por ello es necesario considerar la sustitución a través de un material compuesto. Dado que hay poca información disponible sobre el comportamiento de dos materiales dentro del concreto bajo el contexto de sustitución, es necesario estudiar la interacción de dos elementos en conjunto dentro del concreto. Bajo esa perspectiva se ve la necesidad de estudiar el efecto de la sustitución del cemento por ladrillo pulverizado en el concreto con dosificación de resina epóxica, pues son elementos de fácil aprovisionamiento. Al utilizar este componente como aditivo se puede observar el comportamiento de ambos materiales en el concreto y como afecta este elemento a la sustitución del cemento por ladrillo pulverizado, todo en función de la resistencia a la compresión.

## **Formulación del problema**

### ***Problema principal***

¿Qué efecto tiene la dosificación de resina epóxica y el remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?

### ***Problemas secundarios***

¿Cuánto es la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado?

¿Cuánto es la resistencia a la tracción del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado?

¿Cuánto es la resistencia a la flexión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado?

## **Objetivos de la investigación**

### ***Objetivo principal***

Determinar el efecto del remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado y la dosificación de resina epóxica en la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### ***Objetivos secundarios***

Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado.

Determinar la resistencia a la tracción del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado.

Determinar la resistencia a la flexión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado.

## **Justificación e importancia de la investigación**

### ***Justificación teórica***

Los datos de esta investigación sentarán las bases para futuras investigaciones que busquen alternativas innovadoras para sustituir el cemento. La línea de investigación de la sustitución del cemento en la fabricación del concreto hasta el momento no ha encontrado un sustituto eficaz para este fin. Es indiscutible la necesidad de innovar en este campo considerando la posibilidad de una sustitución compuesta y debemos tener en cuenta que nos encontramos en un escenario en el que la información del comportamiento de dos o más materiales en conjunto dentro del concreto bajo el contexto de sustitución es escasa, por ello, es imprescindible aportar conocimiento para este fin. Los datos obtenidos en este estudio no solo serán útiles para comprender el impacto de estos materiales en las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión), sino que también sentarán las bases para posibles combinaciones de ladrillo pulverizado y resina epóxica como un sustituto compuesto del cemento. En síntesis, esta investigación se justifica en la necesidad de explorar nuevas vías para la producción del concreto con el propósito de fomentar la sostenibilidad y la eficiencia en el sector de la construcción. Esto contribuirá al avance del

conocimiento de los materiales y sentará las bases para que nuevos investigadores desarrollen posibles sustitutos compuestos que puedan contrarrestar el excesivo uso del cemento.

### ***Justificación práctica***

La presente investigación propone la consideración del ladrillo pulverizado y la resina epóxica para la elaboración de un concreto simple  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con el fin de reducir el cemento. Los hallazgos de este estudio pueden determinar la metodología correcta del empleo de estos dos materiales para este fin. Otra de las razones, para llevar a cabo esta investigación es la disponibilidad y accesibilidad de dichos materiales, que cuentan con una producción industrial considerable. Esto reduce futuros problemas logísticos de aprovisionamiento. Además, la práctica de sustitución parcial del cemento por ladrillo pulverizado permite manipular el concreto sin la necesidad de generar nuevos métodos de diseño. Esto facilita la implementación de esta alternativa de solución en la comunidad de la construcción, lo que puede generar beneficios en términos de eficiencia, sostenibilidad y costos. En resumen, esta investigación busca aprovechar materiales accesibles y una práctica existente para aportar al desarrollo de soluciones más accesibles, sostenibles y prácticas en la industria de la construcción.

### ***Justificación ambiental***

La presente investigación pretende contribuir a superar los desafíos de limitar el calentamiento global a 1.5°C, según los objetivos establecidos por la ONU. La propuesta de esta investigación parte de la observación del impacto negativo del empleo del cemento en el medio ambiente en relación con las emisiones de CO<sub>2</sub> (huella de carbono) por su producción y el agravamiento del cambio climático. Las actividades en el ámbito público y privado del sector construcción, quien es el principal consumidor de este material, crecen cada año y contribuyen al incremento de la producción anual de este material. A nivel local tanto en la provincia de Tarma,

como también en el distrito de Palcamayo, donde el concreto se utiliza en la construcción de viviendas y obras públicas, es perceptible este problema. Rebasar el límite expuesto por la ONU podría tener consecuencias catastróficas para la biodiversidad de la Tierra. Por lo tanto, es necesario, urgente e importante que se investiguen materiales sustitutos para el cemento. En este sentido, la investigación propuesta busca identificar y evaluar materiales alternativos al cemento que podrían sustituirlo de manera efectiva en la construcción. En síntesis, la presente investigación tiene como objetivo ofrecer una alternativa de solución a este problema al buscar reducir su uso mediante la sustitución y al enfocarse en la viabilidad logística de implementar esta práctica al estudiar materiales de fácil obtención por su disponibilidad en el país, alineándose de esa forma a objetivos de sostenibilidad internacional.

### ***Importancia***

Esta investigación es relevante en el campo de la construcción y la ingeniería porque aborda la búsqueda de un nuevo material como alternativa al concreto convencional, esto es necesario para reducir la dependencia del cemento, cuya producción tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Lo que hace que este estudio sea único, es que tiene un enfoque en la disponibilidad de materiales, por desarrollarse en un área rural, a diferencia de otros que pasan por alto la limitada producción local y nacional de sustitutos del cemento. Como opción más sostenible se propone el uso de ladrillo pulverizado junto con la inclusión de resina epóxica como aditivo, lo cual representa una innovación, pues se desconoce el efecto en conjunto de ambos elementos sobre la resistencia a la compresión de un concreto. Los resultados obtenidos ayudarán a evaluar la eficacia de esta nueva composición y su potencial para sustituir al concreto convencional. Además, sentará un precedente para futuras investigaciones sobre sustitutos compuestos del cemento, impulsando la búsqueda de alternativas con un enfoque más amplio y

beneficios tanto para la construcción como para el medio ambiente. Esto es especialmente necesario en un contexto global donde el desarrollo sostenible y la reducción de emisiones de carbono son una prioridad.

### **Delimitación de la investigación**

#### **Delimitación de Contenido**

Línea de investigación: Construcción y Gestión de Edificaciones.

Campo de Investigación: Materiales para la construcción.

#### **Delimitación Espacial**

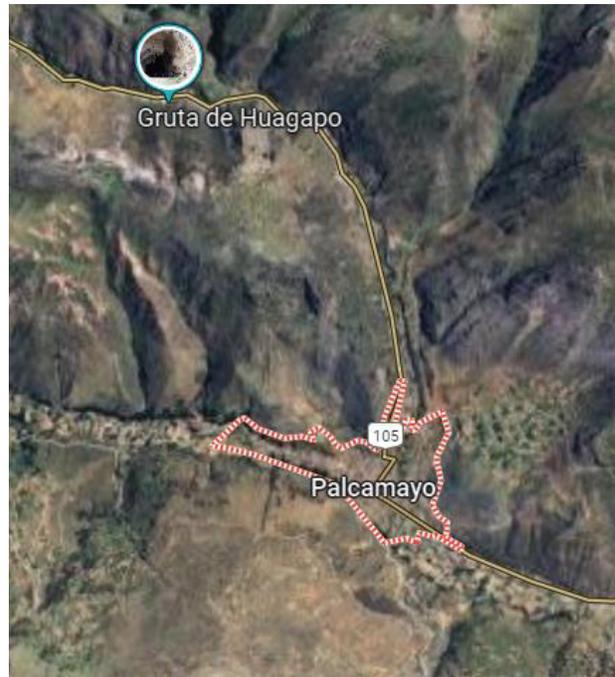
Esta investigación se llevó a cabo en el distrito de Palcamayo, el cual se localiza en el departamento de Junín, que forma parte a la provincia de Tarma y se encuentra en las coordenadas 11°17'39"S - 75°46'46"O. Los materiales utilizados en la investigación se aprovisionaron de los medios más cercanos al área de estudio.

#### ***Delimitación de materiales***

Los materiales se delimitaron basados en la literatura científica correspondiente al ámbito nacional debido a que las condiciones para los insumos fueron similares. Los materiales correspondientes a la variable independiente comprenden el ladrillo y resina epóxica, la literatura sugirió el uso del 5% y 15% para el ladrillo (Rojas, 2021) y un 2 % de dosificación para resina epóxica (Nuñez, 2020). Tomando en cuenta la revisión de las investigaciones en las recomendaciones en cuanto a la parte económica se delimito la dosificación de resina epóxica al 2% dado que una dosificación mayor resulta perjudicial económicamente, en la tabla N° 1 se expone la dosificación de los grupos.

## Figura 1

*Ubicación del área de investigación*



*Nota.* Obtenido de Google Maps (2023)

## Tabla 1

*Delimitación de materiales*

N° de Grupo	Sustitución con ladrillo pulverizado (LP)	Dosificación de resina epóxica (RE)
1	0 %	0%
2	5%	2%
3	10 %	2%
4	15 %	2%

### *Limitaciones de la investigación*

El área de investigación careció de laboratorios certificados para realizar los ensayos correspondientes a los especímenes de concreto. La investigación desarrolló la parte de ensayos de laboratorio en la ciudad de Huancayo puesto que cuenta con laboratorios certificados y lo

suficientemente equipados para brindar credibilidad a la recolección de datos. Por ello, se identificó a la ausencia de movilidad vehicular propia y a la falta de laboratorios a nivel local como limitantes para la presente investigación.

## Capítulo II. Marco Teórico

### Antecedentes a nivel nacional e internacional

#### *Internacionales*

Amakye et al. (2021) en su investigación “Consistency and mechanical properties of sustainable concrete blended with brick dust waste cementitious materials”, tuvo por objetivo estudiar la resistencia a la compresión del concreto reemplazando el cemento por 10 %, 20% y 30% de polvo de ladrillo reciclado (BDW). Esta investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo y su diseño fue cuasi experimental, su población constó del total de especímenes fabricados para la investigación y su muestra fue no probabilística, constó de 9 cubos (100 mm × 100 mm × 100 mm) y 24 especímenes cilíndricos (100 mm de diámetro y 200 mm de altura). Los resultados demuestran una reducción en la resistencia a la compresión del concreto a mayor porcentaje de sustitución, sin embargo, el grupo con 10 % de sustitución no presentó reducciones significativas, obteniendo una disminución del 16.3% con respecto a la muestra patrón por lo que se los autores recomiendan su uso en construcción.

Jokhio et al. (2021) En su investigación “Using Epoxy Resin as Partial Cement Replacement in Concrete with Silica Sand as Fine Aggregate” estudió el reemplazo del cemento por resina epóxica en un concreto con arena de sílice, para ver el efecto en sus propiedades mecánicas, con un 10%, 20% y 30%. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasi experimental y tuvo un alcance exploratorio. su población constó del total de especímenes fabricados para la investigación y su muestra fue no probabilística, constó de 72 cubos con una dimensión lateral de 100 mm y 72 cilindros de 300 mm de largo con un diámetro de 150 mm. Tras su desarrollo los investigadores concluyeron que el reemplazo del cemento por resina epóxica junto con el reemplazo total del agrado fino por arena de sílice disminuye la resistencia a

compresión. Sin embargo, el reemplazo al 30% es menos perjudicial que los demás grupos de reemplazo obteniendo una disminución del 32% en la resistencia a la compresión.

Akeke y Udokpoh (2022) publicaron el artículo titulado “Improvement in the Properties of Concrete Containing Rice Husk Ash as A Partial Replacement for Portland Limestone Cement” de su investigación realizada en Nigeria. El objetivo de su investigación fue estudiar las características del concreto al realizar la sustitución parcial del cemento con ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes del 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. El enfoque de dicha investigación fue cuantitativo y de carácter cuasi experimental. su población constó del total de especímenes fabricados para la investigación y su muestra fue no probabilística, constó de 240 especímenes, esta cantidad se debió a que las cenizas procedieron de las localidades de Ogoja, Abakaliki, Adani y Adikpo y se realizó la comparación de los resultados de las cenizas de cada localidad. Esta investigación concluyó, que el uso de ceniza de cascarilla de arroz hasta un 30% del nivel de reemplazo de cemento densifica la matriz de concreto y reduce el volumen de vacíos, lo que resulta en una tasa reducida de absorción de agua y penetración de iones químicos en el concreto, puesto que se superan el requisito mínimo estándar de resistencia a la compresión de 20N/mm<sup>2</sup> (IS 4098-1967). La menor disminución que se obtuvo fue de 5.54% y 13.6% con el 5% y 10% de reemplazo respectivamente.

### ***Nacionales***

Rojas Pariona (2021) en su investigación titulada “Diseño de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> reemplazando con polvo de ladrillo (King Kong 18 huecos) Ica – 2021”, tuvo por objetivo estudiar la resistencia a la compresión de un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución de cemento por 5%, 15%, 25% y 35% de polvo de ladrillo. Dicha investigación conto con un diseño cuasi experimental, un enfoque cuantitativo. Su población constó del total de especímenes fabricados

para la investigación y su muestra fue no probabilística, constó de 45 probetas para los ensayos de resistencia a la compresión, la resistencia base para diseño fue de 210 kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia requerida fue de 295 kg/cm<sup>2</sup>. La muestra patrón alcanzo una resistencia a compresión 284.99 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, la investigación concluyó que los remplazos al 5% y 15% presentan un buen comportamiento respecto a las resistencias al tener una disminución del 15% (242.01 kg/cm<sup>2</sup>) y 36% (181.24 kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente.

Nuñes (2020), en su investigación “Diseño de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> empleando resina epóxica para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto – 2020” tuvo por objeto estudiar la resistencia a compresión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adicción de resina epóxica en 0%, 2%, 4% y 6%. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo, un diseño cuasi experimental y fue de tipo aplicada. El investigador considero su población constó del total de especímenes fabricados para la investigación y su muestra fue no probabilística, constó de 24 probetas cilíndricas de 6” de diámetro y 12” de altura, de las cuales 6 no contaron la adición de resina epóxica. La investigación demostró que la adición del 2 %, 4% y 6% a los 28 días mejoran la resistencia a compresión de la mezcla patrón de 216.71 kg/cm<sup>2</sup> a 306.18 kg/cm<sup>2</sup>, 303.29 kg/cm<sup>2</sup> y 317.17 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; obteniendo una mejora del 41.3%, 40.0% y 46.3% respectivamente, el investigador concluyo que el uso del 2% es más conveniente al 6% dado los costes.

Giron et al. (2021), desarrollo su investigación “Efecto de la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto y físicas del mortero Huancayo 2021”, en Perú. Su objetivo fue determinar el efecto de reemplazar el cemento y el agregado fino por ceniza de hoja de eucalipto en la resistencia a la compresión del concreto con una resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en los porcentajes de 5%, 10% y 15%. El enfoque de la dicha investigación fue

cuantitativo y su diseño cuasi experimental. Su población constó del total de especímenes fabricados para la investigación y su muestra fue no probabilística, constó de 72 especímenes en conjunto para ambos grupos. La investigación mostro que la sustitución de cemento por la ceniza de eucalipto en los porcentajes de 5%, 10% y 15% Impactan de manera adversa la capacidad de resistencia a la compresión del concreto. obteniendo  $302.67 \text{ kg/cm}^2$ ,  $286.67 \text{ kg/cm}^2$  y  $274 \text{ kg/cm}^2$ , siendo el reemplazo al 5% el menos nocivo al contar una disminución del 15.5% con respecto a la mezcla patrón de  $358.33 \text{ kg/cm}^2$ .

## **Bases Teóricas**

### ***Concreto***

El hormigón es un material compuesto que consiste principalmente en un aglutinante con partículas incrustadas o fragmentos de agregados. En el hormigón de cemento hidráulico, el aglutinante se forma a partir de una mezcla de hormigón hidráulico y agua (Palacios et al., 2020). Existe diferentes tipos de concreto tales como el concreto convencional, concreto estructural, Concreto autocompactable, concreto ligero y concreto de alta resistencia.

El concreto convencional es el concreto común, de características estándar que de acuerdo a su diseño tendrá variaciones en su resistencia, trabajabilidad y fluidez. Las mezclas de hormigón convencionales son mezclas plásticas maleables; después de unas pocas horas, comienzan a endurecerse y adquieren la apariencia, el comportamiento y las propiedades de un sólido, convirtiéndose finalmente en el material mecánicamente resistente del hormigón endurecido (Villasmil y Rodríguez, 2006). Los elementos principales para su fabricación es el cemento tipo 1, agregado grueso, agrado fino y agua potable.

El concreto estructural a diferencia del concreto convencional se caracteriza por tener una mayor calidad en sus propiedades mecánica, capaces de cubrir las necesidades de los proyectos a

desarrollarse, para ello sus componentes cuentan con una mayor calidad; su principal aplicación se encuentra en elementos estructurales tales, como columnas y vigas. Los materiales de hormigón estructural han hecho un progreso significativo en los últimos años para cumplir con los requisitos más estrictos de sostenibilidad, durabilidad y resiliencia (Júlio et al., 2022, p. 1). La innovación de este material permite enfrentar los desafíos estructurales y de funcionabilidad de estructuras poco convencionales, permitiendo el desarrollo de las sociedades.

El concreto autocompactante se caracteriza por su fluidez, se aplica en estructuras con una mayor cantidad de acero de refuerzo, este refuerzo suele interrumpir la circulación del concreto convencional, pero el concreto autocompactante resuelve este problema. Las mezclas de concreto autocompactante, suelen contener superplastificante, alto contenido de finos y/o aditivo modificador de la viscosidad (Mohamed, 2011). Para obtener un mejor rendimiento, generalmente se agregaban varias mezclas minerales al SCC para obtener un mejor rendimiento (H. Li et al., 2020, p. 1). Los resultados de la investigación de Esfandiari y Loghmani, en este tipo de concreto, muestran que la absorción de agua, densidad seca, de la resistencia a la compresión de 28 días 11 aumentó con un aumento en el contenido de humo de sílice (2019, p. 1).

El concreto ligero, se caracteriza por contar con un peso menor a un concreto convencional, es un concreto estructural de resistencia limitada, pero disminuye la carga sísmica y muerta de una edificación, Según DIN 1045-1 (Deutsches Institut für Normung), el hormigón ligero estructural se define como aquel que tiene una densidad inferior a  $2000 \text{ kg/m}^3$  (Hussein et al., 2022). Desde su aparición, el concreto ligero se ha obtenido mediante diversas metodologías, entre las que se pueden mencionar el uso de espumas ligeras o el remplazo total y

parcial de los agregados convencionales por agregados de baja densidad (Alonso et al., 2012, p. 87).

### ***Materiales para la fabricación del concreto simple***

Los materiales para la industria de la construcción son seleccionados por su idoneidad respecto a los requerimientos de los proyectos o procesos constructivos, “las características que poseen los materiales de construcción garantizan el adecuado desempeño de su función”(Rodríguez et al., 2022), por ello estudiar y catalogar sus propiedades es importante para su correcto uso en la ejecución de obras. “El concreto es un material de construcción diseñado especialmente para resistir esfuerzos a la compresión, pero desafortunadamente su capacidad de resistir esfuerzos a la tensión solo representa el 10% de su resistencia” (Andrés et al., 2019) además “es uno de los materiales de construcción de mayor demanda debido a sus propiedades y versatilidad”(Jaramillo et al., 2022, p. 1), los principales materiales para su fabricación son el cemento, el agregado grueso y el agregado fino. La norma técnica peruana (NTP) 400.011 “AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones”. Describe los tipos de agregados incluidos el agregados grueso y fino. En el apéndice A se expone los tipos de agregados utilizados para el concreto a mayor detalle.

El elemento más significativo para la producción de concreto en la construcción es el cemento, en principal por su propiedad ligante para unir los agregados naturales y artificiales. Entre los tipos de cemento, se pueden mencionar: cemento Portland, cemento de fraguado o endurecimiento rápido, cemento blanco, cemento de bajo calor y cemento resistente a los sulfatos (Bustamante y Areche, 2021, p. 1259). En Perú la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 clasifica los tipos de cemento además existen cinco clasificaciones de cemento Portland estandarizadas según las especificaciones de la norma ASTM C1500(Flores, 2020).

**Tabla 2***Tipos de cemento para la construcción*

<b>Clasificación del cemento Portland (CEM)</b>	<b>Descripción</b>
CEM clase I	de uso general.
CEM clase II	de moderada resistencia a los sulfatos.
CEM clase III	de elevada resistencia inicial con elevado calor de hidratación.
CEM clase IV	de reducido calor de hidratación.
CEM clase V	de elevada resistencia a los sulfatos.

*Nota.* Adaptado de Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia con microsílíce y nanosílíce, Lima-2019, Flores Peña (2020)

### ***Resistencia a la flexión***

El ensayo de resistencia a la flexión, es un método común utilizado con el propósito de evaluar la capacidad de flexión del concreto. En esta prueba, una viga rectangular de hormigón con dimensiones específicas se somete a una carga que aumenta gradualmente en su punto medio hasta que falla. La carga y la deflexión correspondiente de la viga se miden y registran durante la prueba. Varios factores, tales como las proporciones en la mezcla, el proceso de curado y la edad, tienen un impacto en la resistencia a la flexión del concreto. La resistencia del hormigón a la flexión suele ser menor que su resistencia a la compresión. Según la norma ACI 318-19, la resistencia a la flexión del hormigón se calcula como el momento máximo que puede soportar la viga dividido por el módulo de sección de la viga.

Las diversas investigaciones han demostrado que la resistencia a la flexión del hormigón se puede mejorar mediante el uso de diferentes tipos de materiales de refuerzo, como barras de acero o fibras. En un estudio de Xu et al. (2018) encontraron que la adición de fibras de acero al

concreto puede aumentar significativamente su resistencia a la flexión. Otro estudio de Poyet et al. (2019) investigaron el efecto de las condiciones de curado en la resistencia a la flexión del concreto y encontraron que un curado adecuado puede mejorar la resistencia del concreto bajo flexión.

Además de determinar la resistencia a la flexión del hormigón, el ensayo de flexión también puede proporcionar información sobre otras propiedades, como el módulo de elasticidad y la ductilidad del hormigón. El módulo de elasticidad se calcula como la pendiente de la parte lineal de la curva carga-deflexión, mientras que la ductilidad se puede evaluar en función de la cantidad de deflexión que se produce antes de que falle la viga. Cabe señalar que el ensayo de flexión no es adecuado para determinar la resistencia al corte del hormigón. Para ello se deben utilizar otros ensayos como el ensayo de cortante o el ensayo de torsión. No es frecuente el uso de resistencia a la flexión en el concreto estructural dado que las empresas encuentran conveniente el uso de la resistencia a compresión para juzgar la calidad del concreto (National Ready Mixed Concrete Association, 2016, p. 1).

De acuerdo lo establecido por la Norma Técnica Peruana NTP 339.162, el ensayo de resistencia a la flexión debe realizarse en probetas prismáticas con una relación largo ancho de 3:1. Las muestras deben tener un área de sección transversal de 150 mm x 150 mm y una longitud de 500 mm. La carga debe aplicarse en el tercer punto del tramo y la tasa de carga debe estar entre 0,02 y 0,08 MPa/s. Como afirman Mindess et al, "La resistencia a la flexión del hormigón es generalmente menor que su resistencia a la compresión, pero es un parámetro importante para el diseño estructural ya que refleja la capacidad del hormigón para resistir los esfuerzos de flexión" (2003, p. 256). Esto resalta la importancia de realizar la prueba de

resistencia a la flexión, aunque no sea una práctica común, para garantizar que el concreto pueda soportar los esfuerzos de flexión y evitar fallas estructurales.

En el diseño estructural que consiste en planificar y crear componentes estructurales como vigas o losas; a menudo se incluye análisis de flexión y corte para calcular los requisitos de resistencia a la flexión. Una vez que se conozca este requisito, podrá elegir el material adecuado para cumplirlo, ya sea madera, acero, hormigón u otro material. Para elementos de concreto, el proceso implica determinar el área adecuada de acero (cuantía) y la sección transversal de los elementos. Como ocurre con otros materiales, lo principal es elegir que espesor y que sección son adecuados. Ahora todo el proceso se realiza de manera asistida mediante el uso de programas informáticos. En la actualidad se han desarrollado una gran cantidad de procedimientos de análisis y diseño estructural, que pueden obtener resultados de forma más precisa y rápida, creando proyectos cada vez más económicos y seguros (Bojórquez et al., 2018).

### ***Resistencia a la Tracción***

El ensayo de resistencia a la tracción del concreto es un parámetro fundamental en la ingeniería civil, ya que permite evaluar la capacidad del material para resistir cargas de tracción y prevenir fallas catastróficas en las estructuras de concreto armado. Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.034:2017 del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2018), el ensayo de tracción directa es un método comúnmente utilizado para determinar la resistencia a la tracción del concreto endurecido en Perú (NTP 339.034:2017).

El ensayo de tracción del concreto se realiza en probetas cilíndricas o prismáticas, que son sometidas a una carga axial que induce una tracción directa en la probeta. La resistencia a la tracción del concreto depende de varios factores, tales como la calidad de los materiales

utilizados, el diseño de la mezcla, el curado del concreto, la relación agua/cemento, la edad del concreto, entre otros (Rodríguez et al., 2020).

En la literatura académica, se han desarrollado diferentes métodos y técnicas para evaluar la resistencia a la tracción del concreto. Por ejemplo, el ensayo de tracción por flexión mediante la técnica de carga puntual en vigas entalladas es ampliamente utilizado para determinar la resistencia a la tracción indirecta del concreto (X. Li et al., 2019). Otro método comúnmente empleado es el ensayo de tracción por compresión diametral, que utiliza probetas cilíndricas partidas por la mitad para evaluar la resistencia a la tracción del concreto en condiciones controladas (Beglarigale et al., 2017).

La capacidad de tracción del concreto constituye un factor crucial en el diseño de estructuras de concreto reforzado, debido a que este material exhibe una resistencia a la tracción notablemente inferior en comparación con su resistencia a la compresión. Por lo tanto, es esencial conocer la resistencia a la tracción del concreto para garantizar la seguridad y la durabilidad de las estructuras (González y Martínez, 2019). Además, la resistencia a la tracción del concreto también tiene un papel importante en la evaluación de la capacidad de deformación del material y en el control de la fisuración en las estructuras de concreto (Molina et al., 2018).

Es importante destacar que, en Perú, además de la NTP 339.034:2017, existen otras normas y especificaciones técnicas que regulan la realización del ensayo de resistencia a la tracción del concreto, como la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la Norma ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete de la American Concrete Institute (ACI) (American Concrete Institute (ACI), 2014).

### ***Resistencia a la compresión***

Esta es la propiedad mecánica más importante para el hormigón, dado que es utilizado para juzgar y determinar su calidad, “la resistencia a la compresión se define como la carga dividida por el área de la sección transversal” (Pyeon et al., 2022, p. 3). Diversos estudios han demostrado que la resistencia a la compresión y la durabilidad del hormigón solo aumentan después de un proceso de curado adecuado (Alcívar et al., 2020). Se mide mediante la rotura de probetas cilíndricas, en Perú se realiza bajo las consideraciones de la norma técnica peruana (NTP) 339.034:2021 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”, la norma E.060 Concreto armado (2020) expone lo siguiente:

La resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes:

a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a  $f^c$ .

b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros de 6”x12” o tres cilindros de 4”x8”) es menor que  $f^c$  en más de 3,5 MPa cuando  $f^c$  es 35 MPa o menor, o en más de 0,1  $f^c$  cuando  $f^c$  es mayor a 35 MPa.

(Ministerio de Vivienda, 2020, p. 44)

Cada partícula del agregado tiene su propia capacidad de resistencia. En concretos de resistencia convencional, el agregado tiende a ser más resistente que la matriz de cemento una vez que ha endurecido. En situaciones donde las partículas se fracturan antes que la matriz de cemento, la resistencia específica del agregado es menos relevante. No obstante, en el contexto

de los concretos de alta resistencia, ocurre lo contrario: la pasta supera en resistencia a los agregados, lo que implica la necesidad de reducir el tamaño máximo de las partículas.

La resistencia del agregado raramente se mide y las normas no establecen valores mínimos. No obstante, el procedimiento de la norma ASTM C170 permite prever el comportamiento de los agregados en cuanto a su resistencia; según algunas mediciones, puede variar entre 66 y 275 MPa (660 y 2750 kg/cm<sup>2</sup>). (Matallana, 2019, p. 78)

Dado que la resistencia a la compresión constituye la característica fundamental del concreto es evidente que las investigaciones y lineamientos de su uso estén en función de la misma. El diseño de este material no siempre es para altas resistencias de demandas estructurales, pero cabe resaltar que el concreto estructural no puede ser menor a 17 Mpa según la Norma E.060 Concreto armado. A continuación, se muestra la clasificación de este material en función de la resistencia a la compresión.

