# UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

# “EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DE RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019”

## TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA**

## Para optar el Título Profesional de:

## INGENIERO AMBIENTAL

## ILO – PERU

## 2023

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Folio Nº 035

# ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 025-2023-FACIA-UNAM

Fecha: 30 MARZO 2023

III. El jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:

"EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO DE ILO, 2019"

Bachiller: MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA

Asesor Principal: M.Sc. JUAN LUIS CCAMAPOZA AGUILAR

Co-Asesor: Dra. BERTHA SILVANA YERO BARRIOS

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: QUINCE (15) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 15:45 horas, del 03 de ABRIL del año 2023 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Dr. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE.
Presidente

Dr. Alejandro Manuel Ecos Espino
Primer Miembro

MSc Faustino Flavio Ríos Zapana
Segundo Miembro

MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
Bachiller

**Dedicatoria**

*A mi familia; por el apoyo incondicional brindado, de quienes aprendí que el trabajo en equipo permite obtener mejores resultados.*

*Los admiro.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque por a pesar de las circunstancias, permitió que mantuviera el ímpetu y entusiasmo por hacer las cosas que me agradan y sobretodo aprender a valorar el presente.

A la Universidad Nacional de Moquegua, mi casa superior de estudios que me brindó los conocimientos y oportunidades para poder desarrollarme profesionalmente a través de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

A M.Sc Juan Ccamapaza Aguilar y a Dra. Silvana Vera Barrios, quienes me acompañaron en mi formación profesional, la formulación y asesoría en la presente investigación.

A mis amistades: Carla, Nathalie, Víctor y Erika; quienes me acompañaron y me dieron su voz de aliento durante pandemia, rescato y valoro mucho su amistad; a Sara, Noemi y Candy, quienes me permitieron entender diferentes puntos de vista; a Leonel y Judith quienes fueron mis compañeros de trabajo y compartimos anécdotas que las mantendré con grato recuerdo; a todos ellos que permitieron que siga confiando en las metas que voy cumpliendo y que continuaré obteniendo.

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar el comportamiento de la combinación de zeolita y agregado grueso reciclado de residuos de concreto, para ello y como parte de la metología se realizaron los ensayos preliminares en los agregados (reciclado y naturales) de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037) así como para la zeolita; posteriormente se realizaron las mezclas con la adición de 5% y 10% de zeolita con 30% y 50% de agregado reciclado; distribuidos en 4 tratamientos, con su respectivo grupo control y 3 repeticiones, posteriomente, se realizó el ensayo de resistencia de compresión a los 1, 3, 7 y 28 días en los adoquines obtenidos de acuerdo a la NTP 399.611; que establece una resistencia de 320 kgf/cm$^2$ para el adoquin tipo I destinado para pavimentos de uso peatonal. Los resultados indicaron que la adición de 50% de agregado reciclado y 5% de zeolita (Tratamiento 3) presentó una mejor resistencia a la compresión media a los