**Tabla 3**

*Tipos de concreto en función de su resistencia a la compresión*

<b>Tipo de concreto</b>	<b>Res. a la compresión (Mpa)</b>	<b>Res. a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto estructural	>17 MPa	>170 kgf/cm <sup>2</sup>
Concreto de baja resistencia o concreto pobre	<14 MPa	<140 kgf/cm <sup>2</sup>
Concreto de resistencia normal	≥14 MPa y <56 MPa	≥140 kgf/cm <sup>2</sup> y <560 kgf/cm <sup>2</sup>
Concreto de alta resistencia	>56 MPa	>560 kgf/cm <sup>2</sup>
Concreto de alto desempeño	>70 MPa	>700 kgf/cm <sup>2</sup>

---

*Nota.* En el cuadro la palabra resistencia (Res.) esta abreviada. Tomado de *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*, Matallana Rodríguez (2019, pp. 29–30)

**Figura 2**

*Máquinas de compresión estándar de la serie F*



*Nota.* Adaptado de Forney (2023).

Para lograr que un concreto se desempeñe bien en una estructura es necesario asegurar que este alcance una resistencia a compresión acorde a las necesidades estructurales. En la comunidad de la construcción se suele emplear métodos empíricos para asegurar que el concreto alcance resistencias esperadas, estas están en función de cantidades conocidas. Sin embargo, también existen métodos normalizados para el diseño de mezclas, para entenderlo tenemos que tener en cuenta que:

Dentro de los métodos clásicos se encuentra el método de Fuller, Bolomey, Faury y ACI 211.1 titulado “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal,

Heavyweight, and Mass Concrete”, siendo este último en la actualidad el método de diseño de mezclas de hormigón referencia en el continente americano y en buena parte del mundo.(León et al., 2020, p. 2)

### ***Diseño de mezcla***

Para la tecnología del concreto los métodos de diseño de mezcla permiten la creación y estudio de concretos convencionales y no convencionales. Los métodos de diseño han evolucionado desde el arbitrario método volumétrico 1 C:2Ar:3G, de principios de siglo, hasta los métodos actuales de peso y volumen absoluto, como el descrito por ACI 211(Girón y Mejía, 2021). El American Concrete Institute (ACI) tiene como objetivo el desarrollo de normas, estándares y recomendaciones técnicas para el concreto siendo el “ACI PRC-211.1-91: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Reapproved 2009)” la publicación más reciente de consulta para el diseño práctico de mezclas de concreto. La publicación explica, empleando ejemplos, dos enfoques para elegir y ajustar las proporciones en concreto de peso estándar, tanto con aditivos químicos como con materiales puzolánicos y de escoria. Un enfoque se apoya en la estimación del peso del concreto por unidad de volumen; el otro se basa en cálculos del volumen total ocupado por los componentes del concreto. Estos procedimientos consideran las necesidades de localización, consistencia, resistencia y durabilidad.

Ambos métodos se desarrollan para la obtención de la cantidad de agregado fino. El método del peso necesita que por experiencia se conozca el peso del concreto por volumen unitario o también, se puede optar por suponer que la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los demás ingredientes de la mezcla es el peso requerido de agregado fino; el método de volúmenes absolutos implica conocer los volúmenes absolutos de los componentes, la

suma de los volúmenes de los demás componentes conocidos, se resta del volumen unitario del concreto para obtener el volumen del agregado fino, multiplicando el volumen determinado de la arena por su densidad se obtiene la cantidad de la arena (Vega, 2020). Este método se aplica cuando los agregados cumplen con las especificaciones de tamaño de partícula establecidas en ASTM C33. En Perú la determinación de las propiedades de los agregados se rige por las Normas Técnicas Peruanas (NTP) expuestas en el apéndice B.

Aparte del método ACI 211 existen otros métodos como el método de Fuller y el método de módulo de fineza de la combinación de agregados. Estos últimos varían de manera parcial los pasos del método ACI 211 en el cálculo del agregado grueso y agregado fino. Cada método requiere ciertas consideraciones para su uso. Según Huanca (2006) el método de Fuller se utiliza cuando los agregados no cumplen con la norma ASTM C 33, para mezclas de más de 300 kg de cemento por metro cúbico de concreto y para tamaños máximos de agregado grueso que van desde 3/4" a 2". En este método se establece la relación agua cemento ( $a/c$ ) con la ecuación 12 y se emplea la ecuación 13 la ley de Fuller, dicho procedimiento y formulas se exponen en el apéndice C.

Este método se basa en el principio de que la resistencia del concreto depende de la relación agua/cemento y de las proporciones relativas de agregado fino y grueso, de modo que el agregado combinado necesita la menor cantidad de cemento. pasta para una compactación completa (Ahmed et al., 2020). Según Huanca (2006) el método de módulo de fineza de la combinación de agregados es aplicable siempre y cuando los agregados se encuentren dentro de los límites de la ASTM C 33. Dicha apreciación lo corroboró por los estudios de la universidad de Maryland. La cantidad de cemento y agua se calcula de la misma forma que en el método ACI 211, este método vario en el cálculo de la cantidad de agregado fino y grueso mediate relaciones

matemáticas entre los módulos de finura de cada agregado y el módulo de finura de la combinación de agregados, el procedimiento de la aplicación de este método se describe a detalle en el apéndice C. Hasta la fecha actual, ninguno de los métodos de diseño de concreto mencionados en esta investigación ha sido objeto de prohibición o declarado obsoleto por parte de ninguna norma oficial o publicación científica. Esto indica que los métodos actuales continúan siendo aceptados y válidos en la práctica de ingeniería civil. Cabe mencionar que a la fecha no hay investigaciones que concluyan si algún método de diseño favorece o no la sustitución del cemento en la fabricación del concreto.

### ***Materiales de construcción***

El desarrollo de la industria de la construcción requiere de mano de obra y de materiales, en función de este último se desarrollan investigaciones que permiten mejorar, optimizar y resolver problemas en el proceso constructivo. En el centro del entorno construido, los materiales de construcción juegan un papel esencial en la definición de la visión del entorno construido (Rahla et al., 2021, p. 4). Por ende, se puede afirmar que el diseño de estructuras se limita por las características de los materiales disponibles y su forma de aplicación.

Se entiende por materiales de construcción los materiales básicos o, más generalmente, los productos destinados a un fin específico, utilizados en la construcción de un edificio o en la realización de una obra. Estos materiales de construcción representan los elementos básicos que conforman la estructura y diseño arquitectónico del edificio. Los materiales naturales sin procesar (piedra, madera, arcilla, metal, agua) se denominan materias primas, mientras que los productos elaborados a partir de ellas (yeso, cemento, acero, vidrio, ladrillo) se denominan materiales de construcción, de ahí la

importancia que tiene para un ingeniero civil su conocimiento.(Rodríguez et al., 2022, p. 113)

El ladrillo y la resina epóxica son materiales de construcción bajo la definición expuesta en el anterior párrafo. Ambos materiales parten de materias primas para su fabricación y su posterior uso en obra. La presente investigación se desarrolló en función de estos dos materiales.

“El ladrillo de arcilla cocida ha sido utilizado con mucha frecuencia para la construcción” (Ramos y López, 2019, p. 83). El principal propósito de estas unidades constructivas es el desarrollo de obras de albañilería. El material principal para su elaboración es la arcilla y necesita de un periodo largo de cocción para su fabricación. La Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú (ALACEP) precisó que la industria está compuesta por cerca de 2,000 ladrilleras, de las cuales solo el 20% son formales, a su vez indica que la producción de ladrillos se divide equitativamente, con un 50% en Lima y el otro 50% en las provincias, donde destacan las regiones costeras, como Trujillo, Chiclayo, Arequipa, Cusco y Tacna (Ríos, 2022).

Como se pudo apreciar existe una producción considerable de ladrillos en nuestro país, las características y tipos de ladrillos de estos se exponen en el apéndice D. “Es conveniente precisar que, la arcilla pura está compuesta del 47% de sílice, 39% de alúmina y un 14% de agua” (Romero Coyago, 2021, p. 21). “La sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) reaccionan con el hidróxido de calcio producido en la hidratación del cemento, lo cual forma silicato de calcio hidratado (CSH) y aluminato de calcio hidratado ( $\text{C}_4\text{AH}_13$ ), dichos compuestos generarían la alta resistencia” (Torres Rubio, 2018, p. 45). La pulverización del ladrillo para sustitución del cemento debe hacerse con el pasante de la malla N° 100, como sugiere Ruiz y Rodriguez (2016) al determinar que el pasante de la malla N° 100 no produce reacciones adversas en la mezcla.

Como indica Nikolova (2017), las resinas epoxi, también conocidas como poliepóxidos, se refieren a polímeros termoestables que se someten a un proceso de endurecimiento llamado "curado" cuando se mezclan con un catalizador. La conocida resina epoxi se elabora a partir de la reacción química de epiclorhidrina y bisfenol A. La primera comercialización de esta resina tuvo lugar en Estados Unidos en 1927. Esta se introdujo en el ámbito de la construcción como pegamento, se describe su historia en el apéndice E.

Actualmente, las resinas epoxi son la principal matriz termo endurecible utilizada en aplicaciones estructurales y aeroespaciales (Venegas, 2019). La resina epóxica puede reaccionar con dos endurecedores, el primero se puede agregar durante la fundición y requiere calor para transformarse, el segundo mediante la copolimerización de resinas, a base de ácidos y catalizadores, teniendo aplicaciones como pinturas, acabados, etc. (Mejía Coronel, 2020). Cabe mencionar que Mejilla Coronel señala la invención de resinas ecológicas a base aceite de soya, aceite de linaza, canola, aceite de palma, entre otros, sin embargo, casi el 75% de la producción mundial de pre polímeros epoxi se sintetiza por la reacción de condensación de bisfenoles y epiclorhidrina (abrasivos) (2020, p. 54).

**Tabla 4**

*Clasificación de resinas epóxicas*

<b>Tipo de resinas</b>	<b>Descripción</b>
Resma epoxi a base de bisfenol A (DGEBA)	La resma epoxi diglicidil éter de bisfenol A es la resma de uso más difundido, se prepara por condensación de epiclorhidrina con bisfenol
Resinas epoxi a base de Dianilina Tetraglicidil Metileno (TGMDA)	La resma epoxi bisfenol A (DGEBA) cura a menor densidad de entrecruzamiento que la

---

	tetrafuncional (TGMDA), esto implica que el módulo y la Tg de esta resma son más bajos.
Resinas Novolac	Su principal característica es que curan a mayor densidad de entrecruzamiento que TGMDA
Resinas epoxi a base de bisfenol F	Son similares a la Bisfenol A, la ventaja de esta resma es que presenta menor viscosidad en torno a 2000-4000 cps y además necesita menor cantidad de diluyente epoxi alifático

---

*Nota.* Juárez Alonzo (2012, pp. 6–8)

## **Definición de términos básicos**

### ***Dosificación:***

Es la graduación de la cantidad (dosis) de un elemento que se distribuye en la mezcla de concreto de forma constante o variable.

### ***Concreto:***

Material fabricado a partir de cemento, agregados y agua, cuya principal característica es su resistencia a la compresión.

### ***Curado del concreto:***

Es la práctica de optimizar el fraguado del concreto para que este alcance su mayor resistencia, y consiste en asegurar que el concreto no pierda humedad.

### ***Resina epóxica (RE):***

Material del grupo epoxi compuesto de 2 elementos (en general epichlorohydrin y el bisfenol A), que al unirlos se produce el efecto de polimerización.

### ***Ladrillo pulverizado (LP):***

La acción de pulverizar consiste en reducir a polvo un objeto, por ende, el material resultante de esta acción con un ladrillo es el polvo de ladrillo.

### ***Sustitución compuesta***

Es el enfoque en el que el candidato a sustituto este compuesto por más de un elemento, bajo una relación porcentual u de otra índole.

### ***Mejora***

En la presente investigación, la mejora es el resultado positivo de restar la resistencia del grupo patrón a la resistencia de cualquier otro grupo, luego dividir el resultado entre la resistencia del grupo patrón y multiplicarlo por 100.

### ***Desmejora***

En la presente investigación la mejora es el resultado negativo de restar la resistencia del grupo patrón a la resistencia de cualquier otro grupo, luego dividir el resultado entre la resistencia del grupo patrón y multiplicarlo por 100.

### Capítulo III. Hipótesis y Variables de la Investigación

#### Hipótesis principal

Si se realiza la dosificación de resina epóxica y el remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  se obtendrá un efecto positivo la resistencia a compresión.

#### Hipótesis secundarias

Si se dosifica resina epóxica en proporciones constantes y se sustituye diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado se mejorará la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Si se dosifica resina epóxica en proporciones constantes y se sustituye diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado se mejorará la resistencia a la tracción del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Si se dosifica resina epóxica en proporciones constantes y se sustituye diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado se mejorará la resistencia a la flexión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

## Variables e indicadores

**Tabla 5**

*Variables e indicadores*

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>
VI-1: Dosificación de resina epóxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Ladrillo pulverizado. (1)	1. Compuestos químicos.	%
	Resina epóxica. (2)	2. Compuestos químicos.	%w/w
	Diseño de mezcla patrón y determinación de las proporciones de la dosificación de resina epóxica del 2%; y sustitución parcial del peso del cemento por ladrillo pulverizado en 5%, 10% y 15%. (3)	3. Ficha de registro de dosificación de resina epóxica a emplear 2%; y sustitución parcial del peso del cemento por ladrillo pulverizado en 5%, 10% y 15%.	$\text{m}^3$ , kg, L
VD-1: Resistencia a la compresión $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Resistencia a la compresión. (4)	4. Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días.	$\text{Kg/cm}^2$
	Resistencia a la tracción. (5)	5. Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días.	$\text{Kg/cm}^2$
	Resistencia a la flexión. (6)	6. Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días.	$\text{Kg/cm}^2$

## Operacionalización de las variables

**Tabla 6**

*Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>instrumentos</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Unidad de medida</b>
VI-1: Dosificación de resina epóxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en el concreto $f'c = 210$ $kg/cm^2$	El concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción debido a su resistencia, durabilidad y gran disponibilidad de componentes (Cuyán, Mio, y Muñoz, 2021), siendo posible su fabricación gracias a la propiedad aglutinante del cemento en presencia de agua para integrar al agregado grueso y agregado fino en su	Ladrillo pulverizado  Resina epóxica  Diseño de mezcla.	Compuestos químicos  Sustancias químicas  Proporciones del diseño de mezcla patrón para la dosificación de resina epóxica del 2%; y sustitución parcial del peso del cemento por ladrillo pulverizado en 5%, 10% y 15%.	Ficha de registro de compuestos químicos  Ficha de registro de revisión documentaria  Ficha de registro de proporciones del diseño de mezcla patrón para la dosificación de resina epóxica a emplear 2%; y sustitución parcial del peso del cemento por ladrillo pulverizado en 5%, 10% y 15%.	Porcentaje  Porcentaje de concentración  Volumen Peso Litro	%  %w/w  $m^3$ kg L

composición. Se puede integrar otros componentes a manera de aditivos para alterar sus propiedades, de forma opcional, de acuerdo a las necesidades del medio en que se fabrica.

VD-1: Resistencia a la compresión del concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Característica principal del concreto, que hace referencia a la capacidad de carga que tiene por unidad de área (Zambrano et al., 2022).	Resistencia a la compresión.	Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días	Ficha de registro de ensayo de resistencia a la compresión	Presión	Kg/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a la tracción.	Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días	Ficha de registro de ensayo de resistencia a la tracción	Presión	Kg/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a la flexión.	Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días	Ficha de registro de ensayo de resistencia a la flexión	Presión	Kg/cm <sup>2</sup>

## Capítulo IV. Diseño de la Investigación

### Diseño de ingeniería.

#### *Tipo de diseño de investigación*

El diseño de la presente investigación fue cuasiexperimental, puesto que, pretende manipular una variable independiente para observar los efectos en la variable dependiente. Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula (Hernández Sampieri, 2014, p. 130). El diseño experimental es un proceso cuyo objetivo es verificar cuantitativamente la causalidad de una variable sobre otra (Arias y Covinos, 2021, p. 73). En los diseños cuasiexperimentales, los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos (Hernández Sampieri, 2014, p. 151). El enfoque de la investigación fue cuantitativo puesto que pretendió medir el efecto de la variable independiente en la variable dependiente. La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables (Echenique Gallardo, 2017, p. 22).

#### *Alcance de la investigación*

El alcance de la investigación fue explicativo, porque, busca medir el efecto del reemplazo y adición de elementos no convencionales (ladrillo pulverizado y resina epóxica) en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Este tipo de investigación está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales (Hernández Sampieri et al., 2010). Mediante este tipo de investigación, que en ocasiones requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo, trata de responder o dar cuenta de los porqués del objeto que se investiga (Romero Urréa et al., 2021, p. 13). La información que se consideró para la investigación fue la resistencia a compresión de los testigos

de concreto con variaciones de sustitución de 5 %, 10 % y 15 % de ladrillo pulverizado y adición continua del 2% de resina epóxica, esta información se obtuvo mediante ensayos de laboratorio

## **Métodos y técnicas del proyecto.**

### ***Método de investigación***

Para llevar a cabo una buena investigación es necesario ejercer el rigor científico, es decir, seguir el método científico (Hernández Sampieri, 2014, p. 168). Para la presente investigación del efecto de la dosificación de resina epóxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se utilizó el método científico, que incluye la inducción. Según Feinberg (2018), la observación y medición son componentes esenciales del método científico, y la inducción se utiliza para inferir conclusiones a partir de datos observados. Por ello, se realizó una medición cuidadosa de la resistencia a compresión del concreto mediante pruebas de compresión, y se observaron los resultados obtenidos. Un aspecto importante del método científico es la replicabilidad y reproducibilidad de los resultados, lo que garantiza la validez y confiabilidad de los hallazgos. Smith (2019) destacó la importancia de la replicabilidad en la investigación científica y señala la necesidad de seguir procedimientos estandarizados y documentar cuidadosamente los métodos utilizados.

Además, se formuló una hipótesis clara y precisa acerca del efecto de la dosificación de resina epoxi y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto, utilizando el método inductivo en función de la información científica disponible. Según Khan (2017), la inducción se utiliza para generar hipótesis o conclusiones a partir de observaciones y datos recopilados. Se examinaron los resultados obtenidos de las

pruebas de compresión y se infirieron conclusiones acerca del efecto de las variables estudiadas en la resistencia a compresión del concreto.

Finalizada la parte experimental y obtenidos los datos, se realizó un análisis y una interpretación rigurosa para llegar a conclusiones precisas y fiables, utilizando la inducción. Johnson (2016) destacó la importancia del análisis de datos en la investigación científica y subraya la necesidad de utilizar métodos estadísticos apropiados para garantizar la validez de las conclusiones.

### ***Técnicas de recolección de datos***

La principal técnica de recolección de datos para la presente investigación fue la observación estructurada, puesto que se necesita instrumentos mecánicos apropiados y un ambiente controlado para la medición. “La observación estructurada es la que se realiza con elementos técnicos como: cuadros, tablas, fichas, entre otras” (Santillán Valdemar et al., 2022, p. 233). El segundo método de recolección de datos que se utilizó para esta investigación es la revisión documentaria, dado que los componentes de la resina epóxica fueron diseñados no se pueden catalogar por elementos químicos sino por sustancias y estas deben identificarse con números CAS. La revisión documental es un proceso de revisión que se realiza para obtener *datos del contenido de fuentes primarias* (Arias Gonzales y Covinos, 2021)

### ***Instrumentos***

Los instrumentos son los mecanismos o medios a ser utilizados por el evaluador externo para recoger información necesaria y relevante (Sineace, 2020, p. 13). La presente investigación utilizó instrumentos prediseñados del laboratorio “C3 ingeniería especializada” con homologación de la ISO 9001. Los instrumentos constaron de fichas de registro para los ensayos de laboratorio, cuyo contenido se dispuso según las norma técnicas peruanas vigentes (NTP)

como la NTP 339.034 (norma que regula en ensayo de resistencia a la compresión), la NTP 339.079 (Norma que estandariza el ensayo resistencia la flexión) y la NTP 339.084 (norma que regula el ensayo de resistencia a la tracción indirecta), por ende la técnica de recolección se datos empleada fue la observación y sus instrumentos fueron fichas de registro de observación.

La ficha sirve para observar e identificar los aspectos del objeto evaluado, sus características, funcionamiento, comportamiento, entre otros; se puede utilizar en estudios experimentales y no experimentales, estudios de ingeniería en el cual se deseen evaluar herramientas o equipos, estudios médicos donde se desee evaluar el cambio del cuerpo frente a la administración de algún medicamento o en un contexto social donde se desee ver el comportamiento de una persona con habilidades diferentes. Puede cambiar circunstancialmente de nombre, depende del área en el que se desarrolla el estudio: en ciencias de la Salud se denomina Ficha de observación clínica; ciencias de la Ingeniería se denomina Ficha de registro de observación; en ciencias de la educación se denomina Ficha de cotejo.(Gonzales Arias, 2020, p. 55)

Para la recolección de datos de la resina epóxica se utilizó una ficha de recolección documental. La fuente primaria que se consulto fue la documentación técnica de este producto. Cabe mencionar que se adjuntó en este informe la documentación técnica en su totalidad.

## **Diseño estadístico**

### ***Población***

Existe la población finita que es cuando se conoce la cantidad de sujetos que integran la población y la población infinita que es cuando no se tiene el dato exacto acerca de la cantidad de sujetos de la población(Arias y Covinos, 2021, p. 113). El objeto de estudio de la presente de la investigación son los especímenes elaborados para los ensayos, por lo que la población estará

conformada por el total de especímenes fabricados para los ensayos correspondientes de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción. Los especímenes con forma de cilindro tuvieron un diámetro de 10 cm con un largo de 20 cm, mientras que los especímenes con forma de prisma tuvieron una sección de 15 cm x 15 cm y un largo de 50 cm

### ***Muestra***

Si la población es grande o muy grande se debe aplicar la técnica del muestreo para hallar la muestra representativa con base en criterios y fórmulas estadísticas (Gonzales Arias, 2020, p. 59). A este tipo de muestreo se le denomina muestreo probabilístico, pero también puede ser no probabilístico, como el muestreo no probabilístico y por conveniencia. Donde la muestra se elige de acuerdo con la conveniencia de investigador, le permite elegir de manera arbitraria cuántos participantes puede haber en el estudio (Hernández González, s. f.). Para la selección de la muestra de la presente investigación se tomó en cuenta una muestra no probabilística y por conveniencia. Este tipo de muestreo se utiliza cuando se desea elegir a una población teniendo en cuenta sus características en común o por un juicio tendencioso por parte del investigador, en este caso no se utiliza algún método de muestreo estadístico (Gonzales Arias, 2020, p. 60). La muestra para la presente investigación, como expone en la tabla 7, estuvo compuesta por 36 especímenes para los ensayos de resistencia a compresión, 36 especímenes para los ensayos de resistencia a la tracción y 36 especímenes para los ensayos de resistencia a la flexión.

**Tabla 7***Población del desarrollo de la investigación*

<b>Ensayo</b>	<b>Dosificación de resina epóxica.</b>	<b>Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)</b>	<b>Nº de especímenes</b>	<b>Total</b>
Compresión				36
	0%	0%	9	
	2%	5%	9	
	2%	10%	9	
	2%	15%	9	
Tracción				36
	0%	0%	9	
	2%	5%	9	
	2%	10%	9	
	2%	15%	9	
Flexión				36
	0%	0%	9	
	2%	5%	9	
	2%	10%	9	
	2%	15%	9	

## Marco legal

Las normas vigentes en el ámbito nacional para el desarrollo de la investigación se encuentran expuestas en la Tabla 8, y las normas relacionadas para llevarlas a cabo se exponen en anexo B.

### Tabla 8

*Normas técnicas para el desarrollo de la investigación*

<b>Propiedades</b>	<b>Normas técnicas peruanas (NTP)</b>
Propiedades físicas	NTP 339.035 Norma que estandariza el ensayo de asentamiento de mezclas de concreto.
Propiedades mecánicas	NTP 339.034 norma que regula en ensayo de resistencia a la compresión.
	NTP 339.079 Norma que estandariza el ensayo resistencia la flexión.
	NTP 339.084 norma que regula el ensayo de resistencia a la tracción indirecta.

## Capítulo V. Descripción del Área de Estudio

### Ubicación, superficie y altitud

Palcamayo es uno de los 9 distritos de la provincia de Tarma, la cual se encuentra ubicada en la región Junín, sus coordenadas son latitud -11.2958 y longitud -75.7722. Su territorio se divide en 7 centros poblados que comprenden su población total, estos se encuentran en altitudes desde los 3338 msnm hasta los 4267 msnm. La superficie del distrito comprende 168.73 km<sup>2</sup>, sus centros poblados se encuentran dispersos y conectados mediante trochas carrozables.

### Tabla 9

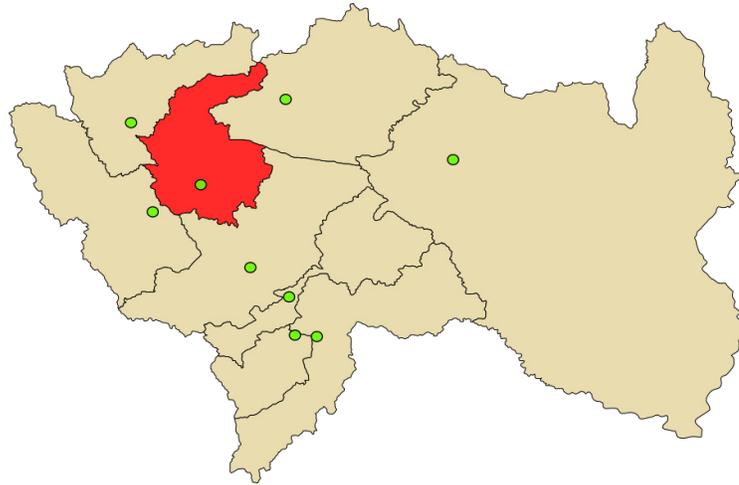
*Centros poblados del distrito de Palcamayo*

<b>Centro poblado</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Clasificación</b>
Palcamayo	3338	Pueblo
(Santa Cruz De Shacamarca)	3923	Anexo
(Santa Rosa De Yanapuquio)	3785	Anexo
Ricrican	4267	Anexo
Calca	3415	Anexo
Ochonga Cocha	3533	Anexo
Ochonga	3672	Anexo
Palcoran	3800	Caserio
(Santa Cruz De Shacamarca)	3923	Anexo

*Nota.* de Directorio de Centro Poblados y Población Dispersa Junín (INEI, 2007)

**Figura 3**

*Ubicación de la provincia de Tarma en la región Junín*



*Nota.* obtenido de Wikipedia (2023).

**Figura 4**

*Ubicación del distrito de Palcamayo en la provincia de Tarma*



*Nota.* Obtenido de Municipalidad de Tarma (2008, p. 183).

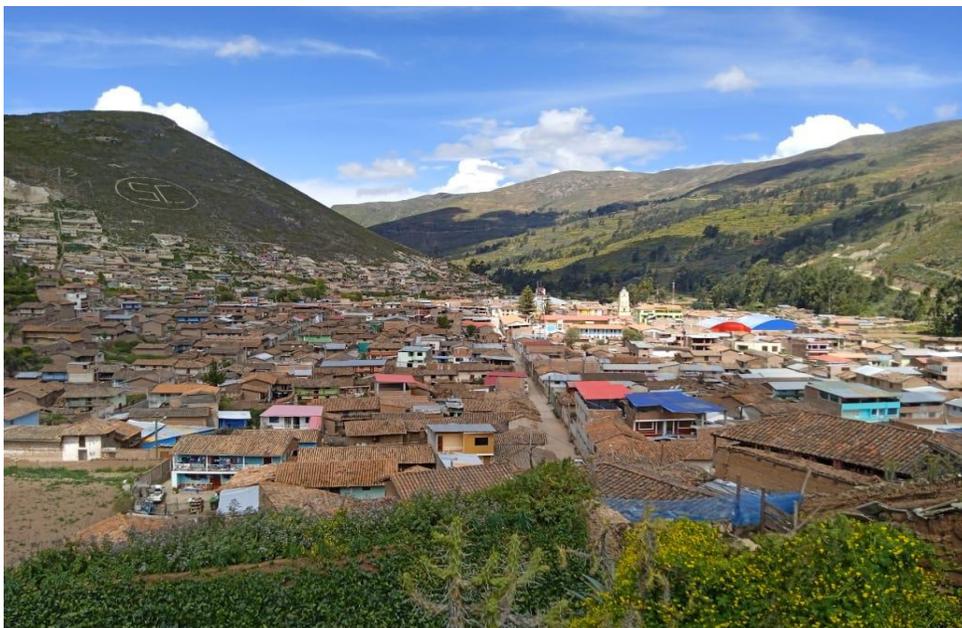
El distrito colinda con otros 4 distritos, por el Norte colinda con el distrito de Huasahuasi, por sur con el distrito La Unión, por el este con el distrito de Acobamba y por el oeste con el distrito de San Pedro de Cajas. Las principales actividades económicas desarrolladas son la agricultura y el turismo.

### **Accesibilidad a materiales de construcción**

Los materiales predominantes en las viviendas del distrito fueron el adobe, tejas y calaminas, y las viviendas de los centros poblados tuvieron estos materiales en su totalidad. Las actividades de construcción fueron poco frecuentes en los centros poblados y predominantes en el pueblo de Palcamayo, las principales actividades de construcción en los centros poblados comprendieron el desarrollo de obras públicas y programas sociales, como techo propio. Al término de la cuarentena se percibió un incremento de estas actividades en el desarrollo de viviendas de material noble.

### **Figura 1**

*Vista panorámica de las edificaciones del distrito de Palcamayo*



El incremento de las actividades de construcción en el pueblo de Palcamayo se debe a que durante el confinamiento 2019 – 2021 mano de obra calificada y maestros de obra se refugiaron en este lugar, además de ofrecer sus servicios, también comenzaron la distribución de agregados y otros materiales. Antes de este hecho las principales actividades de construcción en el pueblo eran obras públicas, debido a la poca disponibilidad de materiales y mano de obra calificada.

Palcamayo no contaba con la explotación de recursos no metálicos, como una de sus actividades económicas, por ello, no contó con una cantera dentro de su territorio para el aprovisionamiento de agregados. Los agregados disponibles en el área de estudio estuvieron predeterminados por la oferta de estos en la ciudad de Tarma, los distribuidores locales y los maestros de obra se proveían de este lugar. En vista de lo mencionado se puede afirmar que no existe una relación directa entre las actividades de construcción en Palcamayo y una cantera en específico, y que la procedencia de los agregados disponibles a nivel local variaría en el tiempo.

## **Figura 2**

*Principal distribuidor de agregados en el pueblo de Palcamayo*



Los agregados disponibles en la ciudad de Tarma provenían de diferentes canteras de la región Junín, algunas de estas canteras se encuentran en la provincia de Junín, provincia de Tarma, provincia de Huancayo, provincia de Jauja y provincia de Chanchamayo. La mayoría de distribuidores de agregados en la ciudad de Tarma y Palcamayo eran informales, por lo que no hubo registro de su procedencia solo declaraciones orales de sus propietarios. Los distribuidores del pueblo de Palcamayo no contaban con un solo proveedor, esto dificultó determinar la procedencia de los agregados disponibles en un determinado periodo.

Los ofertantes locales de elementos de construcción como cemento, ladrillo, calaminas entre otros también se proveían de la ciudad de Tarma. En el pueblo era carente la disponibilidad de cerámicos para recubrimientos, pero si era común la oferta de insumos para su instalación y herramientas manuales. Existió disponibilidad de pinturas, barnices, resina entre otros insumos químicos de una limitada variedad de marcas. Por lo expuesto, se pudo afirmar que los elementos necesarios para el desarrollo de la investigación fueron accesibles a nivel local y de procedencia foránea.

## Capítulo VI. Desarrollo de la Investigación

El siguiente fue el procedimiento detallado para probar nuestras hipótesis de investigación. El proceso, comenzó documentando cuidadosamente las propiedades de los materiales utilizados y luego se determinó cuidadosamente las proporciones necesarias para elaborar los especímenes de concreto. Se dividió en grupos la población de estudio, cuyos detalles se mostraron en la Tabla 7, y se realizaron pruebas apropiadas para evaluar la resistencia a la compresión, a la tracción y a la flexión de los grupos. Los resultados de estas pruebas se presentaron a detalle en el Capítulo 7 de este informe, mientras que las conclusiones extraídas de estos hallazgos se presentaron íntegramente en el Capítulo 8, proporcionando una visión completa y clara de los resultados obtenidos y sus implicaciones para el contexto del estudio.

### Determinación de la resistencia a la compresión

#### *Características de los materiales*

A continuación, se muestra las características de los materiales y agregados. Se detallaron las características de los agregados que se utilizaron para el diseño de mezcla. Se detallaron los componentes químicos del ladrillo pulverizado y las sustancias presentes en la parte A y la parte B de la resina epóxica.

**Tabla 10**

*Caracterización de los agregados.*

<b>Característica</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
Peso específico de masa.	2.54	2.64
Absorción	1.9%	1.02%
Contenido de humedad.	1.09%	0.71%
Módulo de fineza	2.74	6.98
Tamaño máximo nominal		3/4 in
Peso unitario compactado seco	1535 Kg/m <sup>3</sup>	

**Tabla 11***Composición química del ladrillo pulverizado expresado en elementos químicos.*

<b>Composición química</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
Silicio, Si	%	46.837
Aluminio, Al	%	23.758
Hierro, Fe	%	12.041
Calcio, Ca	%	6.439
Potasio, K	%	4.046
Magnesio, Mg	%	3.023
Titanio, Ti	%	1.181
Azufre, S	%	0.736
Manganeso, Mn	%	0.233
Fósforo, P	%	0.129
Estroncio, Sr	%	0.09
Circonio, Zr	%	0.082
Vanadio, V	%	0.05
Zinc, Zn	%	0.039
Itrio, Y	%	0.017
Rubidio, Rb	%	0.016
Pérdida por	%	1.282

**Tabla 12***Composición química del ladrillo pulverizado expresado en óxidos.*

<b>Composición química</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
Dióxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	%	55.208
Trióxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	26.228
Trióxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	6.861
Óxido de calcio, CaO	%	3.882
Óxido de magnesio, MgO	%	2.247
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	%	2.18
Dióxido de azufre, SO <sub>3</sub>	%	0.859
Dióxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	%	0.84
Pentóxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.13
Dióxido de manganeso, MnO	%	0.122
Óxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	%	0.046
Óxido de estroncio, SrO	%	0.043
Óxido de vanadio, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.039
Óxido de zinc, ZnO	%	0.019
Óxido de itrio, Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.009
Óxido de rubidio, Rb <sub>2</sub> O	%	0.007
Pérdida por Calcinación	%	1.282

**Tabla 13***Sustancias químicas de la parte A de la resina epóxica.*

Nombre químico	Componente A	
	CAS No.	Concentración (% w/w)
Bis-[4-(2,3-epoxipropoxi) fenil]propano	1675-54-3	$\geq 30 - < 50$

*Nota.* La columna “CAS No.” indica el número de identificación única para las sustancias químicas, la columna “Concentración (% w/w)” indica la proporción de una sustancia en una mezcla en relación al peso total de la mezcla. Obtenido de Ficha técnica sikadur 31.

**Tabla 14***Sustancias químicas de la parte B de la resina epóxica.*

Nombre químico	Componente B	
	CAS No.	Concentración (%w/w)
Nafta disolvente (petróleo), fracción aromática pesada; queroseno, sin especificar	64742-94-5	$\geq 2,5 - < 10$
alcohol bencílico	100-51-6	$\geq 1 - < 10$
Triethylenetetramine, propoxylated	88375-39-7	$\geq 3 - < 10$
2,4,6-tris(dimetilaminometil)fenol	90-72-2	$\geq 1 - < 3$
m-fenilenbis(metilamina)	1477-55-0	$\geq 1 - < 2,5$
Adduct TTA (Epoxy Amine Adduct)	38294-69-8	$\geq 0,25 - < 1$

*Nota.* La columna “CAS No.” indica el número de identificación única para las sustancias químicas, la columna “Concentración (% w/w)” indica la proporción de una sustancia en una mezcla en relación al peso total de la mezcla. Obtenido de Ficha técnica sikadur 31.

Se apreció la presencia de dióxido de silicio en los componentes químicos del ladrillo. Existe literatura científica que demuestra que este componente mejora la resistencia a compresión del concreto. Las sustancias presentes en la parte A y la parte B de la resina epóxica no contaron con literatura científica que indique que efectos tienen en la resistencia a compresión.

### ***Diseño de mezcla***

Para el desarrollo del diseño de mezcla para 1m<sup>3</sup> de concreto se utilizó un asentamiento de 5 in debido a que permite su uso en vigas y columnas según lo expuesto en el apéndice C. El método que se usó para el diseño fue el método de combinación de módulo de finura y nuestra resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) fue de 295 kg/cm<sup>2</sup>. En la tabla 15 se resumió las proporciones del diseño de mezcla, la cual corresponde al grupo 1 (mezcla patrón).

**Tabla 15**

*Diseño de mezcla para un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidades</b>
Agregado fino	938.11 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	792.8 kg/m <sup>3</sup>
Cemento	365.15 kg/m <sup>3</sup>
Agua	228.99 lt/m <sup>3</sup>

Las mezclas de los grupos 2, 3 y 4 se derivan del diseño de mezcla del grupo 1, ajustando los porcentajes de dosificación de resina epóxica (RE) y sustitución de ladrillo pulverizado (LP) según se indica en la Tabla 1. Las proporciones específicas utilizadas para la elaboración de los especímenes, considerando las variaciones de RE y LP, se presentan en la tabla 16, en función del diseño de mezclas de la tabla 15. Después de la Tabla 16, se hará referencia a los grupos de la siguiente manera en gráficos y tablas: el Grupo 1 se designará como 1-(0%RE-0%LP), el Grupo

2 como 2-(2%RE-5%LP), el Grupo 3 como 3-(2%RE-10%LP) y el Grupo 4 como 4-(2%RE-15%LP). Para identificar claramente cada grupo y sus respectivas proporciones.

**Tabla 16**

*Proporciones de mezcla por m<sup>3</sup> para la elaboración de especímenes*

<b>Materiales</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
Dosificación Resina epóxica %	0	2	2	2
Sustitución de ladrillo %	0	5	10	15
Resina epóxica (Kg) A	0	31	31	31
Resina epóxica (Kg) B	0	15.5	15.5	15.5
Ladrillo pulverizado (kg)	0	18.2575	36.515	54.7725
Arena (kg)	938.11	938.11	938.11	938.11
Piedra (kg)	792.80	792.80	792.80	792.80
Cemento (kg)	365.15	346.89	328.64	310.38
Agua (L)	228.99	228.99	228.99	228.99

### ***Costo de materiales***

Fue indispensable determinar el costo de materiales para la elaboración de los especímenes, estos precios se recabaron del área de investigación. El precio de la bolsa de cemento de 42.5 kg fue de S/29.00; el metro cubico de piedra chancada tuvo un costo de S/115.00; el costo del metro cubico del agregado fino fue de S/95.00; el agua en Palcamayo no tuvo un costo por cantidad de consumo si no por derecho de uso, este derecho tuvo un costo de S/5.00 por mes; el millar de ladrillo tuvo un costo de S/830.00 y el peso promedio de cada ladrillo fue de 2.8 kg; el costo de la resina epóxica en su presentación de 5 kilos fue de S/340.00.

**Tabla 17***Precios de materiales en el pueblo de Palcamayo*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio (soles)</b>
Cemento	Bl	29.00
Arena	M <sup>3</sup>	95
Piedra chancada	M <sup>3</sup>	115
Agua	Gb	5.00
Resina epóxica	Kg	68.00
Ladrillo	Kg	0.30

***Elaboración de especímenes***

Tras el cálculo de proporciones de mezcla para cada grupo de estudio se procedió a la compra y procesamiento de los materiales para la elaboración de los especímenes. Luego de la elaboración de cada mezcla se desarrolló el ensayo de asentamiento y su respectivo registro. En la tabla 18 se mostraron los asentamientos de las mezclas de cada grupo de estudio, se observó una disminución del asentamiento por el incremento del reemplazo del cemento por ladrillo.

**Tabla 18***Registro de asentamientos de las mezclas de los grupos de estudio*

<b>Grupo</b>	<b>% Dosificación de resina epóxica (RE)</b>	<b>% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)</b>	<b>Asentamiento - Slump</b>
1	0%	0%	4 pulgadas
2	2%	5%	3 <sup>4</sup> / <sub>5</sub> pulgadas
3	2%	10%	3 <sup>3</sup> / <sub>5</sub> pulgadas
4	2%	15%	3 <sup>2</sup> / <sub>5</sub> pulgadas

**Figura 3**

*Elaboración de especímenes de concreto*



### ***Ensayo de resistencia a la compresión***

Luego de la elaboración de los especímenes para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión, se transportaron y colocaron en una poza de curado en la cual permanecieron sumergidas hasta el desarrollo de los ensayos. Para el desarrollo del ensayo de la resistencia a la compresión se colocó cada probeta de forma vertical, se aplicó carga gradual de forma constante y se anotaron los resultados. A continuación, en la tabla 19 se expuso los resultados individuales de los ensayos de resistencia a la compresión de los 4 grupos.

**Tabla 19**

*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión*

<b>Grupo</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE-	170.5	222.6	255.2
0%LP)	198.6	215.3	234.0

	188.1	207.1	231.2
	197.3	231.9	258.1
2-(2%RE- 5%LP)	186.1	225.0	246.6
	195.0	217.4	252.3
	202.0	228.0	249.1
3-(2%RE- 10%LP)	186.6	219.1	255.5
	194.0	235.1	245.5
	185.0	181.3	199.7
4-(2%RE- 15%LP)	167.1	185.7	191.5
	181.8	191.7	209.3

#### Figura 4

*Curado de especímenes de concreto y ensayos de resistencia a la compresión*



En la tabla 19 se dividieron las columnas de los resultados por la edad alcanzada de los especímenes para el ensayo, que son 7, 14 y 28 días, además se dividieron las filas según los grupos de investigación. Se observaron valores mayores y menores en las tres columnas en comparación con el grupo de control 1-(0%RE-0%LP) esto indicó que, a las edades de 7, 14 y 28

de los especímenes hubo tantos incrementos (mejoras) y decremento (desmejora) en la resistencia a compresión. También se observó que hay valores similares entre las filas de los grupos 2-(2%RE-5%LP) y 3-(2%RE-10%LP) y que los valores de los especímenes del grupo 4-(2%RE-15%LP) fueron los más bajos.

### ***Determinación de la resistencia a la tracción***

Para determinar esta característica se procedió a desarrollar los ensayos de resistencia a la tracción, para el desarrollo de estos ensayos se extrajeron los especímenes (cilindros de concreto) de la poza de curado en grupos de 3 al alcanzar la edad de 7, 14 y 28 días. Se colocó los especímenes de forma horizontal (de costado) luego se procedió a aplicar presión de forma constante hasta que se realice la falla, se anotaron los resultados de los ensayos de forma minuciosa. En la tabla 20 se expuso el resumen de los resultados individuales de los ensayos de la resistencia a la tracción.

**Tabla 20**

*Resultados del ensayo de resistencia a la tracción*

<b>Grupo</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE-0%LP)	28.8	31.7	35.9
	25.5	34.2	36.3
	28.7	31.5	36.0
2-(2%RE-5%LP)	26.8	32.0	36.9
	29.4	35.2	34.6
	30.8	31.7	40.3
	30.1	35.2	38.4

3-(2%RE- 10%LP)	26.1	33.0	35.4
	30.4	34.4	38.8
4-(2%RE- 15%LP)	28.4	30.4	31.0
	24.6	26.8	29.6
	27.7	26.9	31.7

En la tabla 20 se dividieron las columnas de los resultados por la edad alcanzada de los especímenes para el ensayo, que son 7, 14 y 28 días, además dividió las filas según los grupos de investigación. Se observaron valores mayores y menores en las tres columnas de en comparación con el grupo de control 1-(0%RE-0%LP) esto indicó que, a las edades de 7, 14 y 28 de los especímenes hubo incrementos (mejoras) y decremento (desmejora) en la resistencia a la tracción. También se observó que hay valores no muy separados entre las filas de los grupos 2-(2%RE-5%LP) y 3-(2%RE-10%LP) y que los valores de los especímenes del grupo 4-(2%RE-15%LP) fueron los más bajos.

### Figura 5

*Ensayos de resistencia a la tracción*



### ***Determinación de la resistencia a la flexión***

Para evaluar esta característica, se llevaron a cabo ensayos de resistencia a la flexión. Se extrajeron los especímenes (prismas) de la poza de curado en grupos de tres a las edades de 7, 14 y 28 días. Estos prismas se colocaron horizontalmente sobre dos apoyos y se aplicó presión constante hasta que se produjo la falla. Los resultados de los ensayos se registraron de manera minuciosa. En la tabla 21 se expuso el resumen de los resultados individuales de los ensayos de la resistencia a la flexión.

**Tabla 21**

*Resultados del ensayo de resistencia a la flexión*

<b>Grupo</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE- 0%LP)	39.2	50.0	53.3
	43.6	47.7	53.8
	44.8	49.1	54.5
2-(2%RE- 5%LP)	45.1	50.0	57.8
	43.8	50.9	58.1
	45.3	50.5	58.5
3-(2%RE- 10%LP)	43.5	53.0	57.6
	44.2	52.6	57.1
	45.7	51.6	55.8
4-(2%RE- 15%LP)	41.6	44.9	44.9
	40.7	42.5	47.4
	39.7	41.2	45.9

En la tabla 21, se presentan los resultados resumidos de los ensayos de resistencia a la tracción. Las columnas de la tabla representan las diferentes edades de los especímenes para el ensayo: 7, 14 y 28 días. Las filas, por otro lado, representan los diferentes grupos de

investigación. Al comparar con el grupo de control 1-(0%RE-0%LP), se observó valores tanto mayores como menores en las tres columnas. Esto indicó que, a las edades de 7, 14 y 28 días de los especímenes, se produjeron mejoras y desmejoras en la resistencia a la flexión. Además, se notó que los valores de los grupos 2-(2%RE-5%LP) y 3-(2%RE-10%LP) no difieren mucho entre sí, mientras que los especímenes del grupo 4-(2%RE-15%LP) presentaron los valores más bajos.

### Figura 6

*Ensayos de resistencia a la flexión*



## Capítulo VII. Resultados

Para proporcionar una comprensión más completa e informativa, a continuación, se presentaron los resultados de las pruebas de resistencia, que incluyeron la evaluación de resistencia a la compresión, resistencia a la tensión y resistencia a la flexión. Estos resultados se sometieron a un análisis riguroso y una comparación cuidadosa con las diversas mezclas patrón utilizadas para descubrir cómo la variable independiente afectó a la variable dependiente. Además, se realizó un estudio exhaustivo de los costes de fabricación asociados a los cuatro grupos estudiados con el fin de ofrecer una valoración detallada de la relación coste-beneficio de cada uno de ellos.

### Ensayos de resistencia a la compresión

A continuación, se presentaron los resultados promedio de los ensayos de resistencia a la compresión de los 4 grupos. Se realizó una comparación y discusión de los resultados obtenidos. También se realizó gráficos de los resultados para un mejor análisis. Es necesario mencionar que el grupo 1 fue el grupo de control por tener todos sus elementos conformados por la mezcla patrón.

**Tabla 22**

*Resultados promedio del ensayo de resistencia a la compresión.*

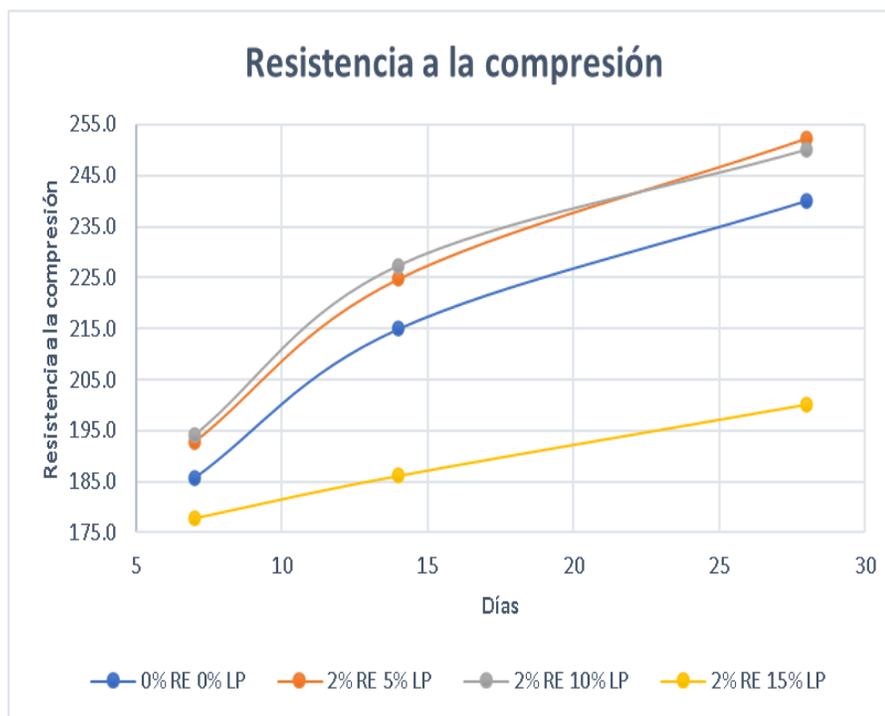
<b>Grupo</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE- 0%LP)	185.7	215.0	240.2
2-(2%RE- 5%LP)	192.8	224.8	252.3

3-(2%RE- 10%LP)	194.2	227.4	250.0
4-(2%RE- 15%LP)	177.9	186.2	200.2

En la tabla 22 se presentaron los resultados promedio de los sub grupos de 3 especímenes por edad. La categorización de los resultados de manera vertical y horizontal fueron iguales a la tabla 19. El valor máximo individual que se registró es 258.1 Kg/cm<sup>2</sup> y el máximo valor promedio fue 250.0 Kg/cm<sup>2</sup>. Se pudo observar que los grupos 2 y 3 contaron con valores mayores al grupo 1 mientras que el grupo 4 tuvo valores menores a este grupo.

### Figura 7

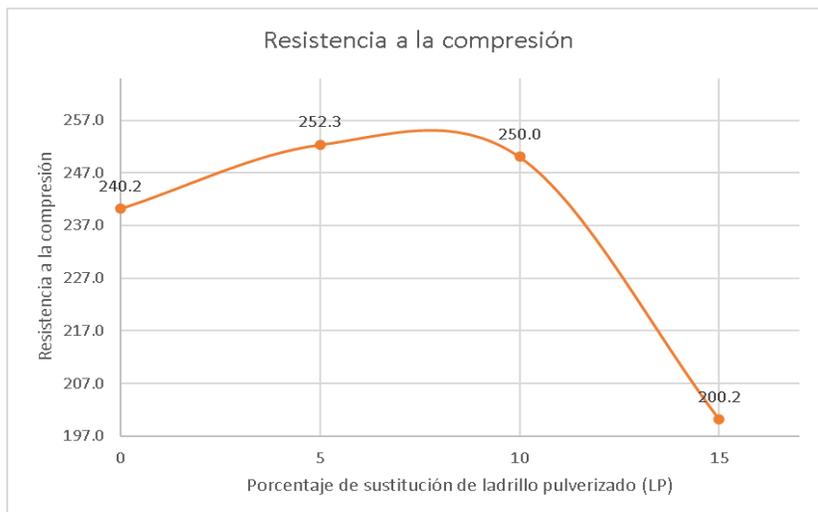
*Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión de los grupos de estudio.*



En la figura 11 se pudo apreciar la evolución de la resistencia a la compresión de los 4 grupos, esta se construyó a partir de los datos de la tabla 22. Se observó que las curvas de evolución de los grupos 2 y 3 se localizaban por encima de la curva de evolución del grupo 1 desde el inicio, mientras que la curva de evolución del grupo 4 se localizaba por debajo. Aunque las curvas de los grupos 2 y 3 se localizaban por encima de la curva del grupo 1, la curva del grupo 2 terminó por encima de la curva del grupo 3, además las curvas de ambos grupos no contaron con una separación considerable, como la separación con respecto a la curva del grupo 4 y el grupo 1. Dado que se limitó el porcentaje de dosificación de RE al 2 %, se pudo observar el efecto de la variable independiente en la variable dependiente em función de los porcentajes de sustitución. El efecto se graficó en la figura 12, se observó que a mayor porcentaje de sustitución menor era la resistencia a la compresión.

### Figura 8

*Resistencia a la compresión VS porcentaje de ladrillo.*



### Ensayos de resistencia a la tracción

En la tabla 23 se mostraron los resultados promedio de los sub grupos de 3 especímenes por edad para los ensayos de resistencia a la tracción. Los datos promediados, la categorización de

los resultados de manera vertical y horizontal son las mismas de la tabla 20. El valor máximo individual registrado fue 30.8 Kg/cm<sup>2</sup> y el máximo valor promedio fue 37.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 23**

*Resultados promedio del ensayo de resistencia a la tracción.*

Grupo	7 días	14 días	28 días
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE-0%LP)	27.7	32.5	36.1
2-(2%RE-5%LP)	29.0	33.0	37.3
3-(2%RE-10%LP)	28.9	34.2	37.5
4-(2%RE-15%LP)	26.9	28.0	30.8

**Figura 9**

*Comparación de la evolución de la resistencia a la tracción de los grupos de estudio.*



En la figura 13 se pudo apreciar la evolución de la resistencia a la tracción de los 4 grupos. Se observó que las curvas de evolución de los grupos 2 y 3 se localizaron por encima de la curva de evolución del grupo 1, dichas curvas tuvieron un inicio similar pero la curva del grupo 3 culminó por encima de la curva del grupo 2, cabe mencionar que la diferencia de los extremos de ambas curvas no fue significativa. Con respecto a la curva de evolución del grupo 4 se observó que se encontraba por debajo de la curva del grupo 1 y entre dichas curvas existió una distancia mayor a las demás.

### *Ensayos de resistencia a la flexión*

**Tabla 24**

*Resultados promedio del ensayo de resistencia a la flexión.*

<b>Grupo</b>	<b>7 días</b> Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>14 días</b> Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>28 días</b> Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE-0%LP)	42.6	48.9	53.9
2-(2%RE-5%LP)	44.8	50.4	58.2
3-(2%RE-10%LP)	44.5	52.4	56.8
4-(2%RE-15%LP)	40.7	42.9	46.1

En la tabla 24 se mostró los resultados promedio de los ensayos de resistencia a la flexión de los sub grupos de 3 especímenes por edad, los datos que se promediaron, la categorización de los resultados de manera vertical y horizontal son las de la tabla 21. El valor máximo individual registrado fue 58.5 Kg/cm<sup>2</sup> y el máximo valor promedio fue 58.2 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 10**

*Comparación de la evolución de la resistencia a la tracción de los grupos de estudio.*



Para observar mejor los resultados se construyó el gráfico resistencia a la flexión vs días expuesto en la figura 14 se pudo apreciar la evolución de la resistencia a la flexión de los 4 grupos. Se observó que las curvas de evolución de los grupos 2 y 3 se localizaban por encima de la curva de evolución del grupo 1, dichas curvas tuvieron un inicio similar pero la curva del grupo 2 culminó por encima de la curva del grupo 3, cabe mencionar que la diferencia de los extremos de ambas curvas no fue significativa. Con respecto a la curva de evolución del grupo 4 se observó que se encontraba por debajo de la curva del grupo 1 y entre dichas curvas existió una distancia mayor a las demás.

### **Comparación de resultados**

La comparación de los resultados de los ensayos de los 4 grupos se realizó con la resistencia alcanzada a los 28 días. El punto de referencia de la comparación fue el grupo 1 cuyos elementos estuvieron conformados por la muestra patrón. Mediante la obtención de la diferencia

entre las resistencias del primer grupo con el resto grupos se calculó el porcentaje del efecto de la variable independiente en la variable dependiente.

**Tabla 25**

*Porcentaje de Mejora de los grupos de estudio a los 28 días*

<b>Grupo</b>	<b>Res. a la compresión (%)</b>	<b>Res. a la tracción (%)</b>	<b>Res. a la flexión (%)</b>
1-(0%RE-0%LP)	0.00%	0.00%	0.00%
2-(2%RE-5%LP)	5.06%	3.39%	7.98%
3-(2%RE-10%LP)	4.11%	4.04%	5.43%
4-(2%RE-15%LP)	-16.65%	-14.68%	-14.46%

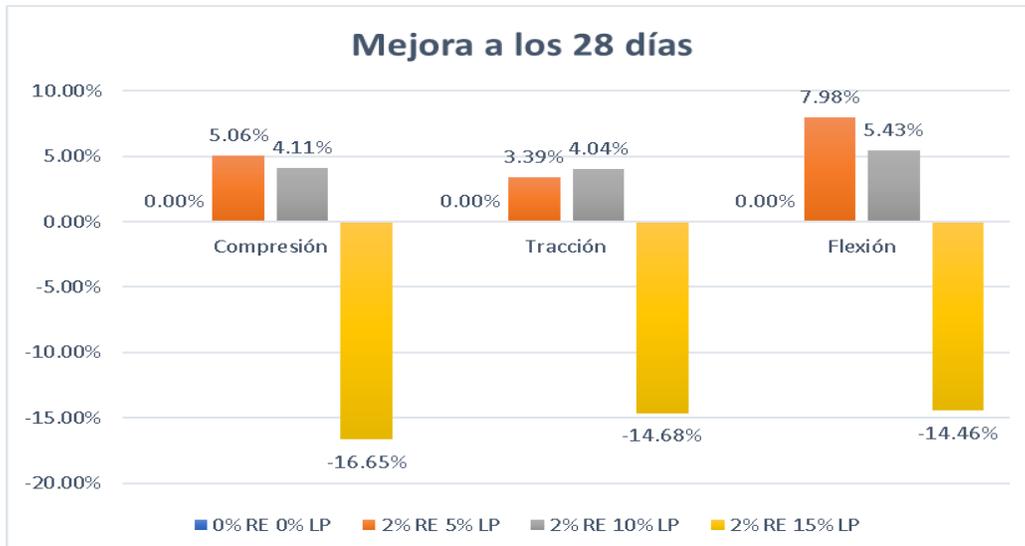
Nota. Los valores positivos indican incrementos en la resistencia (mejora) y los valores negativos indican decrementos en la resistencia (desmejora) respecto a la muestra patrón.

Elaboración propia

En la tabla 25 se colocaron los porcentajes de mejora que alcanzó cada grupo a los 28 días. Se dividió de manera horizontal de acuerdo al tipo de resistencia determinada y de manera vertical por grupos. La mayor mejora en la resistencia a compresión fue del 5.06% correspondiente al grupo 2, la mayor mejora en la resistencia a la tracción fue de 4.04 correspondiente al grupo 3 y la mayor mejora en la resistencia a la flexión fue de 7.98% correspondiente al grupo 2. Se observó que el grupo 4 solo cuenta con valores negativos lo cual indico desmejora en los tres tipos de resistencia.

**Figura 11**

*Grafico de barras de los porcentajes de mejora a los 28 días*



Se construyó un gráfico de barras con los datos de la tabla 25 la cual se puede apreciar en la figura 14. Se pudo apreciar en esta gráfica de barras la mejora de cada grupo de acuerdo al tipo de resistencia. El grupo 4-(2%RE-15%LP) tuvo datos de mejora muy desfavorables en los 3 tipos de resistencia. Los grupos 2-(2%RE-5%LP) y 3 3-(2%RE-10%LP) tuvieron resultados de mejora positivos, sin embargo, no existió una diferencia considerable entre estos grupos. El mayor efecto positivo que provocó la variable independiente se produjo en la resistencia a la flexión con una mejora del 7.8% y el mayor efecto positivo en la variable dependiente fue una mejora del 5.06%. La interacción de estos 2 materiales mejoró la resistencia a compresión, tracción y flexión. Esto nos llevó a considerar que es posible un sustituto compuesto de estos 2 materiales en el concreto.

**Tabla 26***Comparación de resultados con los antecedentes de investigación*

Estudio	Mejora en la resistencia a la compresión
Diseño de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> reemplazando con polvo de ladrillo (King Kong 18 huecos) Ica – 2021 (Rojas, 2021).	-36% - -15%
Diseño de concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> empleando resina epóxica para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto – 2020 (Nuñez, 2020)	41.3% - 46.3%
Efecto de la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto y físicas del mortero Huancayo 2021(Giron et al., 2021).	-23.5%- -15%
Consistency and mechanical properties of sustainable concrete blended with brick dust waste cementitious materials (Amakye et al., 2021).	$\leq$ -16%
Using Epoxy Resin as Partial Cement Replacement in Concrete with Silica Sand as Fine Aggregate (Jokhio et al., 2021).	$\leq$ -32%
Improvement in the Properties of Concrete Containing Rice Husk Ash as A Partial Replacement for Portland Limestone Cement (Akeke y Udokpoh, 2022).	$\leq$ -5.54%
Efecto de la dosificación de resina epóxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> Palcamayo, Tarma-Junín 2022	-16.5% - 5.06%

*Nota.* Los valores positivos indican incrementos en la resistencia (mejora) y los valores negativos indican decrementos en la resistencia (desmejora) respecto a la muestra patrón de cada investigación.

En la tabla 26 se comparó los resultados de la resistencia a compresión de los antecedentes con la presente investigación, los valores de esta tabla expresaron las mejoras de las investigaciones en límites porcentuales. Se pudo apreciar que la mayoría de las investigaciones cuentan con resultados negativos (desmejoras) y que la investigación que usó solo dosificaciones de RE tuvo resultados positivos mayores al 40%. Las mejoras en la resistencia a compresión que logró la presente investigación fueron mayores que la investigación que realizó la sustitución de cemento por LP, también fueron mayores al resto de investigaciones que reemplazaron el cemento por otro componente; excepto a la investigación que solo usó dosificaciones de RE. Cabe mencionar que también los resultados de la presente investigación fueron mayores a la investigación de Jokhio et al. (2021) que reemplazó el cemento por resina epóxica, lo cual indica que su uso como aditivo es más apropiado.

Aunque las mejoras de la presente investigación fueron menores que las logradas solo con resina epóxica, superaron las logradas solo con ladrillo pulverizado. Además, aunque el análisis de los componentes del ladrillo mostró la presencia de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), que mejora la resistencia a la compresión, los antecedentes confirmaron que el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado disminuye la resistencia a compresión. Por tanto, se dedujo que las mejoras en la resistencia a la compresión del concreto en la presente investigación fueron producto de la dosificación de resina epóxica y se confirmó que la resina epóxica mejora la sustitución parcial del cemento por ladrillo pulverizado.

## Análisis de costo beneficio

**Tabla 27**

*Costo de producción por metro cubico de cada grupo de estudio*

<b>Grupo</b>	<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>Cant.</b>	<b>P. U (S/.)</b>	<b>Precio parcial (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
1-(0%RE- 0%LP)	Cemento	B1	8.6	29	249.40	371.60
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
2-(2%RE- 5%LP)	Cemento	B1	8.16	29	236.64	3526.32
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
	Resina epóxica	kg	46.5	68	3162.00	
	Ladrillo pulverizado	kg	18.26	0.3	5.48	
3-(2%RE- 10%LP)	Cemento	B1	7.73	29	224.17	3519.33
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
	Resina epóxica	kg	46.5	68	3162.00	
	Ladrillo pulverizado	kg	36.52	0.3	10.96	
4-(2%RE- 15%LP)	Cemento	B1	7.3	29	211.70	3512.33
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
	Resina epóxica	kg	46.5	68	3162.00	

Ladrillo pulverizado	kg	54.77	0.3	16.43
----------------------	----	-------	-----	-------

Para determinar los costos de fabricación por m<sup>3</sup> de las mezclas de cada grupo de estudio se calculó los costos en la tabla 27, en la cual se emplearon los precios de la tabla 17 para este propósito. Se pudo apreciar que en cada grupo el elemento con mayor costo fue la resina epóxica con un costo parejo de 3162.07 soles. Por otra parte, se apreció que el coste del uso del ladrillo como reemplazo del cemento tuvo un coste menor al cemento reemplazado.

**Tabla 28**

*Análisis de costo y beneficio de los grupos de investigación*

Grupo	Res. a compresión (%)	Res. a la tracción (%)	Res. a la flexión (%)	Costo (s/)
1-(0%RE-0%LP)	0.00%	0.00%	0.00%	371.60
2-(2%RE-5%LP)	5.06%	3.39%	7.98%	3526.32
3-(2%RE-10%LP)	4.11%	4.04%	5.43%	3519.33
4-(2%RE-15%LP)	-16.65%	-14.68%	-14.46%	3512.33

En la tabla 28 se expuso el costo y beneficio de los grupos que se estudiaron, se pudo comparar el costo final de los grupos 2, 3 y 4 respecto al costo del grupo 1 (s/ 371.49), los cuales fueron 9.5 veces mayores. La discrepancia de costos entre el grupo 2 y el grupo 3 fueron mínimas (s/ 6.99 soles) y las mejoras en los 3 tipos de resistencia también no contaron con mucha diferencia. La diferencia entre el grupo 2 y 3 se atribuyó al costo del ladrillo ya que el

costo de un kilo de cemento (s/ 0.68 soles) y un kilo de ladrillo pulverizado (s/ 0.3 soles) discrepaban en s/ 0.38 soles. Con respecto al grupo 4, cuenta con el menor costo de producción, pero no cuenta con mejoras en ninguno de los 3 tipos de resistencia. Por lo que se expuso se identificó que es recomendable el uso de las proporciones del grupo 3 (2%RE-10%LP) dado que su costo beneficio fue apropiado, y además permitió el reemplazo del cemento hasta el 10% sin afectar las propiedades mecánicas de resistencia a compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión.

## Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

Tras determinar el efecto que tiene la dosificación de resina epóxica y el remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto que se diseñó. Se observó que se obtiene efectos positivos (mejoras) hasta el reemplazo del 10% de cemento por ladrillo pulverizado y la dosificación del 2 % de resina epóxica. También se observó que se obtiene un efecto negativo al incrementar el porcentaje de remplazo de cemento por ladrillo pulverizado al 15 % conservando la misma dosificación de resina epóxica. Por lo tanto, se concluyó que existe un rango óptimo de remplazo del cemento por ladrillo pulverizado con la dosificación de resina epóxica para replicar el efecto positivo en la resistencia a la compresión, lo cual confirmó la hipótesis principal.

Después de que se analizó los datos de la resistencia a la compresión de los especímenes con una sustitución variable de cemento por ladrillo pulverizado y una dosificación constante de resina epóxica se obtuvo observaciones importantes. Primero dado que la dosificación de resina epóxica se mantuvo constante en 2% se pudo inferir, durante la comparación con los antecedentes, que esta dosificación mejora la sustitución del cemento por ladrillo pulverizado. Segundo esta dosificación constante con remplazos del cemento por ladrillo pulverizado del 5% al 10% produce mejoras en la resistencia a la compresión del 5.06% al 4.11% respectivamente, estas son mayores al 2% y la discrepancia de la mejora entre estos es menor al 1%. Tercero esta estrategia de sustitución con un porcentaje del 15% de sustitución no fue óptima pues disminuyó la resistencia a la compresión del concreto un 16.65%. Por lo tanto, Se concluyó que el rango óptimo de sustitución para lograr mejoras superiores al 2% en la resistencia a la compresión del concreto y aprovechar el efecto positivo de la dosificación del 2% de resina epóxica en la

sustitución del cemento por ladrillo pulverizado es del 5% al 10%. Esto valida la primera hipótesis secundaria planteada.

Después de que se analizó detenidamente los datos de los ensayos de resistencia a la tracción de los especímenes, en los que se llevó a cabo una sustitución variable de cemento por ladrillo pulverizado y una dosificación constante de resina epóxica, se obtuvieron interesantes hallazgos. Luego de comparar los resultados se observó que resistencia a la tracción del concreto se incrementó con la sustitución variable de cemento por ladrillo pulverizado del 5% al 10% junto con una dosificación constante de 2% de resina epóxica. Se observó que las mejoras obtenidas se incrementaron desde 3.39% hasta el 4.04% a medida que se incrementaba el porcentaje de sustitución. Sin embargo, se encontró que las discrepancias entre las mejoras no superaron el 1%, lo que indicó que no hubo diferencia significativa. Por otro lado, se observó una disminución crítica de la resistencia a la tracción al incrementar la sustitución al 15%. Por lo tanto, se concluyó que con una sustitución variable del cemento por ladrillo pulverizado en un rango del 5% al 10% y una dosificación constante del 2% de resina epóxica, se reduce la cantidad del cemento y al mismo tiempo se mejora la resistencia a la tracción del concreto.

Tras recabar y analizar detenidamente los datos de los ensayos de resistencia a la flexión de los especímenes, en los que se llevó a cabo una sustitución variable de cemento por ladrillo pulverizado y una dosificación constante de resina epóxica, se presentaron interesantes hallazgos. Luego de comparar los resultados se observó que resistencia a la flexión del concreto se incrementó con la sustitución variable de cemento por ladrillo pulverizado del 5% al 10% junto con una dosificación constante de 2% de resina epóxica. Se observó que las mejoras obtenidas se redujeron desde 7.98% hasta el 5.43% a medida que se incrementaba el porcentaje de sustitución. Sin embargo, se encontró que las discrepancias entre las mejoras superaron el 1%,

lo que indicó que existió una pequeña diferencia considerable con los otros tipos de resistencia. Por otro lado, se observó una disminución crítica de la resistencia a la flexión al incrementar la sustitución al 15%. Por lo tanto, se concluyó que con una sustitución variable del cemento por ladrillo pulverizado en un rango del 5% al 10% y una dosificación constante del 2% de resina epóxica, se reduce la cantidad del cemento y al mismo tiempo se mejora la resistencia a la flexión del concreto.

### **Recomendaciones**

Dada las pocas diferencias significativas entre las mejoras de las propiedades mecánicas y de los costos de producción del grupo 2-(2%RE-5%LP) y 3-(2%RE-10%LP) cuya diferencia entre ambos grupos es de s/ 6.99 soles. Se recomienda el empleo de las proporciones del grupo 3. Este grupo logra una reducción más significativa del consumo de cemento y presentó una mejora de las propiedades mecánicas. Sin embargo, es muy importante realizar una evaluación exhaustiva del impacto presupuestario antes de implementar esta decisión.

Considerando que la resina epóxica utilizada en este estudio aumenta el costo de producción del concreto convencional en un factor de 9.5, que la presente investigación confirmó que la inclusión de resina epóxica puede reducir el impacto negativo de reemplazar el cemento con ladrillos pulverizados, y que los antecedentes confirmaron que el reemplazo parcial del cemento tiende a reducir la resistencia a la compresión del concreto. Se recomienda explorar la posibilidad de la sustitución parcial del cemento considerando la inclusión de aditivos convencionales o no convencionales, que optimicen costos.

Considerando que se confirmó que la resina epóxica mejora la sustitución del cemento por ladrillo pulverizado. Que la literatura científica existente se limita a probar un solo elemento para estudiar la sustitución del cemento. Que los ensayos de resistencia a la compresión,

resistencia a la tracción y resistencia a la flexión de esta investigación mostró mejoras por la interacción de estos 2 elementos en el concreto. Se recomienda investigar la sustitución compuesta del cemento en la fabricación concreto.

## Referencias

- Aceros Arequipa. (2022, julio). Manual del maestro constructor. *Corporación Aceros Arequipa S.A.*, 1–126. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-del-maestro-constructor.pdf>
- Ahmed, M., Mallick, J., Alqadhi, S. y Ben Kahla, N. (2020). Development of concrete mixture design process using MCDM approach for sustainable concrete quality management. *Sustainability (Switzerland)*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/su12198110>
- Akeke, G. A. y Udokpoh, U. U. (2022). Improvement in the Properties of Concrete Containing Rice Husk Ash as A Partial Replacement for Portland Limestone Cement. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 11(2), 534–546. [www.ijert.org](http://www.ijert.org)
- Alcívar, W. S., Bravo, Y. M., Pavón, C., Solórzano, E. y Palacios, U. T. de M. (2020). Influencia del curado en obra sobre la resistencia a la compresión del concreto. *Revista Tecnica De La Facultad De Ingenieria Universidad Del Zulia*, ve2020(2), 19–25. <https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a03>
- Alonso, F. A., Castellanos, J. E., Cruz, J., López, A. y Grajales, J. (2012). Estudio técnico para el uso de paneles de concreto ligero de eps reciclado para sistemas de losa. *Revista Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, IX(24), 84–100. <https://doi.org/10.31644/IMASD.24.2020.a05>
- Amakye, S. Y., Abbey, S. J. y Olubanwo, A. O. (2021). Consistency and mechanical properties of sustainable concrete blended with brick dust waste cementitious materials. *SN Applied Sciences*, 3(4). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04430-w>

American Concrete Institute (ACI). (2014). *ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute.

Andrés, J., Portales, C., De Jesús, G., Santillán, S., Belmontes, F. A., Martha, E., Ramos, M. y Autor, (. (2019). Obtención de caco3 con bacillus subtilis para la fabricación de concreto autorreparable. En *Edición Especial* (Vol. 4, Número 2).

Arias Gonzales, J. y Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (Vol. 1). <https://www.researchgate.net/publication/352157132>

ASOCEM. (2021, agosto 17). *Reporte Estadístico Mensual Julio 2021*. ASOCEM.  
<http://www.asocem.org.pe/estadisticas-nacionales/reporte-estadistico-mensual-julio-2021>

Beglarigale, A., Hossain, K. M. A. y Rahman, M. S. (2017). Diametral compression test to determine tensile strength of concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(10), 423–430. <https://doi.org/10.24247/ijcet.2712.010117>

Betancourt Chávez, J. R., Facundo Cortés, M., Juan Rentería, S., Alejandro Díaz, S. y Margarita Vaquera, C. (2019). Comportamiento de mezclas de morterocon residuos de mármol (polvo), cáscarade nuez y mucílago de nopal. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13, 1–16.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193958877005>

Bojórquez Mora, E., Leyva Madrigal, H., Reyes Salazar, A., Fernández González, E., Bojórquez Mora, J., Leal Graciano, J. y Serrano Corona, J. (2018). Diseño óptimo multi-objetivo de edificios de concreto reforzado usando algoritmos genéticos. En *Revista de Ingeniería Sísmica* (Número 99).

- Bustamante Collaguazo, C. A. y Areche García, J. N. (2021). *Estudio comparativo de mezclas de hormigón tradicional y hormigón con ripio Comparative study of mixtures of traditional concrete and concrete with grip Estudo comparativo de misturas de betão tradicional e betão com grip*. 6(7), 1254–1268. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i7.2919>
- Castillo Piscocoya, G. E., Chavarry Koosi, J. C., Peralta Panta, J. K. y Muñoz Pérez, S. P. (2021). Uso de residuos agroindustriales en las propiedades mecánicas del concreto: Una revisión literaria. *Revista Ingeniería*, 5(13), 123–142. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v5i13.86>
- Cedeño-Cedeño, H. E., Chávez-Chon Long, J. E., Macías-Sánchez, L. K. y Ortiz-Hernández, E. H. (2022). Combinación de mezclas de agregados gruesos y finos pertenecientes a la Cantera Uruzca para diferentes resistencias de hormigón. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 5(9 Edición especial febrero), 23–38. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i9edespfeb.0055>
- Comisión Europea. (2023, febrero 15). *Ventajas de la construcción de edificios circulares con diseños más flexibles*. <https://www.retema.es/actualidad/ventajas-de-la-construccion-de-edificios-circulares-con-disenos-mas-flexibles>
- Coronel Sánchez, Y. C., Altamirano Tocto, L. F. y Muñoz Pérez, S. P. (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>
- Echenique Gallardo, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación* (E. Gallardo Echenique y M. A. Córdova Solís, Eds.; Primera). <http://www.continental.edu.pe/>

- Elías Silupu, J. W., Flores Franco, J. E., Barrera Gutiérrez, R. E. y Reyna Pary, C. A. (2020). Efecto de la Utilización de Agregados de Concreto Reciclado sobre el Ambiente y la Construcción de Viviendas en la Ciudad de Huamachuco. *Puriq*, 2(1), 16–27.  
<https://doi.org/10.37073/puriq.2.1.68>
- Energy Agency International. (2021). *Review 2021 Assessing the effects of economic recoveries on global energy demand and CO 2 emissions in 2021 Global Energy*. [www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/)
- Esfandiari, J. y Loghmani, P. (2019). Effect of perlite powder and silica fume on the compressive strength and microstructural characterization of self-compacting concrete with lime-cement binder. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 147.  
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.07.074>
- Feinberg, R. (2018). Scientific Observation and Measurement. En D. M. Kaplan (Ed.), *The Philosophy of Science: An Encyclopedia* (pp. 41–43). Routledge.  
<https://doi.org/10.4324/9781315690766-10>
- Fernandez Canovas, M. (1964). *Las resinas epoxi en la construcción; Epoxi resins in construction*. <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>
- Flores Peña, P. (2020). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia con microsilice y nanosilice, Lima - 2019*.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/52831/Flores\\_PP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/52831/Flores_PP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Forney. (2023). *Máquinas de ensayo de compresión - Forney Online*.  
<https://forneyonline.com/es/maquinas-forney/maquinas-de-prueba-de-compresion/>

- Giron Calderon, J. S., Mancha Caso, J. y Romero Yacolca, L. A. (2021). *Efecto de la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto y físicas del mortero Huancayo 2021*.  
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2023#:~:text=Como%20conclusión%20principal%20se%20obtuvo,mientras%20que%20la%20resistencia%20a>
- Girón Núñez, M. E. y Mejía Ventura, H. O. (2021). Estudio Comparativo de Las características Físico-Mecánicas, para El diseño de Concreto de 4000 PSI Mediante Ensayo de Laboratorios a Diferentes Marcas de Cementos en el Distrito Central, Durante el Periodo de Agosto a Diciembre del 2019. *Milimetro*, VII, 1–96. <https://milimetro.upi.edu.hn/wp-content/uploads/2022/02/02-Max-Giron.pdf>
- Hasanbeigi, A. (2021, mayo 17). *Global Cement Industry's GHG Emissions*.  
<https://www.globalefficiencyintel.com/new-blog/2021/global-cement-industry-ghg-emissions>
- Gonzales Arias, J. L. (2020). *Proyecto de Tesis Guía para la elaboración*.  
[www.agogocursos.com](http://www.agogocursos.com)
- González, J. A. y Martínez, J. M. (2019). Tensile strength of concrete: a comparison of different test methods. *Construction and Building Materials*, 228, 116816.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116816>
- Hernández González, O. (s. f.). *Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen*. <http://www.revvmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/907>
- Hernández, M. (2020). *Por qué debe preocuparnos que el consumo de cemento se frene en España*. El Mundo.

<https://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2020/02/08/5e3d719cfc6c83f62d8b45f9.html>

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.).

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y del Pilar Baptista Lucio, M. (2010).

*Metodología de la investigación, 5ta Ed.* <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>

Huanca, S. L. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*.

Hussein, Y. M., Elrahman, M. A., Elsakhawy, Y., Tayeh, B. A. y Tahwia, A. M. (2022).

Development and performance of sustainable structural lightweight concrete containing waste clay bricks. *Journal of Materials Research and Technology*, 21, 4344–4359.

<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.042>

Ige, O. E., Duffy, K. J., Olanrewaju, O. A. y Collins, O. C. (2022). An Integrated System

Dynamics Model and Life Cycle Assessment for Cement Production in South Africa.

*Atmosphere*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/atmos13111788>

INACAL. (2018). *NTP 339.034:2017. Ensayo de tracción directa en concreto endurecido*.

INDECOPI. (2013). *Norma técnica peruana (NTP) 400.011 - AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*.

INEI. (2007). *Directorio de Centro Poblados y Población Dispersa Junín*. [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)

INEI. (2022). *Avance Coyuntural de la Actividad Económica*.

<https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-avance-coyuntural-dic-2021.pdf>

IPCC. (2022a). *Comunicado de prensa de IPCC*.

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2022/02/PR\\_WGII\\_AR6\\_spanish.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2022/02/PR_WGII_AR6_spanish.pdf)

IPCC. (2022b). *The evidence is clear: the time for action is now. We can halve emissions by*

*2030*. <https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/>

Jaramillo, H., Gallardo Amaya, R. J. y Martínez Ovallos, C. A. (2022). *Variación de la*

*consistencia del concreto mediante la adición de melaza de caña*. 1–11.

<https://doi.org/10.26507/paper.2455>

Johnson, R. (2016). Data Analysis and Interpretation. En J. M. Cooper y P. S. Camic (Eds.), *APA*

*Handbook of Research Methods in Psychology, Vol. 2: Research Designs: Quantitative,*

*Qualitative, Neuropsychological, and Biological* (pp. 537–552). American Psychological

Association. <https://doi.org/10.1037/0000102-030>

Jokhio, G. A., Gul, Y. y Abu-Tair, A. (2021). Using epoxy resin as partial cement replacement in

concrete with silica sand as fine aggregate. *Civil Engineering and Architecture*, 9(5), 1513–

1529. <https://doi.org/10.13189/CEA.2021.090523>

Juarez Alonzo, D. (2012). *Análisis y evaluación de propiedades térmicas y mecánicas de*

*materiales resínicos del tipo Epoxi/Amina*.

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/361/1/Esdras%20David%20Juarez%20Alonzo.pdf>

Júlio, E., Bogas, A. y Costa, H. (2022). Special Issue: Structural Concrete Material—New

Trends for Eco-Efficiency and Performance. En *Materials* (Vol. 15, Número 23). MDPI.

<https://doi.org/10.3390/ma15238360>

- Khan, M. (2017). Hypothesis Formulation. En J. W. Park (Ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology* (pp. 85–93). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2255-3.ch009>
- León Consuegra, L., Torres Mojena, L. O. y Rodríguez García, C. (2020). Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14(2), 1–15.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490005>
- Li, H., Yin, J., Yan, P., Sun, H. y Wan, Q. (2020). Experimental investigation on the mechanical properties of self-compacting concrete under uniaxial and triaxial stress. *Materials*, 13(8).  
<https://doi.org/10.3390/MA13081830>
- Li, X., Li, B., Huang, Z. y Li, J. (2019). Evaluation of indirect tensile strength of concrete by point load test. *Construction and Building Materials*, 215, 108–116.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.222>
- Marey, H., Kozma, G. y Szabó, G. (2022). Effects of Using Green Concrete Materials on the CO2 Emissions of the Residential Building Sector in Egypt. *Sustainability (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/su14063592>
- Matallana Rodríguez, R. (2019). *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*.
- Mejía Coronel, D. P. (2020). *Pintura epóxica: material multifuncional para el diseño interior*. 49–72. <https://doi.org/doi.org/10.33324/daya.v1i8.278>
- Mindess, S., Young, J. F. y Darwin, D. (2003). *Concrete*. *Prentice Hall*, 2, 1–644.  
<https://doi.org/10.1016/b0-08-043748-4/00542-6>

Ministerio de Vivienda, C. y S. (MVCS). (2020). *Norma E.060 Concreto armado*.

[www.vivienda.gob.pe](http://www.vivienda.gob.pe)

Mohamed, H. A. (2011). Effect of fly ash and silica fume on compressive strength of self-compacting concrete under different curing conditions. *Ain Shams Engineering Journal*, 2(2), 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2011.06.001>

Molina, J. F., Borja, R. I. y Almeraya-Calderón, F. (2018). Tensile strength and fracture behavior of steel fiber-reinforced high-strength concrete. *Construction and Building Materials*, 175, 201–212. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.011>

Mounika, G., Srinivasa Reddy, V., Seshagiri Rao, M. V. y Swaroopa Rani, M. (2019). Estimation of ground granulated blast furnace slag and rice husk ash cementing efficiency in low and medium grade self-compacting concretes. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(1), 5044–5048. <https://doi.org/10.35940/ijitee.A5273.119119>

Municipalidad de Tarma. (2008). *Plan vial provincial participativo de Tarma*.

[http://www.proviasdes.gob.pe/planes/junin/pvpp/PVPP\\_Tarma.pdf](http://www.proviasdes.gob.pe/planes/junin/pvpp/PVPP_Tarma.pdf)

National Ready Mixed Concrete Association. (2016). *CIP 16 - Resistencia a la flexion del concreto*. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org).

Navarro, Y. (2021, mayo 17). *¿Hacia dónde se dirige la industria cementera de México?*

Bnamericas. <https://www.bnamericas.com/es/entrevistas/hacia-donde-se-dirige-la-industria-cementera-de-mexico>

Nikolova, M. (2017). *Panala y tóxico. Un muerto mundo.*

<https://www.um.es/documents/4874468/10260817/Maya+sasheva+nikolova+panal.pdf/94c5b8e1-911a-4290-8d47-c5bf668a3de7#:~:text=Las%20resinas%20epoxi%20más%20frecuentes,Schlack%20de%20Alemania%20en%201934.>

Núñez Cisneros, B. J. (2020). *Diseño de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  empleando resina epóxica para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto - 2020.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75244>

Oficemen. (2021). El consumo de cemento crece un 11% en 2021. *Oficemen.*

<https://www.oficemen.com/el-consumo-de-cemento-crece-un-11-en-2021/>

Palacios Carrera, A. Y., Palma Bravo, C. J., Moran Vines, K., Morales Carreño, A. A., Moreira

Tuarez, G. L. y Ordoñez Cordova, B. A. (2020). Tipos de concreto types of concrete.

*Researchgate*, 1–8. <https://www.researchgate.net/publication/343826555>

Poyet, S., Bary, B. y Coppens, E. (2019). Analysis of water transport in unsaturated conditions:

Comparison between labcrete and fieldcrete. *Construction and Building Materials*, 205,

443–455. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.034>

Pyeon, S., Kim, G., Choe, G., Park, N., Jeong, D., Choi, B., Kim, M. y Nam, J. (2022).

Compressive-Strength Analysis of High-Strength Cementitious Composites Mixed with Red and Green Pigments. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(15).

<https://doi.org/10.3390/app12157667>

Rahla, K. M., Mateus, R. y Bragança, L. (2021). Selection Criteria for Building Materials and

Components in Line with the Circular Economy Principles in the Built Environment—A

Review of Current Trends. En *Infrastructures* (Vol. 6, Número 4). MDPI.

<https://doi.org/10.3390/infrastructures6040049>

Ramos Rivera, B. M. y López Zerón, J. C. (2019). El ladrillo de bloque de tierra comprimida: una alternativa para reducir la carga ambiental. *Innovare: Revista De Ciencia Y tecnología*, 8(2), 88–93. <https://doi.org/10.5377/innovare.v8i2.8989>

Ríos, M. (2022). *Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú inicia sus actividades gremiales y presenta sus objetivos*. *gestion.pe*. <https://gestion.pe/economia/asociacion-ladrillera-ceramicos-peru-inicia-actividades-gremiales-presenta-objetivos-144325-noticia/>

Rodríguez Benítez, R., Urbina Reynaldo, M. O., Campos Movilla, S. y Vázquez Ballester, Y. (2022). Virtualización de la asignatura Materiales de Construcción en el proceso de formación del Ingeniero Civil en la Universidad de Holguín, Cuba. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 106–126. <https://doi.org/10.5377/farem.v11i3.14896>

Rodríguez, M., Ríos, J. y Martínez, A. (2020). Evaluación de la resistencia a la tracción del concreto con diferentes curados y dosificaciones. *Revista de Ingeniería Civil*, 36(1), 68–77.

Rojas Pariona, C. E. (2021). *Diseño de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> reemplazando con polvo de ladrillo (King Kong 18 huecos) Ica – 2021*.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/80243>

Romero Coyago, A. J. (2021). *Determinación de la resistencia a compresión de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla del cantón pastaza y su comparación con el ladrillo común*.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33092/1/Tesis%20I.%20C.%201488%20-%20Romero%20Coyago%20Johanna%20Alexandra.pdf>

- Romero Urréa, H. E., Real Cotto, J. J., Ordoñez Sánchez, J. L., Gavino Díaz, G. E. y Guadalupe Saldarriaga. (2021). *Metodología de la investigación* (E. Lascano L., Ed.; 1RA ed.).  
<https://www.researchgate.net/publication/356568692>
- Ruiz, M. y Rodríguez, M. (2016). *Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado*.  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/13637/15208>
- Santillán Valdemar, M. G., Serrano González, S., Dimas Díaz, F. y Vega Márquez, M. A. (2022). Aplicación de eventos kaizen para mejorar el control del almacén de munsu molinos s.a de c.v. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 2330–2358.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.3684](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3684)
- Shanmuga Priya, T., Mehra, A., Jain, S. y Kakria, K. (2021). Effect of graphene oxide on high-strength concrete induced with rice husk ash: mechanical and durability performance. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s41062-020-00378-9>
- Simão, L., Hotza, D., Raupp-Pereira, F., Labrincha, J. A. y Montedo, O. R. K. (2019). Characterization of pulp and paper mill waste for the production of waste-based cement. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(1), 237–246.  
<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.17>
- Sineace. (2020). *guía de técnicas e instrumentos de recojo de información para evaluadores externos* (1ª ed.). [www.gob.pe/sineace](http://www.gob.pe/sineace)
- Smith, P. (2019). Replicability and Reproducibility in Scientific Research. En S. B. Vornovitsky y L. T. Johnson (Eds.), *Handbook of Research Methods in Health and Social Sciences* (pp. 97–107). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01653-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01653-1_8)

- Torres Rubio, E. O. (2018). *Determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, Nuevo Chimbote 2018*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23777>
- UNACEM. (2021). *Newsletter 4T21*. [www.unacem.com](http://www.unacem.com)
- UNEP-CCC. (2020). *Emissions Gap Report 2020*. (1ª ed.). United Nations.
- Uriarte Herrera, L. y Cieza Sánchez, E. (2021). Evaluación de concreto elaborado con agregados de canteras de río y de cerro de los Andes del norte de Perú. *Revista Nor@ndina*, 4(2), 4–13. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p4>
- Vega Jiménez, O. G. (2020). *Mitigación de riesgos de patologías en elementos de concreto premezclado en puentes*. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/9967>
- Venegas Bosom, P. (2019). *Métodos matemáticos para caracterización de defectos en materiales compuestos mediante termografía activa*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=222828>
- Villasmil, M. y Rodríguez, I. (2006). *Comportamiento mecánico de concretos elaborados con sustitución del agregado grueso por poliestireno expandido* (Vol. 7, Número 2).
- Wikipedia, la enciclopedia libre. (2023, abril 7). *Distrito de Palcamayo*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Palcamayo](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Palcamayo)
- Xu, Y., Williams, D. J., Serati, M. y Vangsness, T. (2018). Effects of Scalping on Direct Shear Strength of Crusher Run and Crusher Run/Geogrid Interface. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 30(9). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0002411](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002411)

Zambrano Navarrete, L. D., Alava Santos, R. J., Ruíz Párraga, W. E. y Menéndez Menéndez, E.

A. (2022). Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón. *Gaceta Técnica*, 23(1), 35–47.

<https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.4>

## Apéndices

### Apéndice A

#### *Tipos de agregados*

“Los agregados son una parte indispensable en la composición del hormigón” (Cedeño-Cedeño et al., 2022, p. 24), estos se definen como un “conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP. se les llama también áridos”(INDECOPI, 2013). En la siguiente tabla se expone los tipos de agregados comunes para la fabricación del concreto según.

#### **Tabla A 1**

##### *Tipos de agregado para el concreto*

<b>Tipo de agregado</b>	<b>Descripción</b>
Agregado fino	Agregado de naturaleza artificial compuesto por fragmentos de roca o piedra, resultante de procesos de disgregación, ya sea de origen natural o provocados, con capacidad para atravesar el tamiz normalizado de 9,5 mm (3/8 in) y que se ajusta a los parámetros establecidos en la NTP 400.037.
Agregado grueso	Agregado retenido por el tamiz de abertura nominal 4,75 mm (No 4), que satisface los requisitos prescritos en la norma técnica NTP 400.037. Este componente es el producto de la disgregación, ya sea de origen natural o artificial, de la estructura rocosa.
Agregado global	Conjunción de agregado fino y agregado grueso, sometida a una distribución granulométrica.
Agregado denominado hormigón	Material mixto compuesto por elementos pétreos, partículas de arena y materiales de pequeñas dimensiones, hallada en canteras y ocasionalmente utilizado en concretos de naturaleza no estructural.

---

Agregado para hormigón (concreto)	Agrupación de partículas rocosas, de origen natural o artificial, susceptibles de procesamiento, con dimensiones dentro de los límites establecidos en la NTP 400.037.
-----------------------------------	--

---

Tipo de agregado	Descripción
Agregado anguloso	Son componentes que exhiben bordes claramente definidos generados por la unión de superficies cercanas a ser planas.
Agregado aislante	Comprende dos grupos de agregados: el grupo I agregados no estructurales que cumplen los requisitos de ASTM C332, incluye a las perlitas con una densidad de masa entre 120 kg/m <sup>3</sup> y 192 kg/m <sup>3</sup> y vermiculitas con una densidad de masa entre 88 kg/m <sup>3</sup> y 160 kg/m <sup>3</sup> ; el grupo II cumplen los requisitos de ASTM C 330 y ASTM C 331.

---

*Nota.* Norma técnica peruana (NTP) 400.011 - AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos) (INDECOPI, 2013)

## Apéndice B

### *Regulación de ensayos para agregados en Perú*

#### *Tabla B 1*

*Regulación de ensayos para agregados en Perú.*

<b>Ensayo</b>	<b>Norma Técnica Peruana (NTP)</b>
Determinación de la resistencia a la compresión del concreto endurecido.	NTP 339.034 (2008)
Medición del asentamiento del concreto fresco	NTP 339.035 (2009)
Determinación del peso unitario del concreto fresco.	NTP 339.046 (2008)
Medición del contenido de aire en mezclas de concreto fresco.	NTP 339.083 (2003)
Elaboración y curado de especímenes de concreto.	NTP 339.183 (2013)
Medición de la temperatura en concreto fresco.	NTP 339.184 (2002)
Contenido de humedad para agregado fino y grueso.	NTP 339.185 (2013)
Análisis granulométrico para agregado fino y grueso.	NTP 400.012 (2013)
Densidad de masa suelto y compactado para agregado fino y grueso.	NTP 400.017 (2011)
Materiales finos que pasan por el tamiz N °200.	NTP 400.018 (2013)
Densidad relativa y absorción para agregado grueso.	NTP 400.021 (2013)
Densidad relativa y absorción para agregado fino.	NTP 400.022 (2013)
Resistencia al desgaste por abrasión.	NTP 400.19 (2014)
Requisitos de agregados para concreto.	NTP 400.037 (2018)

Nota. Evaluación de concreto elaborado con agregados de canteras de río y de cerro de los

Andes del norte de Perú (Uriarte Herrera y Cieza Sánchez, 2021).

## Apéndice C

### Métodos de diseño de mezcla

#### Tabla C 1

*Proceso de diseño del concreto con el método ACI 211*

Secuencia	Descripción
Paso 1	Selección del nivel de fluidez de la mezcla (medido por su asentamiento).
Paso 2	Definición del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.
Paso 3	Evaluación del contenido de aire en la mezcla.
Paso 4	Estimación de la cantidad de agua requerida para la mezcla.
Paso 5	Elección de la relación agua-cemento (a/c).
Paso 6	Obtención de la cantidad de cemento necesario.
Paso 7	Estimación de la cantidad de agregado grueso (grava).
Paso 8	Determinación de la cantidad de agregado fino (arena).
Paso 9	Ajustes por humedad de los agregados.
Paso 10	Ajustes a las mezclas de prueba.

*Nota.* Adaptado de El concreto fundamentos y nuevas tecnologías, Matallana Rodríguez (2019)

El paso 1 consiste en la selección del asentamiento de acuerdo al tipo de estructura a construirse, por ende, factores como la cantidad de refuerzo de acero, su tamaño, disposición método de transporte y forma de compactación influyen en la selección de esta característica. Cuando se emplee otro método de compactación diferente, como el varillado o el picado, estos deben aumentarse en 2,5 cm (Matallana, 2019). El empleo de plastificante es recomendable si se

requiere un asentamiento mayor. En la tabla C 2 se aprecia los valores para la selección del asentamiento de acuerdo al tipo estructura a construirse.

**Tabla C 2**

*Valores de asentamiento recomendados*

Tipo de estructura	Asentamiento, mm	
	Mínimo	Máximo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	25	75
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo.	25	75
Vigas y muros reforzados.	25	100
Columnas de edificios.	25	100
Pavimentos y losas.	25	75
Concreto masivo.	25	75

*Nota.* Es posible incrementar en 25 mm al utilizar técnicas de consolidación manual, como el proceso de varillado. De El concreto fundamentos y nuevas tecnologías, Matallana Rodríguez (2019, p. 137).

El paso 2 implica la elección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso. Este está relacionado a la distancia entre los refuerzos de acero y el recubrimiento mínimo de las estructuras. La finalidad de este paso es asegurar que el refuerzo de acero este completamente embebido y que prevenga la aparición de hormigueros en la estructura.

El paso 3 consiste en la determinación del contenido de aire, en la mezcla de concreto queda atrapado aire naturalmente, pero este también puede incluirse deliberadamente ya que puede mejorar la trabajabilidad de la mezcla sin cambiar la relación agua cemento (a/c). En las Tablas C 3 y 4 se expone los porcentajes de aire para el concreto que se pueden emplear en función del TMN.

**Tabla C 3***Contenido aproximado de aire en el concreto.*

TMN		% Promedio aproximado de aire atrapado
Pulgadas	mm	
3/8	9.5	2.7
1/2	12.5	2.5
3/4	19	2
1	25	1.7
1 1/2	38	1.5
2	50	1
3	75	0.3
6	150	0.2

*Nota.* De El concreto fundamentos y nuevas tecnologías, Matallana Rodríguez (2019, p. 139).**Tabla C 4***Contenido aproximado de aire en el concreto*

TMN		Contenido total de aire en, %	
Pulgadas	mm	Exposición clases F2 y F3	Exposición clase F1
3/8	9.5	7.5	6
1/2	12.5	7	5.5
3/4	19	6	5
1	25	6	4.5
1 1/2	38	5.5	4.5
2	50	5	4
3	75	4.5	3.5

*Nota.* De El concreto fundamentos y nuevas tecnologías, Matallana Rodríguez (2019, p. 139).

El paso 4 consiste en la determinación de la cantidad de agua de mezcla, para ello el ACI 211.1 recomienda el empleo de la Tabla C 5 para la obtención de este dato, pero se debe tener en cuenta que “La cantidad de agua requerida para producir un asentamiento dado depende de varios factores como: el TMN del agregado, la forma y textura de las partículas de agregado, la gradación de los agregados, la cantidad de aire incluido, y los aditivos reductores de agua.”

(Matallana, 2019)

**Tabla C 5**

*Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire, para diferentes asentamientos y TMN del agregado.*

Contenido de aire	Asentamiento (cm)	Agua, en kg/m <sup>3</sup> de concreto para los TMN del agregado indicados A, mm							
		9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	150
Concreto sin aire incluido.	3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
	8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
	15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	-
	Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido.	3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
	8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
	15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	-
	Promedio recomendable de contenido total de aire, %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

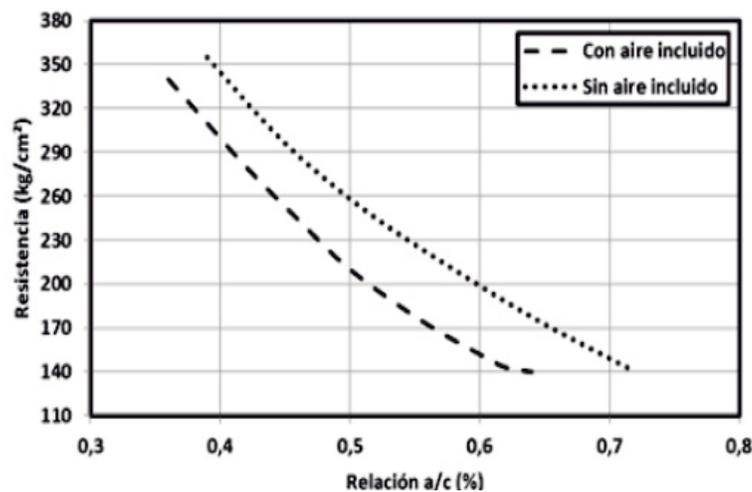
---

Nota: A) Las cantidades de agua de mezcla que se muestran se pueden usar para calcular el factor agua-cemento ( $a/c$ ) para la mezcla de prueba. Estas cantidades son las cantidades máximas recomendadas para agregado grueso angular y están dentro de las especificaciones aceptables. B) Los valores de asentamiento para concreto que contiene agregados mayores a 40 mm se determinan mediante pruebas de asentamiento después de tamizar la mezcla fresca para eliminar partículas mayores a 40 mm. De El concreto fundamentos y nuevas tecnologías, Matallana Rodríguez (2019, p. 140).

El objeto del paso 5 es la selección de la relación agua cemento ( $a/c$ ) o relación agua material cemento ( $a/mc$ ), para este fin se puede emplear la figura 2. Esta figura se muestra un gráfico en función de  $f'_{cr}$  y se obtuvo a base de muestras de prueba. Es necesario tener en cuenta la E.060 para el uso de  $f'_{cr}$  en condiciones de sulfato o congelamiento.

### Figura C 1

*Relación aproximada entre resistencia a la compresión y relación  $a/mc$ .*



*Nota.* Obtenido de *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*, por Matallana Rodríguez, 2019.

El objeto del paso 6 es el cálculo de cemento para la mezcla, su desarrollo está en función de la relación agua cemento (a/mc), a continuación, se expresa la ecuación necesaria para el desarrollo de este paso.

*Ecuación C 1 Ecuación para el cálculo del cemento*

$$c = \frac{a}{a/mc}$$

Donde:

c: cantidad de cemento, en kg/m<sup>3</sup> de concreto.

a: cantidad de agua de mezclado, en kg/m<sup>3</sup>.

a/mc: relación a/mc, adimensional, calculada en masa.

El objetivo de paso 7 es la estimación del contenido de agregado grueso para ello, se emplea la Tabla C 6 y las ecuaciones C 2 y 3.

**Tabla C 6**

*Valores de b/bo para diferentes módulos de finura de la arena y TMN de la grava*

TMN de la grava, mm	Módulo de finura de la arena					
	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
9.5	0.5	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45
12.5	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54
19	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64
25	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7	0.69
38	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
50	0.83	0.82	0.81	0.8	0.79	0.78
75	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83
150	0.94	0.93	0.92	0.91	0.9	0.89

TMN de la grava, mm	Módulo de finura de la arena					
	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1
9.5	0.44	0.43	0.42	0.41	0.4	0.39
12.5	0.53	0.52	0.51	0.5	0.49	0.48
19	0.63	0.62	0.61	0.6	0.59	0.58
25	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
38	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7	0.69
50	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72
75	0.82	0.81	0.8	0.79	0.78	0.77
150	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83

*Nota.* De, el concreto fundamentos y nuevas tecnologías, Matallana Rodríguez (2019, p. 140).

*Ecuación C 2* Ecuación de volumen de las partículas

$$bo = \frac{MUC}{dg}$$

Donde:

MUC: densidad suelta compacta

dg: densidad aparente de la grava

bo: volumen de las partículas del agregado grueso

*Ecuación 3* Ecuación de b

$$b = \left(\frac{b}{bo}\right) * bo$$

Donde:

b: volumen de las partículas de agregado grueso, por metro cúbico de concreto.

El paso 8 tiene por objetivo el cálculo del agregado fino, para ello se emplea la ecuación 4 y la tabla C 7. Obtenida la densidad del material (obtenida en laboratorio o a partir de los datos proporcionados) y conociendo la masa o volumen de los constituyentes por metro cúbico.

*Ecuación C 4 Densidad*

$$d = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Donde:

d: densidad

**Tabla C 7**

*Proporciones de los materiales de la mezcla en masa y en volumen, para 1 m<sup>3</sup> de concreto.*

<b>Material</b>	<b>Masa, W (kg/m<sup>3</sup>)*</b>	<b>Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen, V (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)</b>
Agua	Wa	1000	Vw
Aire	0	0	Va
Cemento	Wc	dc	Vc
Agregado grueso	Wg	dg	Vg
Agregado fino	W	df	Vf
Total	WT		1.00 m <sup>3</sup>

*Nota.* De El concreto fundamentos y nuevas tecnologías, Matallana Rodríguez (2019, p. 144).

El paso 9 corresponde a realizar una corrección por humedad, para este fin se emplean las Ecuaciones C 5 y 6. El contenido de humedad del agregado se determina en laboratorio mediante la Ecuación 7. La absorción también se obtiene en el laboratorio y se calcula con la Ecuación 8. El cálculo de masa húmeda para su introducción en la mezcladora se calcula mediante la ecuación 9.

*Ecuación C 5 En caso exista agua en exceso*

$$A_L = M * (H - Abs)$$

*Ecuación C 6 Encaso exista agua por defecto*

$$A_0 = M * (Abs - H)$$

Donde:

R: Exceso o deficiencia de agua en relación con la condición SSS.

M: La masa de la muestra seca en kilogramos.

H: Humedad del agregado, en tanto por uno.

Abs: absorción total, en tanto por uno.

*Ecuación C 7* Contenido de humedad del agregado

$$H = \left[ \frac{M_H - M}{M} \right] * 100$$

Donde:

Mh: masa de la muestra húmeda, en kg.

H: humedad de la muestra seca, en %.

M: masa de la muestra seca, en kg.

*Ecuación C 8* Absorción del agregado

$$Abs(\%) = \left[ \frac{M_{SSS} - M}{M} \right] * 100$$

Dónde:

M: La masa seca de la muestra seca, en kg.

Abs: absorbancia de la muestra, la unidad es %.

MSSS: La masa de la muestra en estado SSS, en kilogramos.

*Ecuación C 9* Masa húmeda del agregado

$$M_h = M * (1 + h)$$

Donde:

Mh: masa húmeda del agregado, kg.

h: humedad del agregado, en tanto por uno.

M: masa seca del agregado, kg.

El paso 10 tiene por objetivo ajustar las mezclas de prueba, esta se realiza debido a que por factores que no se detectan en el laboratorio se ocasiona que el concreto que se prepara sea ligeramente diferente al que se diseñó. Con el fin que el concreto se acerque lo más posible al diseño se realizan correcciones con las mezclas de prueba en estado fresco. Las propiedades que se comprueban en estado fresco son la densidad del concreto (Ecuación 10), el rendimiento volumétrico (Ecuación 11), el contenido de aire y la trabajabilidad.

*Ecuación C 10 Densidad del concreto.*

$$W = \frac{(W_{mat+recip} - W_{recip})}{V_{recip}}$$

Donde:

W recip: masa del recipiente de medida.

W mat. + recip: masa de la mezcla fresca + masa del recipiente de medida.

V: volumen del recipiente de medida.

W: densidad del concreto.

*Ecuación C 11 Rendimiento volumétrico*

$$Y = \frac{W_T}{W} [m^3]$$

Donde:

W: densidad (masa unitaria) del concreto.

Y: volumen de concreto producido por dosificación (rendimiento volumétrico).

WT : masa total de todo el material dosificado ( $W1= W_{\text{agregado}} + W_{\text{cimento}} + W_{\text{agua}}$ ).

Aparte del método ACI 211 existen otros métodos como el método de Fuller y el método de módulo de fineza de la combinación de agregados. Estos últimos varían de manera parcial los pasos del método ACI 211 en el cálculo del agregado grueso y agregado fino. Cada método requiere ciertas consideraciones para su uso.

Según Huanca (2006) el método de Fuller se utiliza cuando los agregados no cumplen con la norma ASTM C 33, para mezclas de más de 300 kg de cemento por metro cúbico de concreto y para tamaños máximos de agregado grueso que van desde 3/4" a 2". En este método se establece la relación agua cemento (a/c) con la ecuación 12 y se emplea la ecuación 13 la ley de Fuller.

*Ecuación C 12* Relación agua cemento método de Fuller

$$(a/c) = \frac{1}{Z}; Z = K_1 R_m + 0.5$$

Donde:

R<sub>m</sub> : Resistencia promedio requerida.

K<sub>1</sub>: Factor que depende de la forma del agregado. De 0.0030 a 0.0045 para piedra chancada y de 0.0045 a 0.0070 para piedra redondeada.

*Ecuación C 13* Ley de Fuller

$$P_d = 100\sqrt{d/D}$$

Donde:

Pd: % que pasa por la malla d.

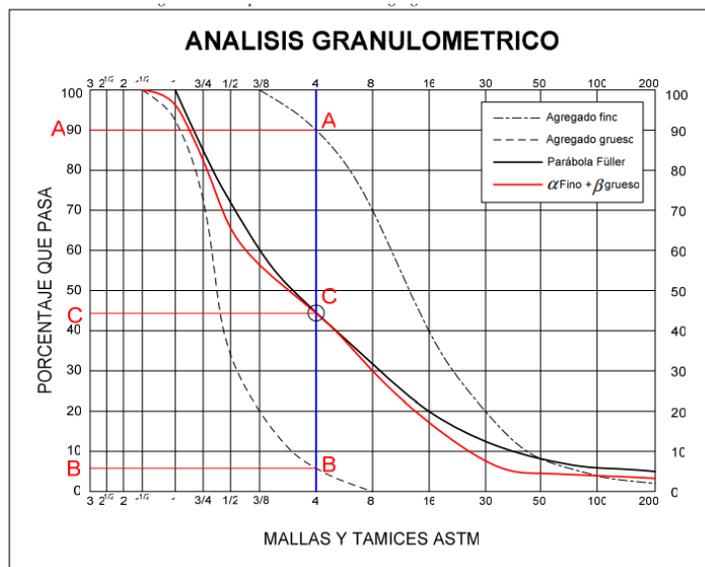
D: Tamaño máximo del agregado.

d: abertura de la malla de referencia.

Para el desarrollo de este método es necesario la obtención de las curvas granulométricas de ambos agregados y sobre ellas se grafica la parábola de Fuller con la ecuación 12. En el grafico se deben trazar 3 líneas la primera línea (A) que representa el pasante (%) del agregado fino por la malla N° 4; la segunda línea (B) que representa el pasante (%) del agregado grueso por la malla N° 4 y la tercera línea (C) que representa el porcentaje de agregado ideal que pasa por la malla N° 4.

## Figura C 2

*Proporcionamiento de agregados método de Fuller.*



*Nota.* Obtenido de *Diseño de Mezclas de Concreto* (p. 14), por Huanca, 2006.

Obtenido los valores da cada línea en el grafico se procede a determinar los valores de alfa y beta con las ecuaciones C 14 y 15. Con los valores de beta ( $\beta$ ) y alfa ( $\alpha$ ) se procede a determinar

el volumen de agregado grueso y fino con las ecuaciones C 16, 17 y 18. Del mismo modo se puede calcular el peso del agregado grueso y del agregado fino mediante el empleo de las ecuaciones C 19 y 20.

*Ecuación C 14 relación de alfa*

$$\alpha = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

*Ecuación 15 relación de beta*

$$\beta = 100 - \alpha$$

Donde:

A: pasante (%) del agregado fino por la malla N° 4

B: pasante (%) del agregado grueso por la malla N°4

C: porcentaje de agregado ideal que pasa por la malla N° 4

*Ecuación C 16 volumen total de agregados*

$$V_{ra} = 1 - (V_w + V_a + V_c)$$

Donde:

$V_{ra}$  = Volumen total de agregados

$V_w$  = Volumen de agua

$V_a$  = Volumen de aire

$V_c$  = Volumen de cemento

*Ecuación C 17 Volumen del agregado fino*

$$V_{af}(m^3) = \frac{\alpha}{100} x V_{Ta}$$

*Ecuación C 18 Volumen del agregado grueso*

$$V_{ag}(m^3) = \frac{\beta}{100} x V_{Ta}$$

*Ecuación C 19 Peso del agregado fino*

$$P_{af} = V_{af} x D_{af}$$

*Ecuación C 20 Peso del agregado grueso*

$$P_{ag} = V_{ag} x D_{ag}$$

Donde:

$P_{af}$ : Peso del agregado fino

$V_{ag}$ : Volumen del agregado grueso

$P_{ag}$ : Peso del agregado grueso

$D_{af}$ : Densidad del agregado fino

$V_{af}$ : Volumen del agregado fino

$D_{ag}$ : Densidad del agregado grueso

Según Huanca (2006) el método de módulo de finura de la combinación de agregados es aplicable siempre y cuando los agregados se encuentren dentro de los límites de la ASTM C 33. Dicha apreciación lo corroboró por los estudios de la universidad de Maryland. La cantidad de cemento y agua se calcula de la misma forma que en el método ACI 211, este método varío en el cálculo de la cantidad de agregado fino y grueso mediante relaciones matemáticas entre los módulos de finura de cada agregado y el módulo de finura de la combinación de agregados, este último se obtiene de la tabla C8 cuyos datos están en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso. Para la obtención de del volumen de agregado fino se tiene que hallar el producto del volumen total de agregados (ecuación 16) con el porcentaje de agregado fino

(ecuación 21); el volumen del agregado grueso se obtiene por diferencia y se convierte a peso con la multiplicación del volumen de cada agregado con su densidad respectiva.

**Tabla C 8**

*Módulo de fineza de la combinación de agregados*

<b>Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso</b>		<b>Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.</b>				
mm	Pulg.	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

*Nota.* Huanca (2006, p. 14), Diseño de Mezclas de Concreto

*Ecuación C 21 Porcentaje de agregado fino*

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:

$r_f$  : Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados.

## Apéndice D

### *Características de los ladrillos en Perú*

**Tabla D 1**

*Tipos de ladrillo según su función*

<b>Tipo de ladrillo</b>	<b>Descripción</b>
Ladrillo para Muros Portante	Ladrillo “king kong 18 huecos” usado para los muros portantes, los huecos puede ocupar como máximo 30% de la unidad.
Ladrillo para Tabiques	Ladrillo pandereta, usados para los muros de tabiquería, mide en promedio, 12 cm de ancho, 10 cm de alto y 23 cm de largo, es muy liviano y es más económico que el ladrillo King Kong.
Ladrillo para Techo	Ladrillo de techo 30 x 30 con diferentes alturas. Pueden ser de 12 cm, 15 cm o 20 cm y son utilizados para techos aligerados de 17 cm, 20 cm o 25 cm

*Nota.* Aceros Arequipa (2022, p. 27)

**Tabla D 2**

*Clases de unidad de albañilería para fines estructurales*

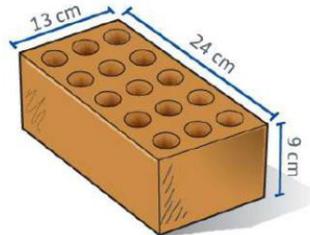
<b>Clase</b>	<b>Dimensión</b>			<b>Alabeo (mm)</b>	<b>Resistencia a compresión fi mínimo en MPa (kg/cm<sup>2</sup>) sobre área bruta</b>
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
Tipo I	±8	±6	±4	10	4.9(50)
Tipo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Tipo III	±6	±4	±3	6	9.3(95)
Tipo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Tipo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)

*Nota.* Aceros Arequipa (2022, p. 26)

## Figura D 1

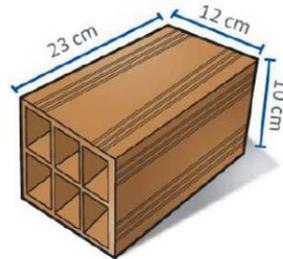
*Tipos de ladrillo de arcilla*

**LADRILLO “KING KONG 18 HUECOS”  
USADO PARA LOS MUROS PORTANTES**

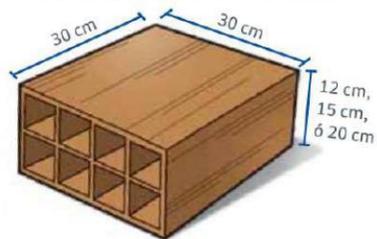


Máxima cantidad de huecos: 30%

**LADRILLO PANDERETA, USADOS  
PARA LOS MUROS DE TABIQUERÍA**



**LADRILLO DE TECHO 30 X 30**



*Nota.* Obtenido de Aceros Arequipa (2022, pp. 27–28). Manual del maestro constructor.

## Apéndice E

### *Historia de la resina epóxica*

La resina epóxica fue una invención que poco a poco cogió relevancia por su versatilidad aplicativa, y para entenderlo se debe tener en cuenta que:

La condensación de epóxidos y aminas fue descrita y patentada por Paul Schlack de Alemania en 1934. El mérito de la primera síntesis de una resina basada en bisfenol-a lo comparten en 1936 el suizo Pierre Castan (patentado en 1938) y el estadounidense S.O. Greenlee (patentado en 1948). (Nikolova, 2017)

Este material se perfeccionó con el tiempo para brindar soluciones diversas. Según Fernandez Canovas (1964) en los Estados Unidos las resinas epoxi experimentaron un rápido progreso y debido a sus propiedades superiores se introdujeron en la industria de la construcción alrededor de 1949. Estas resinas se destacaron por su capacidad para curar rápidamente de líquido a sólido a temperatura ambiente, así como por su excelente adhesión a una variedad de superficies, excelente dureza y tenacidad e impresionante resistencia a la fractura. Además, han demostrado una excelente resistencia química a ácidos, álcalis y disolventes. Inicialmente, las resinas epoxi comenzaron a utilizarse para unir componentes estructurales en la industria aeronáutica y en la producción de pinturas. Aunque en 1955 estas resinas estaban plenamente establecidas en la construcción, especialmente en proyectos de carreteras, su uso continuó expandiéndose rápidamente.

Según el mismo autor, desde entonces, la variedad de aplicaciones de las resinas epoxi ha aumentado notablemente, siendo hoy en día sus usos prácticamente innumerables. Las aplicaciones populares incluyen la producción de componentes para la reparación de baches, el sellado de juntas y grietas, la producción de membranas impermeabilizantes y la creación de una

superficie antideslizante y resistente al desgaste en pisos de concreto. Además, se utilizan como adhesivos para unir hormigón fresco con hormigón endurecido, para unir materiales como acero, bronce o latón con hormigón, como agentes de enlucido y en la producción de marcas para pinturas de semáforos y pinturas resistentes a la intemperie. corrosión. También se aplican a superficies de hormigón para evitar daños químicos, entre otras cosas.

Estas resinas han hecho posible resolver muchos de los problemas que se presentaban en carreteras, pistas de aterrizaje, etc., al mismo tiempo que en obras de hormigón vienen a solucionar los delicados problemas que surgían en las uniones de hormigones de distinta edad, así como en aquellas averías de obras que han de ser rápidamente reparadas. (Fernandez, 1964)

## Anexos

### Anexo 1

#### *Matriz de consistencia*

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
¿Qué efecto tiene la adición de resina epóxica y el remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?	Determinar el efecto del remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado y la dosificación de resina epóxica en la resistencia a compresión de un concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .	Si se realiza la dosificación de resina epóxica y el remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en un concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se obtendrá un efecto positivo la resistencia a la compresión	VI-1: Dosificación de resina epóxica y el remplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en el concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Ladrillo pulverizado	Compuestos químicos
				Resina epóxica	Sustancias químicas
				Diseño de mezcla	Proporciones del diseño de mezcla patrón, y para la dosificación de resina epóxica del 2%; y sustitución parcial del peso del cemento por ladrillo pulverizado en 5%, 10% y 15%.

<p>¿Cuánto es la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup> al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado?</p>	<p>Determinar la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup> al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado.</p>	<p>Si se dosifica resina epóxica en proporciones constantes y se sustituye diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado se mejorará la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p><b>VD-1:</b> Resistencia a la compresión del concreto</p>	<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días</p>
<p>¿Cuánto es la resistencia a la tracción del concreto <math>f'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup> al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes</p>	<p>Determinar la resistencia a la tracción del concreto <math>f'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup> al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes</p>	<p>Si se dosifica resina epóxica en proporciones constantes y se sustituye diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado se mejorará la resistencia a la tracción</p>	<p><math>F'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></p>	<p>Resistencia a la tracción</p>	<p>Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días</p>

de cemento por ladrillo pulverizado?	de cemento por ladrillo pulverizado.	del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> .			
¿Cuánto es la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado?	Determinar la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> al dosificar resina epóxica en proporciones constantes y sustituir diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado.	Si se dosifica resina epóxica en proporciones constantes y se sustituye diferentes porcentajes de cemento por ladrillo pulverizado se mejorará la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> .		Resistencia a la flexión	Rotura de los especímenes de concreto a los 7,14 y 28 días

Título: Efecto de la dosificación de resina epóxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> Palcamayo, Tarma-Junín 2022

## Anexo 2

### Instrumentos

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-FOR-015	
	CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica	Versión	01	
	NTP 339.084:2012 (revisada el 2017)	Fecha	24-03-22	
		Página	1 de 1	

Expediente N° :  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
 Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
 Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
 Fecha de emisión :

Diseño de Mezcla	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga máxima (N)	Resistencia a la tracción indirecta (MPa)	Resistencia a la tracción indirecta (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> )	
				Diámetro	Longitud					
$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$										

- NOTAS:**
- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
  - 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE.
  - 3) La velocidad de ensayo fue de  $1.05 \text{ MPa/min} \pm 0.35 \text{ MPa/min}$ , en conformidad con la norma NTP 339.084:2017
  - 4) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
  - 5) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	<b>Código</b>	<b>C3-Di-210-¼ in.</b>	
	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>	
		<b>Fecha</b>	<b>04-01-21</b>	
		<b>Página</b>	<b>1 de 2</b>	

Expediente N° : 2305-2023  
Nombre de la tesista : Bach. Ing. Civil Reiner Oncil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junin 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junin  
Fecha de emisión :

**DISEÑO DE MEZCLA  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Cemento :  
Peso específico :

**AGREGADO FINO**  
Arena gruesa  
Cantera Orcotuna

**AGREGADO GRUESO**  
Piedra chancada de ¼ in.  
Cantera Pilcomayo

**NTP 400.022**  
Peso específico de masa :  
Peso específico de masa S.S.S. :  
Peso específico aparente :

**NTP 400.022**  
Peso específico de masa :  
Peso específico de masa S.S.S. :  
Peso específico aparente :

**NTP 400.017**  
Peso unitario suelto seco :  
Peso unitario compactado seco :

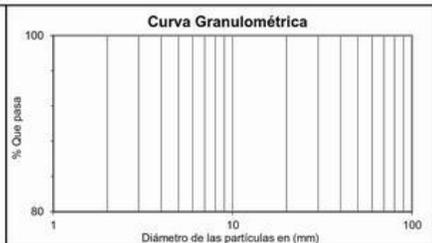
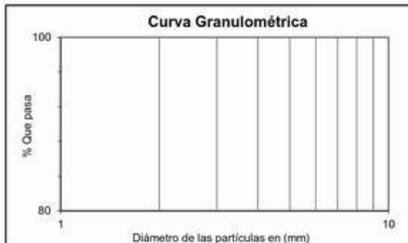
**NTP 400.017**  
Peso unitario suelto seco :  
Peso unitario compactado seco :

**NTP 400.012**

Tamiz	% Retenido	% Que pasa
¾ in.		
No. 4		
No. 8		
No. 16		
No. 30		
No. 50		
No. 100		
Fondo		

**NTP 400.012**

Tamiz	% Retenido	% Que pasa
2 in.		
1½ in.		
1 in.		
¾ in.		
½ in.		
¾ in.		
No. 4		
Fondo		



Módulo de finura :  
% Porcentaje de absorción :  
% Contenido de humedad :

Tamaño máximo nominal :  
% Porcentaje de absorción :  
% Contenido de humedad :





	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-FOR-019	
	<b>CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico</b>	Versión	01	
	<b>NTP 339.035:2022</b>	Fecha	16-03-22	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 2106-2023  
Nombre de la tesista : Bach. Ing. Civil Reiner Oncil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  
f'c = 210 kg/cm² Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
Fecha de emisión :

Diño de Mezcla	Fecha de ensayo	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Asentamiento - Slump

**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar.



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>			Código	C3-FOR-012	
	CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos			Versión	01	
	NTP 339.078:2022			Fecha	24-03-22	
				Página	1 de 1	

Expediente N° : 2606-2023

Nombre del testista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas

Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junin 2022

Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junin

Fecha de emisión :

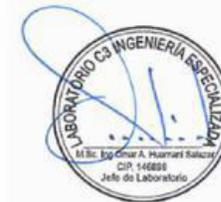
Diseño de Mezcla	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Tipo de curado	Carga máxima de rotura (N)	Luz libre entre apoyos (mm)	Ancho promedio de la viga en la sección de falla (mm)	Altura promedio de la viga en la sección de falla (mm)	Ubicación de la falla	Módulo de rotura $M_r$ (MPa)	Módulo de rotura $M_r$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Promedio de módulo de rotura $M_r$ ( $\text{kg/cm}^2$ )			
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$																	

**NOTAS:**

- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
- 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE.
- 3) La velocidad de ensayo fue de  $1,05 \text{ MPa/min} \pm 0,15 \text{ MPa/min}$ , en conformidad con la norma NTP 339.078:2022
- 4) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
- 5) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC.

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar

C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chica - Huancayo - Junin  
 Celular: 947-898992  
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-FOR-010	
	<b>CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas</b>	Versión	02	
		Fecha	16-11-21	
		Página	1 de 1	
NTP 339.034:2021				

Expediente N° : 2606-2023  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junin 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junin  
Fecha de emisión :

Testigo N°	Disño de mezcla	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (MPa)	Resistencia a la compresión del espécimen $f_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fractura	Defectos
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														

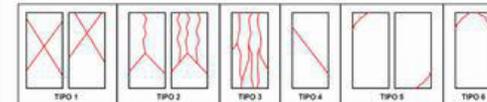
**NOTAS:**

- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
- 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE
- 3) La velocidad de ensayo a compresión fue de  $0,25 \text{ MPa/s} \pm 0,05 \text{ MPa/s}$ , en conformidad con la norma NTP 339.034:2021
- 4) Se emplearon pads de neopreno como método de refrentado en conformidad con la norma NTP 339.216:2016
- 5) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
- 6) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC
- 7) Se indican los tipos de fractura obtenidas en las muestras ensayadas.

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



**LEYENDA DE FRACTURA DE PROBETAS**



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junin  
Celular: 947-898992  
Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

**RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Limite de detección del equipo es 0.010%.

**Tabla N°1: RESULTADOS OTENIDOS (EXPRESADO EN ÓXIDOS)**

Código de Laboratorio	Composición química	Unidad	Resultados
S-1346			



KATHERINE  
CORRAL PERALTA  
Ingeniera Química  
CIP N° 276377

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0719

Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS (EXPRESADO EN ELEMENTOS)

Código de Laboratorio	Composición química	Unidad	Resultados
S-1346			

(\*) Información suministrada por el cliente.

  
 -----  
 KATHERINE  
 CORAL PERALTA  
 Ingeniera Química  
 CIP N° 276377

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

Ficha de registro de revisión documentaria

Fuente	Nombre químico	Componente A	
		CAS No.	Concentración (% w/w)
	Nombre químico	Componente B	
		CAS No.	Concentración (%w/w)
<p><i>Nota.</i> La columna "CAS No." indica el número de identificación única para las sustancias químicas, la columna "Concentración (% w/w)" indica los límites porcentuales de la proporción de una sustancia en una mezcla en relación al peso total de la mezcla.</p>			

 RODMAN REYNOSO BASTIDAS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 177200



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-Di-210-¼ in.		
		Versión	01		
	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>		Fecha		04-01-21
			Página		1 de 2

Expediente N° : 2305-2023  
Nombre de la tesis : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
Fecha de emisión : 23-05-23

**DISEÑO DE MEZCLA  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Cemento : Andino Tipo I  
Peso específico : 3.10

**AGREGADO FINO**

Arena gruesa  
Cantera Orcotuna

**NTP 400.022**

Peso específico de masa : 2.54  
Peso específico de masa S.S.S. : 2.59  
Peso específico aparente : 2.67

**NTP 400.017**

Peso unitario suelto seco : 1617  $\text{kg/m}^3$   
Peso unitario compactado seco : 1742  $\text{kg/m}^3$

**NTP 400.012**

Tamiz	% Retenido	% Que pasa
¾ in.	0.0	100.0
No. 4	8.9	91.1
No. 8	10.7	80.4
No. 16	9.3	71.1
No. 30	15.6	55.5
No. 50	33.0	22.4
No. 100	16.7	5.7
Fondo	5.7	0.0

**AGREGADO GRUESO**

Piedra chancada de ¾ in.  
Cantera Pilcomayo

**NTP 400.022**

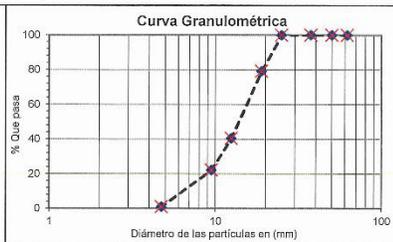
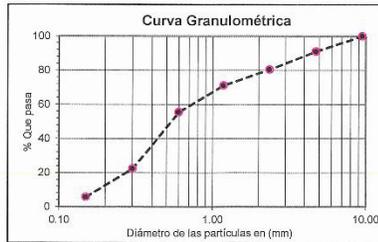
Peso específico de masa : 2.64  
Peso específico de masa S.S.S. : 2.66  
Peso específico aparente : 2.71

**NTP 400.017**

Peso unitario suelto seco : 1455  $\text{kg/m}^3$   
Peso unitario compactado seco : 1535  $\text{kg/m}^3$

**NTP 400.012**

Tamiz	% Retenido	% Que pasa
2 in.	0.0	100.0
1½ in.	0.0	100.0
1 in.	0.0	100.0
¾ in.	20.9	79.1
½ in.	38.8	40.4
¾ in.	18.2	22.2
No. 4	21.2	1.0
Fondo	1.0	0.0



Módulo de finura : 2.739  
% Porcentaje de absorción : 1.90  
% Contenido de humedad : 1.09

Tamaño máximo nominal : ¾ in.  
% Porcentaje de absorción : 1.02  
% Contenido de humedad : 0.71



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-Di-210-¾ in.		
		Versión	01		
	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>		Fecha		04-01-21
			Página		1 de 2

**DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )**

Asentamiento - slump : 5 pulgadas  
 Factor de cemento : 8.6 bolsas de cemento/m<sup>3</sup> de concreto  
 Relación agua - cemento de diseño: 0.600

**PROPORCIÓN EN PESO**

Cemento 1  
 Arena 2.57  
 Piedra 2.17  
 Agua 26.65 litros de agua/bolsa de cemento

**PROPORCIÓN EN VOLUMEN**

Cemento 1 bolsa de cemento  
 Arena 2.38 pie<sup>3</sup>  
 Piedra 2.22 pie<sup>3</sup>  
 Agua 26.65 litros de agua/bolsa de cemento

Cantidad de materiales secos por metro cúbico de concreto (Teórico)

: 2257 kg/m<sup>3</sup>  
 Agua : 215 L. Potable  
 Cemento : 358 kg Andino Tipo I  
 Agregado fino : 911 kg Cantera Orcotuna  
 Arena gruesa  
 Agregado grueso : 773 kg Cantera Pilcomayo  
 Piedra chancada de ¾ in.

Cantidad de materiales por metro cúbico, corregidos por humedad y por peso unitario del concreto fresco

: 2325 kg/m<sup>3</sup>  
 Agua : 229 L. Potable  
 Cemento : 365 kg Andino Tipo I  
 Agregado fino : 938 kg Cantera Orcotuna  
 Arena gruesa  
 Agregado grueso : 793 kg Cantera Pilcomayo  
 Piedra chancada de ¾ in.

**OBSERVACIONES:**

- \* El muestreo e identificación son realizados por el peticionario.
- \* En obra corregir por humedad.
- \* Realizar tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- \* El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-FOR-015	
	CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica	Versión	01	
	NTP 339.084:2012 (revisada el 2017)	Fecha	24-03-22	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 2606-2023  
Nombre del testista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
Fecha de emisión : 26-06-23

Diseño de Mezcla	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga máxima (N)	Resistencia a la tracción indirecta (MPa)	Resistencia a la tracción indirecta ( $\text{kg/cm}^2$ )	Promedio resistencia a la tracción diametral ( $\text{kg/cm}^2$ )	
				Diámetro	Longitud					
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	0%	0%	7	100	200	88598.2	2.82	28.8	27.7	
			7	100	200	78453.5	2.50	25.5		
			7	100	200	88476.9	2.82	28.7		
			14	100	200	97713.7	3.11	31.7	32.5	
			14	100	200	105353.4	3.35	34.2		
			14	100	200	97005.1	3.09	31.5		
			28	100	200	110525.2	3.52	35.9		
			28	100	200	111892.1	3.56	36.3	36.1	
			28	100	200	110853.7	3.53	36.0		
			2%	5%		7	100	200	82442.0	2.62
	7	100				200	90510.9	2.88	29.4	
	7	100				200	94761.1	3.02	30.8	
	14	100				200	98653.4	3.14	32.0	33.0
	14	100				200	108425.9	3.45	35.2	
	14	100				200	97692.1	3.11	31.7	
	28	100				200	113782.1	3.62	36.9	
	28	100				200	106634.4	3.39	34.6	37.3
	28	100				200	124156.1	3.95	40.3	

**NOTAS:**

- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
- 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE.
- 3) La velocidad de ensayo fue de  $1,05 \text{ MPa/min} \pm 0,35 \text{ MPa/min}$ , en conformidad con la norma NTP 339.084:2017
- 4) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
- 5) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-FOR-015	
	CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica	Versión	01	
	NTP 339.084:2012 (revisada el 2017)	Fecha	24-03-22	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 2606-2023  
Nombre del testista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
Fecha de emisión : 26-06-23

Diseño de Mezcla	% Adición de fibra de algodón	% Adición de ceniza de cañaduz	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga máxima (N)	Resistencia a la tracción indirecta (MPa)	Resistencia a la tracción indirecta ( $\text{kg/cm}^2$ )	Promedio resistencia a la tracción diametral ( $\text{kg/cm}^2$ )
				Diámetro	Longitud				
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	2%	10%	7	100	200	92861.3	2.96	30.1	28.9
			7	100	200	80391.8	2.56	26.1	
			7	100	200	93654.1	2.98	30.4	
			14	100	200	108536.7	3.45	35.2	34.2
			14	100	200	101526.4	3.23	33.0	
			14	100	200	105981.9	3.37	34.4	
			28	100	200	118243.8	3.76	38.4	37.5
			28	100	200	108973.5	3.47	35.4	
			28	100	200	119505.2	3.80	38.8	
	2%	15%	7	100	200	87419.2	2.78	28.4	26.9
			7	100	200	75614.7	2.41	24.6	
			7	100	200	85337.1	2.72	27.7	
			14	100	200	93649.9	2.98	30.4	28.0
			14	100	200	82436.7	2.62	26.8	
			14	100	200	82994.3	2.64	26.9	
			28	100	200	95398.4	3.04	31.0	30.8
			28	100	200	91243.1	2.90	29.6	
			28	100	200	97715.3	3.11	31.7	

**NOTAS:**

- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
- 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE.
- 3) La velocidad de ensayo fue de  $1,05 \text{ MPa/min} \pm 0,35 \text{ MPa/min}$ , en conformidad con la norma NTP 339.084:2017
- 4) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
- 5) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>				Código	C3-FOR-010	
	CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Versión	02	
	NTP 339.034:2021				Fecha	16-11-21	
					Página	1 de 1	

Expediente N° : 2606-2023  
Nombre del testista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
Fecha de emisión : 26-06-23

Testigo N°	Diseño de mezcla	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (MPa)	Resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fractura	Defectos
1	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	0%	0%	24-05-23	31-05-23	7	101.3	8059.5	134.76	16.7	170.5	185.7	Tipo 1	No
2				24-05-23	31-05-23	7	101.0	8011.8	156.00	19.5	198.6		Tipo 2	No
3				24-05-23	31-05-23	7	101.4	8075.4	148.93	18.4	188.1		Tipo 1	No
4				24-05-23	07-06-23	14	101.4	8075.4	176.27	21.8	222.6	Tipo 1	No	
5				24-05-23	07-06-23	14	101.1	8027.7	169.51	21.1	215.3	Tipo 3	No	
6				24-05-23	07-06-23	14	101.1	8027.7	163.05	20.3	207.1	Tipo 1	No	
7				24-05-23	21-06-23	28	101.1	8027.7	200.94	25.0	255.2	Tipo 2	No	
8				24-05-23	21-06-23	28	101.4	8075.4	185.33	22.9	234.0	Tipo 1	No	
9				24-05-23	21-06-23	28	101.2	8043.6	182.41	22.7	231.2	Tipo 2	No	
10		25-05-23	01-06-23	7	101.3	8059.5	155.97	19.4	197.3	Tipo 1	No			
11		25-05-23	01-06-23	7	101.3	8059.5	147.09	18.3	186.1	Tipo 2	No			
12		25-05-23	01-06-23	7	101.0	8011.8	153.21	19.1	195.0	Tipo 2	No			
13		25-05-23	08-06-23	14	101.1	8027.7	182.58	22.7	231.9	Tipo 1	No			
14		25-05-23	08-06-23	14	101.2	8043.6	177.49	22.1	225.0	Tipo 1	No			
15		25-05-23	08-06-23	14	101.3	8059.5	171.80	21.3	217.4	Tipo 2	No			
16		25-05-23	22-06-23	28	101.1	8027.7	203.19	25.3	258.1	Tipo 1	No			
17		25-05-23	22-06-23	28	101.0	8011.8	193.72	24.2	246.6	Tipo 1	No			
18		25-05-23	22-06-23	28	101.2	8043.6	199.04	24.7	252.3	Tipo 2	No			

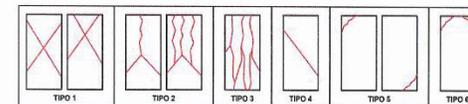
**NOTAS:**

- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE
- 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE
- 3) La velocidad de ensayo a compresión fue de  $0,25 \text{ MPa/s} \pm 0,05 \text{ MPa/s}$ , en conformidad con la norma NTP 339.034:2021
- 4) Se emplearon pads de neopreno como método de refrentado en conformidad con la norma NTP 339.216:2016
- 5) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
- 6) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC
- 7) Se indican los tipos de fractura obtenidas en las muestras ensayadas.

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



**LEYENDA DE FRACTURA DE PROBETAS**



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín  
Celular: 947-898992  
Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Expediente N° : 2606-2023  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
 Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
 Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
 Fecha de emisión : 26-06-23

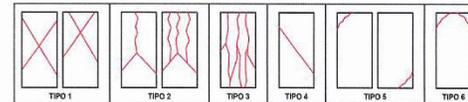
Testigo N°	Diseño de mezcla	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (MPa)	Resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a la compresión del espécimen $f_{cm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fractura	Defectos
1	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	2%	10%	26-05-23	02-06-23	7	101.4	8075.4	159.97	19.8	202.0	194.2	Tipo 1	No
2				26-05-23	02-06-23	7	101.2	8043.6	147.20	18.3	186.6		Tipo 1	No
3				26-05-23	02-06-23	7	101.4	8075.4	153.61	19.0	194.0		Tipo 2	No
4				26-05-23	09-06-23	14	101.4	8075.4	180.57	22.4	228.0		Tipo 1	No
5				26-05-23	09-06-23	14	101.2	8043.6	172.83	21.5	219.1		Tipo 2	No
6				26-05-23	09-06-23	14	101.2	8043.6	185.41	23.1	235.1		Tipo 1	No
7		26-05-23	23-06-23	28	101.4	8075.4	197.27	24.4	249.1	Tipo 1	No			
8		26-05-23	23-06-23	28	101.4	8075.4	202.30	25.1	255.5	Tipo 3	No			
9		26-05-23	23-06-23	28	101.2	8043.6	193.69	24.1	245.5	Tipo 1	No			
10		2%	15%	27-05-23	03-06-23	7	101.3	8059.5	146.18	18.1	185.0	177.9	Tipo 1	No
11				27-05-23	03-06-23	7	101.5	8091.4	132.61	16.4	167.1		Tipo 2	No
12				27-05-23	03-06-23	7	101.4	8075.4	143.94	17.8	181.8		Tipo 1	No
13				27-05-23	10-06-23	14	101.1	8027.7	142.70	17.8	181.3		Tipo 3	No
14				27-05-23	10-06-23	14	101.2	8043.6	146.49	18.2	185.7		Tipo 2	No
15				27-05-23	10-06-23	14	101.3	8059.5	151.54	18.8	191.7		Tipo 2	No
16		27-05-23	24-06-23	28	101.1	8027.7	157.25	19.6	199.7	Tipo 1	No			
17		27-05-23	24-06-23	28	101.1	8027.7	150.73	18.8	191.5	Tipo 1	No			
18		27-05-23	24-06-23	28	101.2	8043.6	165.11	20.5	209.3	Tipo 1	No			

**NOTAS:**

- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
- 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE
- 3) La velocidad de ensayo a compresión fue de  $0,25 \text{ MPa/s} \pm 0,05 \text{ MPa/s}$ , en conformidad con la norma NTP 339.034:2021
- 4) Se emplearon pads de neopreno como método de refrentado en conformidad con la norma NTP 339.216:2016
- 5) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
- 6) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC
- 7) Se indican los tipos de fractura obtenidas en las muestras ensayadas.



**LEYENDA DE FRACTURA DE PROBETAS**



Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar

C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín  
 Celular: 947-898992  
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO**

CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos

NTP 339.078:2022

Código: C3-FOR-012  
 Versión: 01  
 Fecha: 24-03-22  
 Página: 1 de 1



Expediente N° : 2606-2023 +  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas 0+  
 Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junín 2022  
 Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junín  
 Fecha de emisión : 26-06-23

Diseño de Mezcla	% Dosificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Tipo de curado	Carga máxima de rotura (N)	Luz libre entre apoyos (mm)	Ancho promedio de la viga en la sección de falla (mm)	Altura promedio de la viga en la sección de falla (mm)	Ubicación de la falla	Módulo de rotura $M_r$ (MPa)	Módulo de rotura $M_r$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Promedio de módulo de rotura $M_r$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	
$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	0%	0%	24-05-23	31-05-23	7	Poza de curado	28840	450	150	150	Tercio medio de la luz	3.8	39.2	42.6	
			24-05-23	31-05-23	7	Poza de curado	32095	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.3	43.6		
			24-05-23	31-05-23	7	Poza de curado	32958	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.4	44.8		
			24-05-23	07-06-23	14	Poza de curado	36759	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.9	50.0	48.9	
			24-05-23	07-06-23	14	Poza de curado	35073	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.7	47.7		
			24-05-23	07-06-23	14	Poza de curado	36142	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.8	49.1		
			24-05-23	21-06-23	28	Poza de curado	39198	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.2	53.3	53.9	
	24-05-23	21-06-23	28	Poza de curado	39594	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.3	53.8				
	24-05-23	21-06-23	28	Poza de curado	40097	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.3	54.5				
	2%	5%	5%	25-05-23	01-06-23	7	Poza de curado	33186	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.4	45.1	44.8
				25-05-23	01-06-23	7	Poza de curado	32250	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.3	43.8	
				25-05-23	01-06-23	7	Poza de curado	33307	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.4	45.3	
				25-05-23	08-06-23	14	Poza de curado	36776	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.9	50.0	50.4
				25-05-23	08-06-23	14	Poza de curado	37404	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.0	50.9	
25-05-23				08-06-23	14	Poza de curado	37108	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.9	50.5		
25-05-23				22-06-23	28	Poza de curado	42542	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.7	57.8	58.2	
25-05-23	22-06-23	28	Poza de curado	42769	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.7	58.1					
25-05-23	22-06-23	28	Poza de curado	43062	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.7	58.5					

- NOTAS:**
- 1) El muestreo, moldeo, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
  - 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE
  - 3) La velocidad de ensayo fue de  $1,05 \text{ MPa/min} \pm 0,15 \text{ MPa/min}$ , en conformidad con la norma NTP 339.078:2022
  - 4) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
  - 5) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC.

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín  
 Celular: 947-898992  
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>			Código	C3-FOR-012	
	CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos			Versión	01	
	NTP 339.078:2022			Fecha	24-03-22	
				Página	1 de 1	

Expediente N° : 2606-2023  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Civil Reiner Oneil Luna Bastidas  
Nombre de la tesis : Efecto de la dosificación de resina epoxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Palcamayo, Tarma - Junin 2022  
Ubicación : Palcamayo - Tarma - Junin  
Fecha de emisión : 26-06-23

Diseño de Mezcla	% Desificación de resina epoxica (RE)	% Reemplazo de cemento por ladrillo pulverizado (LP)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Tipo de curado	Carga máxima de rotura (N)	Luz libre entre apoyos (mm)	Ancho promedio de la viga en la sección de falla (mm)	Altura promedio de la viga en la sección de falla (mm)	Ubicación de la falla	Módulo de rotura $M_r$ (MPa)	Módulo de rotura $M_r$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Promedio de módulo de rotura $M_r$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	2%	10%	26-05-23	02-06-23	7	Poza de curado	32002	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.3	43.5	44.5
			26-05-23	02-06-23	7	Poza de curado	32539	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.3	44.2	
			26-05-23	02-06-23	7	Poza de curado	33638	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.5	45.7	
			26-05-23	09-06-23	14	Poza de curado	39010	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.2	53.0	52.4
			26-05-23	09-06-23	14	Poza de curado	38722	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.2	52.6	
			26-05-23	09-06-23	14	Poza de curado	37915	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.1	51.6	
			26-05-23	23-06-23	28	Poza de curado	42382	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.7	57.6	56.8
	26-05-23	23-06-23	28	Poza de curado	41961	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.6	57.1			
	26-05-23	23-06-23	28	Poza de curado	41004	450	150	150	Tercio medio de la luz	5.5	55.8			
	2%	15%	27-05-23	03-06-23	7	Poza de curado	30572	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.1	41.6	40.7
			27-05-23	03-06-23	7	Poza de curado	29943	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.0	40.7	
			27-05-23	03-06-23	7	Poza de curado	29187	450	150	150	Tercio medio de la luz	3.9	39.7	
			27-05-23	10-06-23	14	Poza de curado	33054	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.4	44.9	42.9
			27-05-23	10-06-23	14	Poza de curado	31280	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.2	42.5	
27-05-23			10-06-23	14	Poza de curado	30268	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.0	41.2		
27-05-23			24-06-23	28	Poza de curado	33051	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.4	44.9	46.1	
27-05-23	24-06-23	28	Poza de curado	34894	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.7	47.4				
27-05-23	24-06-23	28	Poza de curado	33751	450	150	150	Tercio medio de la luz	4.5	45.9				

**NOTAS:**

- 1) El muestreo, molde, identificación y curado inicial fue realizado por el CLIENTE.
- 2) El tipo de muestra, cantidad de muestras y procedencia fue establecido por el CLIENTE
- 3) La velocidad de ensayo fue de 1,05 MPa/min  $\pm$  0,15 MPa/min, en conformidad con la norma NTP 339.078:2022
- 4) El uso e interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del CLIENTE.
- 5) Está prohibido reproducir u modificar el presente informe de ensayo, sin autorización de C3 Ingeniería Especializada SAC.

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junin  
Celular: 947-898992  
Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

**INFORME DE ENSAYO  
IE-2023-0719**

**1. DATOS DEL CLIENTE**

1.1 Cliente : REINER ONEIL LUNA BASTIDAS  
1.2 RUC o DNI : 70351390  
1.3 Dirección : No Precisa

**2. DATOS DE LA MUESTRA**

2.1 Producto : MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN  
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)  
2.3 Número de Muestras : 01  
2.4 Fecha de Recepción : 2023-06-21  
2.5 Período de Ensayo : 2023-06-21 al 2023-06-28  
2.6 Fecha de Emisión : 2023-06-28

**3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA**

ENSAYO	MÉTODO
Pérdida por calcinación (LOI)	(ASTM D C25-99)
Ensayo de Fluorescencia de Rayos X Composición Química por (óxidos): SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO, CaO, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, etc	Fluorescencia de Rayos X - FRX

**4. RESULTADOS**

**4.1. RESULTADOS OBTENIDOS**

Descripción de Muestra: MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN  
MUESTRA PULVERIZADA (LADRILLO) (c)

NOMBRE DEL PROYECTO: "Efecto de la dosificación de resina epóxica y el reemplazo parcial del cemento por ladrillo pulverizado en la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> Palcamayo, Tarma-Junín 2022"



KATHERINE  
CORAL PERALTA  
Ingeniera Química  
CIP Nº 276377

Jefe de Laboratorio

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

**4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Límite de detección del equipo es 0.010%.

**Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS (EXPRESADO EN ÓXIDOS)**

Código de Laboratorio	Composición química	Unidad	Resultados
S-1346	Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	%	55.208
	Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	26.228
	Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	6.861
	Óxido de calcio, CaO	%	3.882
	Óxido de magnesio, MgO	%	2.247
	Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	%	2.18
	Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	%	0.859
	Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	%	0.84
	Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.13
	Óxido de manganeso, MnO	%	0.122
	Óxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	%	0.046
	Óxido de estroncio, SrO	%	0.043
	Óxido de vanadio, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.039
	Óxido de zinc, ZnO	%	0.019
	Óxido de itrio, Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.009
Óxido de rubidio, Rb <sub>2</sub> O	%	0.007	
	Pérdida por Calcinación	%	1.282

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0719

Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS (EXPRESADO EN ELEMENTOS)

Código de Laboratorio	Composición química	Unidad	Resultados
S-1346	Silicio, Si	%	46.837
	Aluminio, Al	%	23.758
	Hierro, Fe	%	12.041
	Calcio, Ca	%	6.439
	Potasio, K	%	4.046
	Magnesio, Mg	%	3.023
	Titanio, Ti	%	1.181
	Azufre, S	%	0.736
	Manganeso, Mn	%	0.233
	Fósforo, P	%	0.129
	Estroncio, Sr	%	0.09
	Circonio, Zr	%	0.082
	Vanadio, V	%	0.05
	Zinc, Zn	%	0.039
	Itrio, Y	%	0.017
Rubidio, Rb	%	0.016	
Pérdida por Calcinación	%	1.282	

(c) Información suministrada por el cliente.

**FIN DE DOCUMENTO**

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

Ficha de registro de revisión documentaria

Fuente	Nombre químico	Componente A	
		CAS No.	Concentración (% w/w)
Ficha técnica sikadur 31	Bis-[4-(2,3-epoxipropoxi)fenil]propano	1675-54-3	$\geq 30 - < 50$
	Nombre químico	Componente B	
		CAS No.	Concentración (%w/w)
	Nafta disolvente (petróleo), fracción aromática pesada; queroseno, sin especificar	64742-94-5	$\geq 2,5 - < 10$
	alcohol bencílico	100-51-6	$\geq 1 - < 10$
	Triethylenetetramine, propoxylated	88375-39-7	$\geq 3 - < 10$
	2,4,6-tris(dimetilaminometil)fenol	90-72-2	$\geq 1 - < 3$
	m-fenilenbis(metilamina)	1477-55-0	$\geq 1 - < 2,5$
	Adduct TTA (Epoxy Amine Adduct)	38294-69-8	$\geq 0,25 - < 1$
	<p><i>Nota.</i> La columna "CAS No." indica el número de identificación única para las sustancias químicas, la columna "Concentración (% w/w)" indica los límites porcentuales de la proporción de una sustancia en una mezcla en relación al peso total de la mezcla.</p>		


  
 SIDMAN REYNOSO BASTIDAS  
 INGENIERO CIVIL  
 CTP. 177200

<b>Resultados promedio del ensayo de resistencia a la compresión</b>			
Grupo	7 días	14 días	28 días
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE-0%LP)	185.7	215.0	240.2
2-(2%RE-5%LP)	192.8	224.8	252.3
3-(2%RE-10%LP)	194.2	227.4	250.0
4-(2%RE-15%LP)	177.9	186.2	200.2

<b>Resultados promedio del ensayo de resistencia a la tracción</b>			
Grupo	7 días	14 días	28 días
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE-0%LP)	27.7	32.5	36.1
2-(2%RE-5%LP)	29.0	33.0	37.3
3-(2%RE-10%LP)	28.9	34.2	37.5
4-(2%RE-15%LP)	26.9	28.0	30.8

<b>Resultados promedio del ensayo de resistencia a la flexión</b>			
Grupo	7 días	14 días	28 días
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1-(0%RE-0%LP)	42.6	48.9	53.9
2-(2%RE-5%LP)	44.8	50.4	58.2
3-(2%RE-10%LP)	44.5	52.4	56.8
4-(2%RE-15%LP)	40.7	42.9	46.1

**SIDMAN REYNOSO BASTIDAS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 177200

<b>Análisis de costo de producción por metro cubico de concreto para cada grupo de estudio</b>						
Grupo	Descripción	und	Cant.	P. U (S/.)	Precio parcial (S/.)	Total (S/.)
1-(0%RE-0%LP)	Cemento	Bl	8.6	29	249.40	371.60
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
2-(2%RE-5%LP)	Cemento	Bl	8.16	29	236.64	3526.32
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
	Resina epóxica	kg	46.5	68	3162.00	
	Ladrillo pulverizado	kg	18.26	0.3	5.48	
3-(2%RE-10%LP)	Cemento	Bl	7.73	29	224.17	3519.33
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
	Resina epóxica	kg	46.5	68	3162.00	
	Ladrillo pulverizado	kg	36.52	0.3	10.96	
4-(2%RE-15%LP)	Cemento	Bl	7.3	29	211.70	3512.33
	Arena	m3	0.58	95	55.10	
	Piedra	m3	0.54	115	62.10	
	Agua	Gb	1	5	5.00	
	Resina epóxica	kg	46.5	68	3162.00	
	Ladrillo pulverizado	kg	54.77	0.3	16.43	
<i>Nota.</i> Elaboración propia						

  
 SIMAN REYNOSO BASTIDAS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 177200

<b>Porcentaje de Mejora de los grupos de estudio a los 28 días</b>			
Grupo	Res. a la compresión (%)	Res. a la tracción (%)	Res. a la flexión (%)
1-(0%RE-0%LP)	0.00%	0.00%	0.00%
2-(2%RE-5%LP)	5.06%	3.39%	7.98%
3-(2%RE-10%LP)	4.11%	4.04%	5.43%
4-(2%RE-15%LP)	-16.65%	-14.68%	-14.46%

*Nota.* Los valores positivos indican incrementos en la resistencia (mejora) y los valores negativos indican decrementos en la resistencia (desmejora) respecto a la muestra patrón. Elaboración propia

<b>Análisis de costo y beneficio de los grupos de investigación</b>				
Grupo	Res. a compresión (%)	Res. a la tracción (%)	Res. a la flexión (%)	Costo (s/)
1-(0%RE-0%LP)	0.00%	0.00%	0.00%	371.60
2-(2%RE-5%LP)	5.06%	3.39%	7.98%	3526.32
3-(2%RE-10%LP)	4.11%	4.04%	5.43%	3519.33
4-(2%RE-15%LP)	-16.65%	-14.68%	-14.46%	3512.33

*Nota.* elaboración propia


  
 SIMAN REYNOSO BASTIDAS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 177200

## Anexo 4

### Ficha técnica de la resina epóxica

CONSTRUYENDO CONFIANZA



## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# Sikadur®-31 Hi-Mod Gel

### ADHESIVO EPOXICO

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un material tixotrópico de dos componentes a base resinas epóxicas y cargas inactivas, exento de solventes.

#### USOS

Sikadur®-31 Hi-Mod Gel debe ser utilizado sólo por profesionales expertos.

- Unión de elementos de concreto, fibrocemento, acero, fierro, aluminio, mármol, piedra, madera, vidrio, cerámica, piezas de resinas poliéster o epóxicas.
- Relleno rígido de juntas de poco espesor.
- Anclaje de fierros, pernos, soportes, tirantes y maquinarias.
- Como sello rígido de juntas invisibles, entre láminas de fibro-cemento.
- Reparación de aristas y caras del concreto a la vista.
- Refuerzo de elementos de concreto mediante pegado de placas de acero.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Altas resistencias mecánicas, a la abrasión y al impacto.
- Gracias a su consistencia permite trabajar sobre superficies verticales o sobre la cabeza.
- Buena adherencia incluso en superficies húmedas.
- Resistencia química excepcional contra el agua, aceite, gasolina, soluciones salinas, ácidos y álcalis diluidos, así como contra las aguas residuales.
- Excelente adherencia sobre elementos endurecidos, como fibro-cemento, láminas de yeso, mampostería, concreto, madera, acero, etc.
- Sin efecto nocivo sobre los materiales que constituyen las piezas unidas.
- No contiene componentes volátiles.
- Fácil de dosificar (relación de sus componentes en volumen (A:B = 1:1)).

#### CERTIFICADOS / NORMAS

Sikadur®-31 Hi-Mod-Gel cumple la norma ASTM C-881: Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

USGBC VALORACIÓN LEED

Sikadur®-31 Hi Mod Gel cumple con los requerimientos LEED.

Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.

Contenido de VOC < 70 g/L (menos agua)

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Juego x 1 Kg.</li><li>• Juego x 5 Kg.</li></ul>
<b>Vida Útil</b>	2 año
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	El producto debe de ser almacenado en su envase original cerrado en un lugar fresco y bajo techo, con una temperatura entre 5°C y 25°C. Acondicione el material a 18°C - 30°C antes de usar.
<b>Color</b>	Mezcla pastosa (A+B) color gris

Hoja De Datos Del Producto  
Sikadur®-31 Hi-Mod Gel  
Marzo 2022, Versión 01.02  
020204030010000054

Densidad

1.67 kg/L

---

Hoja De Datos Del Producto  
Sikadur®-31 Hi-Mod Gel  
Marzo 2022, Versión 01.02  
020204030010000054

2 / 5

CONSTRUYENDO CONFIANZA



## INFORMACIÓN TÉCNICA

Resistencia a la Compresión	<b>Tiempo</b>	<b>5°C</b>	<b>23°C</b>	<b>32°C</b>	(ASTM D-695)
	2 horas	-	-	370	
	4 horas	-	430	430	
	8 horas	-	620	620	
	16 horas	240	620	620	
	1 día	430	620	740	
	3 días	620	620	740	
	7 días	680	740	740	
	14 días	680	740	800	
	Resistencia a Flexión	42 MPa			
Resistencia a la Tensión	3,0 – 3,5 MPa				
Módulo de Elasticidad	4.3x10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>				
Resistencia a la Adherencia	2 días curado seco	150 kg/cm		(ASTM C-882)	
	2 días curado húmedo	160 kg/cm			
	14 días curado húmedo	200 kg/cm			
Contracción	Endurece sin retracción.				
Temperatura de Servicio	-20°C a +60°C.				
Absorción de Agua	0.07%, a 24 horas (ASTM D-570)				

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Proporción de la Mezcla	En peso: A : B = 1 : 1,18
	En volumen: A : B = 1 : 1
Consumo	<ul style="list-style-type: none"><li>El consumo aproximado es de 1.7 kg/m<sup>2</sup> en 1 mm de espesor.</li><li>Respetar proporción en peso A : B = 1 : 1,18 y en volumen A : B = 1 : 1</li></ul>
Espesor de Capa	Espesor máximo por capa 25mm.
Temperatura del Producto	Entre 20°C a 30°C al momento de la colocación.
Duración de la Mezcla	50 minutos.
Producto Aplicado Listo para su Uso	Normalmente el anclaje se pone en servicio a las 24 horas, a 20°C.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Sikadur®-31 Hi-Mod Gel Part A



Versión 2.0      Fecha de revisión: 2023/02/07      Número de HDS: 100000012924      Fecha de la última emisión: 2022/02/25  
Fecha de la primera emisión: 2019/10/09

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Nombre del producto : Sikadur®-31 Hi-Mod Gel Part A

**Informaciones sobre el fabricante o el proveedor**

Compañía : Sika Peru S.A.C.  
Habilitación Industrial El Lúcumo  
Mz. "B" Lote 6, Lurín - L3  
Lima - Perú

Teléfono : +51 1618 6060

Teléfono de emergencia : Aló ESSALUD +51 1411 8000

Dirección de correo electrónico : -

Fax : +51 1618 6070

2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS

**Clasificación según SGA (GHS)**

Corrosión/irritación cutáneas : Categoría 2

Lesiones oculares graves/irritación ocular : Categoría 2A

Sensibilización cutánea : Categoría 1

Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático : Categoría 2

Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático : Categoría 2

**Etiqueta SGA (GHS)**

Pictogramas de peligro :



Palabra de advertencia : Atención

Indicaciones de peligro : H315 Provoca irritación cutánea.  
H317 Puede provocar una reacción cutánea alérgica.  
H319 Provoca irritación ocular grave.  
H411 Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Sikadur®-31 Hi-Mod Gel Part A



Versión 2.0      Fecha de revisión: 2023/02/07      Número de HDS: 100000012924      Fecha de la última emisión: 2022/02/25  
 Fecha de la primera emisión: 2019/10/09

Consejos de prudencia : **Prevención:**  
 P261 Evitar respirar nieblas o vapores.  
 P264 Lavarse la piel cuidadosamente después de la manipulación.  
 P272 La ropa de trabajo contaminada no debe salir del lugar de trabajo.  
 P273 No dispersar en el medio ambiente.  
 P280 Usar guantes de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.  
**Intervención:**  
 P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua.  
 P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.  
 P333 + P317 En caso de irritación cutánea o sarpullido: buscar ayuda médica.  
 P337 + P317 Si la irritación ocular persiste, buscar ayuda médica.  
 P362 + P364 Quitar la ropa contaminada y lavarla antes de volverla a usar.  
 P391 Recoger los vertidos.  
**Eliminación:**  
 P501 Eliminar el contenido/ recipiente en una planta de eliminación de residuos aprobada.

**Otros peligros no clasificables**  
 No conocidos.

**3. COMPOSICIÓN/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES**

Sustancia / mezcla : Mezcla

**Componentes**

Nombre químico	CAS No.	Concentración (% w/w)
Bis-[4-(2,3-epoxipropoxi)fenil]propano	1675-54-3	>= 30 - < 50

**4. PRIMEROS AUXILIOS**

Consejos generales : Retire a la persona de la zona peligrosa.  
 Consulte a un médico.  
 Muéstrele esta hoja de seguridad al doctor que esté de servicio.  
 En caso de inhalación : Salga al aire libre.  
 Consultar a un médico después de una exposición importante.  
 En caso de contacto con la piel : Qítense inmediatamente la ropa y zapatos contaminados.  
 Elimínelo lavando con jabón y mucha agua.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Sikadur®-31 Hi-Mod Gel Part B**



Versión 2.0      Fecha de revisión: 2023/02/07      Número de HDS: 100000013018      Fecha de la última emisión: 2022/02/25  
Fecha de la primera emisión: 2019/10/09

**1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO**

Nombre del producto : Sikadur®-31 Hi-Mod Gel Part B

**Informaciones sobre el fabricante o el proveedor**

Compañía : Sika Peru S.A.C.  
Habilitación Industrial El Lúcumo  
Mz. "B" Lote 6, Lurín - L3  
Lima - Perú

Teléfono : +51 1618 6060

Teléfono de emergencia : Aló ESSALUD +51 1411 8000

Dirección de correo electrónico : -

Fax : +51 1618 6070

**2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS**

**Clasificación según SGA (GHS)**

Corrosión/irritación cutáneas : Categoría 2

Lesiones oculares graves/irritación ocular : Categoría 1

Sensibilización cutánea : Categoría 1

Carcinogenicidad : Categoría 2

Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático : Categoría 3

Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático : Categoría 3

**Etiqueta SGA (GHS)**

Pictogramas de peligro :

Palabra de advertencia : Peligro

Indicaciones de peligro : H315 Provoca irritación cutánea.  
H317 Puede provocar una reacción cutánea alérgica.  
H318 Provoca lesiones oculares graves.  
H351 Susceptible de provocar cáncer.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Sikadur®-31 Hi-Mod Gel Part B



Versión 2.0      Fecha de revisión: 2023/02/07      Número de HDS: 100000013018      Fecha de la última emisión: 2022/02/25  
 Fecha de la primera emisión: 2019/10/09

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia :

**Prevención:**  
 P203 Procurarse, leer y aplicar todas las instrucciones de seguridad antes del uso.  
 P261 Evitar respirar nieblas o vapores.  
 P264 Lavarse la piel cuidadosamente después de la manipulación.  
 P272 La ropa de trabajo contaminada no debe salir del lugar de trabajo.  
 P273 No dispersar en el medio ambiente.  
 P280 Usar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara/ los oídos.

**Intervención:**  
 P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua.  
 P305 + P354 + P338 + P317 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar inmediatamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. Buscar ayuda médica.  
 P318 EN CASO DE exposición demostrada o supuesta: consultar a un médico.  
 P333 + P317 En caso de irritación cutánea o sarpullido: buscar ayuda médica.  
 P362 + P364 Quitar la ropa contaminada y lavarla antes de volverla a usar.

**Almacenamiento:**  
 P405 Guardar bajo llave.

**Eliminación:**  
 P501 Eliminar el contenido/ recipiente en una planta de eliminación de residuos aprobada.

**Otros peligros no clasificables**  
 No conocidos.

3. COMPOSICIÓN/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Sustancia / mezcla : Mezcla

**Componentes**

Nombre químico	CAS No.	Concentración (% w/w)
Nafta disolvente (petróleo), fracción aromática pesada; queroseno, sin especificar	64742-94-5	>= 2,5 - < 10
alcohol bencílico	100-51-6	>= 1 - < 10
Triethylenetetramine, propoxylated	88375-39-7	>= 3 - < 10
2,4,6-tris(dimetilaminometil)fenol	90-72-2	>= 1 - < 3
m-fenilenbis(metilamina)	1477-55-0	>= 1 - < 2,5
Adduct TTA (Epoxy Amine Adduct)	38294-69-8	>= 0,25 - < 1

## Anexo 5

### Certificados de calibración de equipos

#### LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

#### Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

#### F-26474-001 R0

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 6

**Equipo**  
*Instrument* PRENSA DE CONCRETO

**Fabricante**  
*Manufacturer* TECNICAS CP

**Modelo**  
*Model* STYE 2000

**Número de Serie**  
*Serial Number* 181012

**Identificación Interna**  
*Internal Identification* C3-P-001

**Capacidad Máxima**  
*Maximum Capacity* 2000 kN

**Solicitante**  
*Customer* C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

**Dirección**  
*Address* AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN - HUANCAYO - CHILCA

**Ciudad**  
*City* JUNIN

**Fecha de Calibración**  
*Date of calibration* 2022 - 06 - 16

**Fecha de Emisión**  
*Date of issue* 2022 - 06 - 22

**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 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 el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

**Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

**Tecg. Oscar Eduardo Briceño**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 RT12.4

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 • Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

**F-26474-001 R0**

Pág. 2 de 6

**DATOS TÉCNICOS**

<b>Máquina de Ensayo Bajo Calibración</b>	
<b>Clase</b>	No Identificable
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital
<b>División de Escala</b>	0,01 kN
<b>Resolución</b>	0,01 kN
<b>Intervalo de Medición Calibrado</b>	Del 10 % al 50 % de la carga máxima.
<b>Límite Inferior de la Escala</b>	1 kN

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

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

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

**Tabla 1.**  
Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S <sub>1, 2 y 3</sub> kN
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> '	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>1, 2 y 3</sub> kN	
	Ascendente kN	Ascendente kN	No Aplica ----	Ascendente kN	No Aplica ----		
<b>10</b>	<b>200,00</b>	201,70	201,94	----	201,94	----	201,86
<b>15</b>	<b>300,00</b>	300,09	301,48	----	302,29	----	301,29
<b>20</b>	<b>400,00</b>	400,13	401,43	----	403,26	----	401,61
<b>25</b>	<b>500,00</b>	500,70	500,04	----	502,02	----	500,92
<b>30</b>	<b>600,00</b>	599,75	601,72	----	600,24	----	600,57
<b>35</b>	<b>700,00</b>	699,30	700,98	----	701,36	----	700,55
<b>40</b>	<b>800,00</b>	798,18	800,30	----	800,58	----	799,69
<b>45</b>	<b>900,00</b>	899,30	899,06	----	898,66	----	899,01
<b>50</b>	<b>1 000,00</b>	997,14	999,50	----	999,31	----	998,65

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

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



**F-26474-001 R0**

Pág. 3 de 6

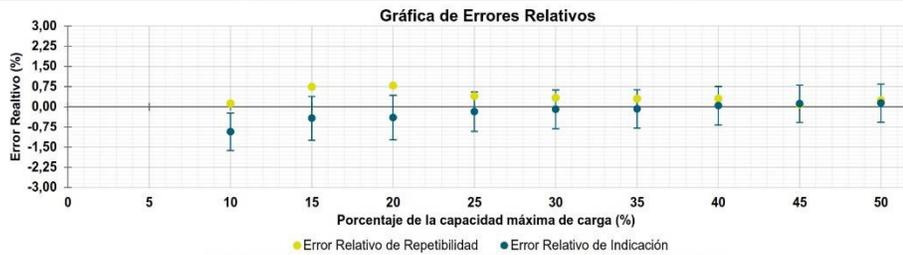
**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 2.**  
 Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,s1}$ %	$f_{0,s2}$ %	$f_{0,s2'}$ %	$f_{0,s3}$ %	$f_{0,s4}$ %
0,003	0,003	----	0,003	----

**Tabla 3.**  
 Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Indicación	Errores Relativos			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
		Repetibilidad	Reversibilidad	Relativa		U		
%	kN	q %	b %	v %	a %	kN	%	----
10	200,00	-0,93	0,12	----	0,005	1,4	0,69	2,01
15	300,00	-0,43	0,73	----	0,003	2,4	0,81	2,01
20	400,00	-0,40	0,78	----	0,003	3,3	0,83	2,01
25	500,00	-0,18	0,40	----	0,002	3,7	0,73	2,02
30	600,00	-0,10	0,33	----	0,002	4,3	0,72	2,02
35	700,00	-0,08	0,29	----	0,001	5,0	0,71	2,02
40	800,00	0,04	0,30	----	0,001	5,7	0,72	2,02
45	900,00	0,11	0,07	----	0,001	6,2	0,69	2,01
50	1 000,0	0,13	0,24	----	0,001	7,1	0,71	2,01



**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C. ubicada en JUNIN. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 14,6 °C  
 Humedad Relativa Máxima: 37 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 14,3 °C  
 Humedad Relativa Mínima: 35 % HR

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

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 4.**

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

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	---	R <sup>2</sup>
1,95979 E00	9,99460 E-01	-2,35032 E-06	-5,21044 E-10		1,0000 E00

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

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

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada ( kN )

Indicación kN	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
200,00	201,75	211,74	221,72	231,70	241,69
250,00	251,67	261,65	271,63	281,61	291,59
300,00	301,57	311,55	321,53	331,51	341,48
350,00	351,46	361,44	371,41	381,39	391,36
400,00	401,33	411,31	421,28	431,25	441,22
450,00	451,19	461,16	471,13	481,10	491,07
500,00	501,04	511,00	520,97	530,94	540,90
550,00	550,87	560,83	570,79	580,75	590,72
600,00	600,68	610,64	620,60	630,56	640,51
650,00	650,47	660,43	670,39	680,34	690,30
700,00	700,25	710,21	720,16	730,11	740,06
750,00	750,01	759,96	769,91	779,86	789,81
800,00	799,76	809,70	819,65	829,59	839,54
850,00	849,48	859,43	869,37	879,31	889,25
900,00	899,19	909,13	919,07	929,01	938,94
950,00	948,88	958,81	968,75	978,68	988,62
1 000,00	998,55				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
200,00	201,86	201,75	- 0,10
300,00	301,29	301,57	0,28
400,00	401,61	401,33	- 0,27
500,00	500,92	501,04	0,12
600,00	600,57	600,68	0,11
700,00	700,55	700,25	- 0,30
800,00	799,69	799,76	0,07
900,00	899,01	899,19	0,18
1 000,00	998,65	998,55	- 0,10

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

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



**F-26474-001 R0**

Pág. 5 de 6

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

La Tabla 7 y Tabla 8 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 1 y Tabla 3 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) = 9,80665 , tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811: Guide for the use of the International System of Units (SI) - Anexo B8.

**Tabla 7.**  
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 <sub>1, 2 y 3</sub> kgf
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2'</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	No Aplica	
	Ascendente kgf	Ascendente kgf	No Aplica ----	Ascendente kgf	No Aplica ----		
10	20 394,3	20 568,0	20 591,7	----	20 591,8	----	20 583,8
15	30 591,5	30 600,7	30 742,4	----	30 825,4	----	30 722,8
20	40 788,6	40 801,9	40 934,5	----	41 121,1	----	40 952,5
25	50 985,8	51 057,2	50 989,9	----	51 191,8	----	51 079,6
30	61 183,0	61 157,5	61 358,4	----	61 207,5	----	61 241,1
35	71 380,1	71 308,8	71 480,1	----	71 518,8	----	71 435,9
40	81 577,3	81 391,7	81 607,9	----	81 636,5	----	81 545,4
45	91 774,5	91 703,1	91 678,6	----	91 637,8	----	91 673,2
50	101 971,6	101 680,0	101 920,7	----	101 901,3	----	101 834,0

**Tabla 8.**  
Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Carga Aplicada	Errores Relativos				Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U		k <sub>p = 95%</sub> -----
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	%		kgf	%	
	q %	b %	v %					
10	20 394,3	-0,93	0,12	----	0,005	142	0,69	2,01
15	30 591,5	-0,43	0,73	----	0,003	249	0,81	2,01
20	40 788,6	-0,40	0,78	----	0,003	337	0,83	2,01
25	50 985,8	-0,18	0,40	----	0,002	372	0,73	2,02
30	61 183,0	-0,10	0,33	----	0,002	440	0,72	2,02
35	71 380,1	-0,08	0,29	----	0,001	510	0,71	2,02
40	81 577,3	0,04	0,30	----	0,001	584	0,72	2,02
45	91 774,5	0,11	0,07	----	0,001	634	0,69	2,01
50	101 971,6	0,13	0,24	----	0,001	720	0,71	2,01

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

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No.18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co

**F-26474-001 R0**

Pág. 6 de 6

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2,019$  y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

**TRAZABILIDAD****Instrumento de Referencia**

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

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

**CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO**

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

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

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

**OBSERVACIONES**

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- El cliente autoriza emitir el certificado de calibración y conoce que los puntos por debajo del 20% del limite superior no se obtuvieron de acuerdo a lo establecido en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Numeral 6.4.5. Los resultados en valores discretos de fuerza reportados fueron solicitados y aprobados por el cliente.
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-26474-001

Fin del Certificado

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

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



**Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.**

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-0648-2022

SERV-0888-2022

Pág. 1 de 3

**1 Cliente** : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**Dirección** : Av. Los Proceres Nro. 1000 Urb. Cercado - Chilca - Huancayo - Junin

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**2 Instrumento Calibrado** : Balanza  
**Clasificación** : No automática  
**Marca** : OHAUS  
**Modelo** : AX8201  
**Número de serie** : B725279758  
**Procedencia** : China  
**Identificación** : C3-B-001  
**Capacidad máxima** : 8 200 g  
**Capacidad mínima** : No indica  
**Div. de escala ( d )** : 0,1 g  
**Div. de verificación ( e )** : No indica  
**Clase de exactitud** : No indica  
**Tipo** : Electrónica  
**Ubicación** : Área de Laboratorio

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es valido únicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa y expresa de SAT.

SAT S.A.C., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma digital de los responsables de SAT carecen de validez.

**3 Fecha y lugar de calibración**  
**Fecha de calibración** : 2022-11-09  
**Lugar de calibración** : Instalaciones de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

**4 Método de calibración**  
 La calibración se efectuó por comparación según el procedimiento PC-011, 4ta Ed. , "PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO. CLASE I y CLASE II", del INDECOPI-SNM.

**5 Trazabilidad**  
 Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales y/o internacionales en concordancia con el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP) y/o Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).  
 Se utilizaron las siguientes pesas patrones con sus respectivos certificados de calibración:

Código	Clase de exactitud	Certificado de calibración
LM-PE2-01	E2	LM-C-176-2022 / INACAL-DM
LM-PF1-01	F1	PE22-C-1319 / KOSSOMET S.A.C.
LM-PF1-02	F1	PE22-C-1320 / KOSSOMET S.A.C.
LM-PF1-03	F1	PE22-C-1321 / KOSSOMET S.A.C.
LM-PF1-06	F1	LM-C-265-2022 / INACAL-DM
LM-PF1-07	F1	LM-C-103-2022 / INACAL-DM

**Fecha de emisión:** 2022-11-10



Firmado digitalmente por:  
 Jorge Raúl Quille Ramos  
 Fecha: 10/11/2022 16:33

**Jefe de Laboratorio de Masa (e)**



Firmado digitalmente por:  
 Ing. Yanet Maldonado Panes  
 Fecha: 10/11/2022 16:52

**Jefe de División de Metrología**



6 Resultados de medición

Inspección Visual

AJUSTE DE CERO	Tiene	ESCALA	No aplica
OSCILACIÓN LIBRE	No aplica	CURSOR	No aplica
PLATAFORMA	Tiene	NIVELACIÓN	Tiene
SISTEMA DE TRABA	No tiene		

Ensayo de Repetibilidad

TEMPERATURA (°C)	INICIAL	FINAL
	19,3	19,5

HUMEDAD RELATIVA (%hr)	INICIAL	FINAL
	44	44

Medición N°	CARGA L <sub>1</sub> (g) = 4 000,0		E (g)
	l (g)	ΔL (mg)	
1	4 000,0	90	-0,04
2	4 000,0	100	-0,05
3	4 000,0	100	-0,05
4	4 000,0	100	-0,05
5	3 999,9	10	-0,06
6	3 999,9	10	-0,06
7	3 999,9	10	-0,06
8	4 000,0	100	-0,05
9	4 000,0	100	-0,05
10	4 000,0	100	-0,05
Diferencia máxima (g)			0,02
± Error máximo permisible (g)			0,3

Medición N°	CARGA L <sub>2</sub> (g) = 8 000,0		E (g)
	l (g)	ΔL (mg)	
1	8 000,0	90	-0,04
2	7 999,9	30	-0,08
3	7 999,9	20	-0,07
4	8 000,0	90	-0,04
5	8 000,0	70	-0,02
6	8 000,0	80	-0,03
7	8 000,0	80	-0,03
8	7 999,9	20	-0,07
9	8 000,0	100	-0,05
10	8 000,0	50	0,00
Diferencia máxima (g)			0,08
± Error máximo permisible (g)			0,3

Ensayo de Excentricidad

POSICIÓN DE LAS CARGAS

TEMPERATURA (°C)	INICIAL	FINAL
	19,5	19,5



HUMEDAD RELATIVA (%hr)	INICIAL	FINAL
	44	43

POSICIÓN DE CARGA	DETERMINACION DE E <sub>0</sub>				DETERMINACION DEL ERROR CORREGIDO E <sub>c</sub>				
	CARGA EN CERO (g)	l (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (g)	CARGA L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	1,0	1,0	60	-0,01	2 700,0	2 700,0	80	-0,03	-0,02
2		1,0	60	-0,01		2 700,0	100	-0,05	-0,04
3		1,0	60	-0,01		2 699,9	10	-0,06	-0,05
4		1,0	70	-0,02		2 700,0	90	-0,04	-0,02
5		1,0	60	-0,01		2 700,0	60	-0,01	0,00
± Error máximo permisible (g)									0,3



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-0648-2022

Pág. 3 de 3

### Ensayo de Pesaje

TEMPERATURA (°C)	INICIAL	FINAL
	19,6	19,6

HUMEDAD RELATIVA (%hr)	INICIAL	FINAL
	43	42

CARGA L (g)	CRECIENTES					DECRECIENTES					± EMP (g)
	I (g)	ΔL (mg)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)			
E <sub>0</sub> 1,0	1,0	50	0,00	----	----	----	----	----	----	----	
5,0	5,0	60	-0,01	-0,01	5,0	50	0,00	0,00	0,00	0,1	
500,0	500,0	60	-0,01	-0,01	500,0	50	0,00	0,00	0,00	0,1	
1 000,0	1 000,0	60	-0,01	-0,01	1 000,0	50	0,00	0,00	0,00	0,2	
2 000,0	2 000,0	70	-0,02	-0,02	2 000,0	60	-0,01	-0,01	-0,01	0,2	
3 000,0	3 000,0	80	-0,03	-0,03	3 000,0	70	-0,02	-0,02	-0,02	0,3	
4 000,0	4 000,0	80	-0,03	-0,03	4 000,0	80	-0,03	-0,03	-0,03	0,3	
5 000,0	5 000,0	80	-0,03	-0,03	5 000,0	90	-0,04	-0,04	-0,04	0,3	
6 000,0	6 000,0	90	-0,04	-0,04	6 000,0	80	-0,03	-0,03	-0,03	0,3	
8 000,0	8 000,0	70	-0,02	-0,02	8 000,0	80	-0,03	-0,03	-0,03	0,3	
8 200,0	8 200,0	70	-0,02	-0,02	8 200,0	70	-0,02	-0,02	-0,02	0,3	

L: Carga puesta sobre la balanza.

E<sub>0</sub>: Error en cero.

EMP: Error máximo permisible.

I: Lectura de la balanza.

E: Error encontrado.

ΔL: Carga incrementada.

E<sub>c</sub>: Error corregido.

### Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

Incertidumbre Expandida (g)	$U_R = 2 \times \sqrt{2,93E-03 \text{ g}^2 + 2,77E-09 \times R^2}$
Lectura corregida (g)	$R_{\text{corregida}} = R + 6,50E-06 \times R$

R= Lectura de la balanza después de la calibración (g)

E-xx significa potencia de 10. Ejemplo E-04 = 10<sup>-4</sup>

La incertidumbre expandida reportada es la incertidumbre combinada multiplicada por el factor de cobertura k = 2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

### 7 Observaciones

- Se realizó una precarga usando la carga patrón de: 8 000 g para la cual la balanza indicó: 8 000,0 g
- No se realizó ningún ajuste a la balanza antes de la calibración.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color naranja con la indicación "CALIBRADO".
- La balanza es de rango simple.
- Para esta balanza los Errores Máximos Permisibles (EMP) y capacidad mínima, son correspondientes a los EMP para una balanza en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, división de verificación 0,1 g y capacidad mínima 5 g, según la norma NMP-003-2009.

----- FIN DEL DOCUMENTO -----



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-1121-2022

SERV - 0888 - 2022  
 Pág. 1 de 5

- 1. Cliente** : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
- Dirección** : Av. Los Proceros Nro. 1000 Urb. Cercado - Chilca - Huancayo - Junin
- 2. Equipo calibrado** : HORNO
- Marca : ELE INTERNATIONAL  
 Modelo : 88-0220/01  
 Número de serie : 88-0220-01-1002  
 Ventilación : Forzada  
 Procedencia : No indica  
 Identificación : C3-H-004  
 Ubicación : Área de Laboratorio

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es válido únicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa y expresa de SAT.

SAT S.A.C., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma digital del responsable de SAT carecen de validez.

Instrumento de medición del equipo:

Nombre	Tipo	Intervalo de indicación	Resolución
Termómetro de medición (*)	Digital	-200 °C a 1372 °C (**)	0,1 °C
Dispositivo de control	Analogico	25 °C a 250 °C	5 °C

- 3. Fecha y lugar de Calibración**
- Fecha de calibración : 2022-11-09  
 Lugar de calibración : Instalaciones de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

- 4. Método de Calibración**
- La calibración se efectuó por comparación directa según el procedimiento PC-018, 2da Ed., "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático", del INDECOPI-SNM.

- 5. Trazabilidad**
- Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Instrumento patrón	Certificado de calibración N°
Termómetro de código LT-TC-07 con 10 termopares tipo K (K07-13 al K07-22) con incertidumbre del orden de 0,15 °C a 0,17 °C.	LT-0528-2022 de SAT S.A.C.

- 6. Condiciones ambientales**
- Temperatura ambiental : Mínima : 18,7 °C Máxima : 19,6 °C  
 Humedad relativa : Mínima : 40 %hr Máxima : 46 %hr

- 7. Condiciones de Calibración**
- La calibración se realizó bajo condiciones normales de uso del equipo.

N°	Temperatura de trabajo (°C)	Posición del Controlador	Porcentaje de carga (%)	Tipo de carga /muestras
1	60 ± 5	(***)	100	2 recipientes metálicos conteniendo muestras.
2	110 ± 5	(***)	100	

Fecha de emisión: 2022-11-14



Firmado digitalmente por:  
 Ana Juana Yopez Mejia  
 Fecha: 14/11/2022 15:19

Jefe de Laboratorio de Temperatura y Humedad (e)



Firmado digitalmente por:  
 Ing. Yanet Maldonado Panes  
 Fecha: 14/11/2022 15:34

Jefe de División de Metrología



**Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.**

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014**



Certificado de Calibración N° LT-1121-2022  
Pág. 2 de 5

**8. Resultados de la Medición**

TEMPERATURA DE TRABAJO : 60 °C ± 5 °C

N°	Tiempo (min)	Term. del equipo T (°C)	NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR					Promedio "T prom"	"Tmax - Tmin"	
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
1	00	61,9	63,1	61,1	62,1	62,5	62,4	62,0	62,7	62,2	62,5	61,7	62,2	62,0	2,0
2	02	61,3	62,7	61,0	61,9	62,2	62,0	61,8	62,5	62,1	62,2	61,5	62,0	1,7	
3	04	62,2	63,0	61,1	62,2	62,5	62,4	61,9	62,8	62,2	62,6	61,7	62,3	1,9	
4	06	61,7	62,9	61,1	62,1	62,4	62,4	61,9	62,7	62,2	62,5	61,7	62,2	1,8	
5	08	62,2	62,8	61,1	62,1	62,3	62,3	61,7	62,6	62,1	62,3	61,5	62,1	1,7	
6	10	61,9	63,1	61,2	62,3	62,5	62,5	61,9	62,8	62,3	62,6	61,8	62,3	1,9	
7	12	61,3	62,8	61,1	62,0	62,2	62,2	61,8	62,5	62,1	62,3	61,5	62,1	1,7	
8	14	61,9	63,1	61,3	62,2	62,6	62,5	62,0	62,8	62,4	62,6	61,8	62,3	1,8	
9	16	61,4	62,8	61,1	62,1	62,3	62,3	61,9	62,6	62,2	62,3	61,6	62,1	1,7	
10	18	62,3	63,2	61,3	62,4	62,6	62,6	62,2	62,9	62,4	62,6	62,0	62,4	1,9	
11	20	61,6	62,9	61,2	62,3	62,4	62,5	62,0	62,7	62,3	62,5	61,9	62,3	1,7	
12	22	62,4	62,9	61,2	62,2	62,5	62,5	62,0	62,8	62,4	62,6	61,9	62,3	1,7	
13	24	62,1	63,2	61,4	62,4	62,7	62,7	62,2	63,0	62,4	62,7	62,1	62,5	1,8	
14	26	61,6	62,9	61,2	62,2	62,3	62,3	61,9	62,6	62,1	62,3	61,7	62,2	1,7	
15	28	62,2	63,2	61,4	62,5	62,8	62,8	62,3	63,0	62,4	62,7	62,0	62,5	1,8	
16	30	61,7	63,1	61,3	62,3	62,6	62,6	62,0	62,8	62,4	62,5	61,9	62,4	1,8	
17	32	62,5	63,0	61,2	62,4	62,7	62,7	62,1	62,7	62,4	62,6	61,9	62,4	1,8	
18	34	62,4	62,9	61,3	62,3	62,6	62,7	62,0	62,9	62,3	62,6	62,0	62,4	1,6	
19	36	62,1	63,2	61,2	62,5	62,8	62,8	62,2	63,0	62,5	62,7	62,2	62,5	2,0	
20	38	61,7	62,8	61,1	62,2	62,3	62,4	61,9	62,6	62,2	62,3	61,7	62,2	1,7	
21	40	62,2	63,2	61,4	62,6	62,8	62,8	62,3	63,0	62,5	62,7	62,1	62,6	1,8	
22	42	61,8	63,1	61,5	62,4	62,6	62,6	62,2	62,9	62,4	62,6	62,1	62,5	1,6	
23	44	62,4	63,0	61,3	62,3	62,4	62,5	62,0	62,8	62,4	62,5	61,9	62,3	1,7	
24	46	62,2	63,2	61,4	62,6	62,8	62,8	62,3	63,0	62,6	62,7	62,1	62,6	1,8	
25	48	61,6	62,8	61,2	62,4	62,6	62,6	62,0	62,7	62,4	62,5	62,0	62,3	1,6	
26	50	62,3	63,1	61,3	62,4	62,5	62,8	62,2	62,9	62,4	62,5	62,1	62,4	1,8	
27	52	62,0	63,2	61,4	62,6	62,8	62,9	62,3	63,0	62,5	62,8	62,2	62,6	1,8	
28	54	62,3	63,3	61,4	62,6	62,8	62,8	62,4	63,1	62,5	62,6	62,2	62,6	1,9	
29	56	61,5	62,9	61,2	62,3	62,3	62,4	62,0	62,6	62,3	62,3	61,9	62,2	1,7	
30	58	62,4	63,3	61,5	62,7	62,8	63,0	62,3	63,1	62,5	62,8	62,2	62,6	1,8	
31	60	62,5	63,0	61,3	62,4	62,6	62,6	62,0	62,7	62,4	62,5	62,0	62,4	1,7	
T.PROM		62,0	63,0	61,3	62,3	62,6	62,5	62,0	62,8	62,3	62,6	61,9	62,3		
T.MAX		62,5	63,3	61,5	62,7	62,8	63,0	62,4	63,1	62,6	62,8	62,2			
T.MIN		61,3	62,7	61,0	61,9	62,2	62,0	61,7	62,5	62,1	62,2	61,5			
DTT =(T.MAX-T.MIN)		1,2	0,6	0,5	0,8	0,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,6	0,7			

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima temperatura medida.	63,3	0,3
Mínima temperatura medida.	61,0	0,3
Desviación de la Temperatura en el Tiempo.	1,0	0,1
Desviación de la Temperatura en el Espacio.	1,7	0,2
Estabilidad Medida (±)	0,50	0,04
Uniformidad Medida	2,0	0,2



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014



Registro N° LC-014

Certificado de Calibración N° LT-1121-2022

Pág. 3 de 5

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110 °C ± 5 °C

N°	Tiempo (min)	Term. del equipo T (°C)	NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR					Promedio T <sub>prom</sub>	T <sub>max</sub> - T <sub>min</sub>
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10		
1	00	111,2	112,1	107,5	110,6	110,7	111,2	109,7	111,8	110,7	110,8	110,3	110,6	4,6
2	02	110,4	111,8	107,6	110,6	110,6	111,1	109,4	111,7	110,7	110,7	110,2	110,5	4,3
3	04	111,0	112,0	107,8	110,7	110,7	111,3	109,7	111,8	110,7	110,8	110,4	110,6	4,3
4	06	111,2	111,9	107,7	110,7	110,7	111,2	109,6	111,8	110,6	110,7	110,3	110,5	4,3
5	08	110,8	111,8	107,6	110,6	110,5	111,1	109,5	111,7	110,6	110,8	110,1	110,4	4,3
6	10	110,6	111,8	107,7	110,6	110,6	111,2	109,6	111,7	110,5	110,7	110,2	110,5	4,2
7	12	111,2	112,0	107,8	110,7	110,8	111,3	109,7	111,8	110,8	110,8	110,5	110,6	4,3
8	14	111,1	111,9	107,6	110,7	110,7	111,2	109,7	111,8	110,7	110,6	110,3	110,5	4,3
9	16	110,6	111,8	107,7	110,6	110,6	111,1	109,6	111,7	110,6	110,7	110,2	110,5	4,2
10	18	110,9	112,1	107,6	110,8	110,8	111,3	109,8	111,9	110,7	110,9	110,5	110,7	4,6
11	20	111,2	112,0	107,7	110,6	110,6	111,4	109,7	111,7	110,6	110,6	110,4	110,5	4,4
12	22	110,7	111,8	107,6	110,7	110,5	111,2	109,6	111,8	110,7	110,7	110,3	110,5	4,3
13	24	111,2	112,1	107,6	110,7	110,7	111,2	109,7	111,9	110,6	110,7	110,5	110,6	4,6
14	26	111,3	111,9	107,6	110,8	110,8	111,3	109,7	111,7	110,8	110,8	110,4	110,6	4,3
15	28	110,6	111,8	107,5	110,7	110,8	111,4	109,8	111,7	110,6	110,7	110,4	110,6	4,3
16	30	110,8	112,0	107,6	110,6	110,6	111,2	109,7	111,6	110,5	110,8	110,3	110,5	4,5
17	32	110,7	111,9	107,7	110,8	110,8	111,4	109,8	111,8	110,8	110,9	110,5	110,7	4,3
18	34	111,1	111,9	107,6	110,7	110,7	111,2	109,7	111,7	110,6	110,7	110,4	110,5	4,3
19	36	111,0	111,8	107,7	110,6	110,6	111,1	109,8	111,6	110,5	110,8	110,2	110,5	4,2
20	38	111,2	112,0	107,6	110,8	110,7	111,3	109,7	111,8	110,6	110,7	110,4	110,6	4,5
21	40	111,1	111,9	107,7	110,6	110,7	111,2	109,6	111,7	110,7	110,8	110,5	110,6	4,3
22	42	111,1	111,8	107,7	110,9	110,7	111,2	109,6	111,8	110,7	110,7	110,4	110,6	4,2
23	44	111,0	112,0	107,8	110,8	110,6	111,3	109,7	111,8	110,6	110,7	110,5	110,6	4,3
24	46	111,1	112,1	107,6	110,7	110,7	111,2	109,8	111,7	110,7	110,6	110,4	110,6	4,6
25	48	111,0	111,9	107,7	110,7	110,8	111,4	109,8	111,6	110,8	110,7	110,3	110,6	4,3
26	50	110,9	111,8	107,5	110,8	110,7	111,2	109,7	111,7	110,6	110,8	110,4	110,5	4,3
27	52	110,6	112,0	107,6	110,7	110,6	111,3	109,6	112,0	110,7	110,6	110,5	110,6	4,5
28	54	110,8	111,9	107,7	110,9	110,5	111,1	109,8	111,8	110,6	110,7	110,4	110,6	4,3
29	56	110,9	112,0	107,7	110,8	110,6	111,2	109,7	111,9	110,6	110,6	110,5	110,6	4,4
30	58	111,1	111,8	107,7	110,7	110,7	111,3	109,5	112,0	110,7	110,5	110,6	110,6	4,3
31	60	110,8	111,9	107,6	110,7	110,8	111,2	109,7	111,9	110,6	110,6	110,5	110,6	4,3
T.PROM		110,9	112,0	107,6	110,7	110,6	111,3	109,7	111,8	110,7	110,8	110,4	110,6	
T.MAX		111,3	112,1	107,8	110,9	110,8	111,4	109,8	112,0	110,8	110,9	110,9	110,6	
T.MIN		110,4	111,8	107,5	110,6	110,5	111,1	109,4	111,6	110,5	110,5	110,1		
DTT =(T.MAX-T.MIN)		0,9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima temperatura medida.	112,1	0,3
Mínima temperatura medida.	107,5	0,3
Desviación de la Temperatura en el Tiempo.	0,5	0,1
Desviación de la Temperatura en el Espacio.	4,4	0,2
Estabilidad Medida (±)	0,25	0,04
Uniformidad Medida	4,6	0,2



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014

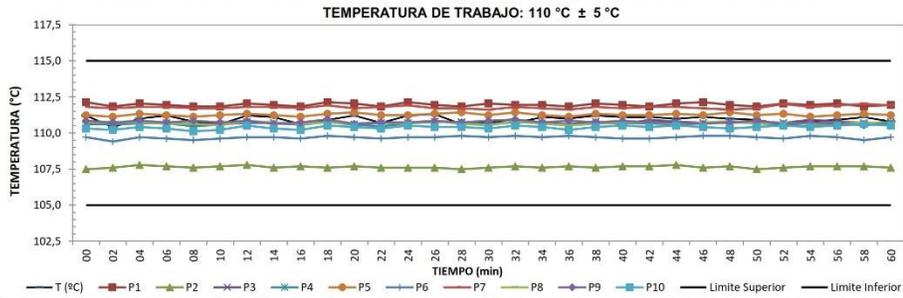
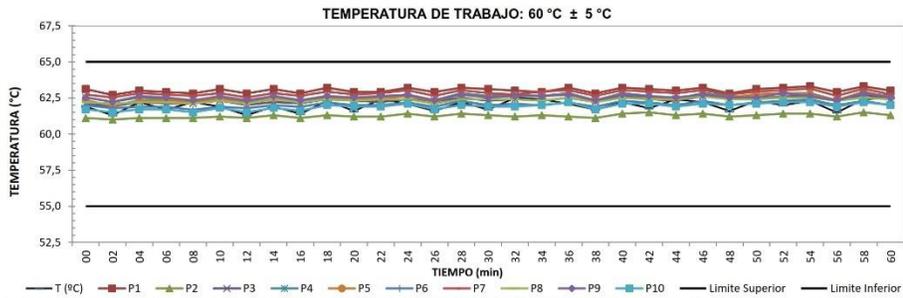


Certificado de Calibración N° LT-1121-2022  
Pág. 4 de 5

- <sup>1</sup> T. PROM promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T. prom promedio de las temperaturas en las 10 posiciones de medición para un instante dado.
- T. MAX Temperatura máxima
- T. MIN Temperatura mínima
- DTT Desviación de temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y mínima temperatura registradas en dicha posición.  
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
La Estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  máx. DTT.  
La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.  
Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo es:  $0,06 \text{ }^\circ\text{C}$   
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k = 2$ , de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

9. Gráfico: Temperatura en el interior del Equipo





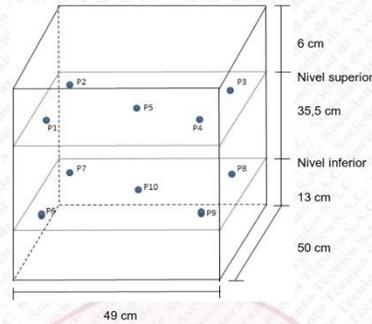
Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014



Certificado de Calibración N° LT-1121-2022  
Pág. 5 de 5

10. Gráfico: Distribución de los sensores en el equipo



- . Los sensores P5 y P10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- . Los sensores del P1 al P5 están ubicados a 14 cm por encima de la parrilla superior.
- . Los sensores del P6 al P10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
- . Los sensores del P1 al P4 y P6 al P9 están ubicados a 10 cm de las paredes laterales y a 7 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFIA DEL INTERIOR DEL EQUIPO CON LAS MUESTRAS



11. Observaciones:

- Se colocó una etiqueta de color naranja con la indicación CALIBRADO.
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La calibración se efectuó 3 horas después de haber encendido y cerrado el equipo.
- Además el equipo cuenta con operación del aire fresco: Completamente abierto.
- Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma CUMPLE con los límites especificados de temperatura indicados en el ítem 7.
- (\*) Código: C3-DLT-001.
- (\*\*) Dato obtenido del manual del fabricante.
- (\*\*\*) Se dejó marcada con una etiqueta.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo 6

Registro fotográfico

Fotografía 1 ensayo de peso unitario



Fotografía 2 ensayos granulométricos de los agregados



*Fotografía 3 elaboración de mezclas para los especímenes*



*Fotografía 4 elaboración de especímenes*



*Fotografía 5 desarrollo de ensayos físicos*



*Fotografía 6 pulverización del ladrillo*



*Fotografía 7 resina epóxica empleada en la investigación*



*Fotografía 8 curado de especímenes del concreto*

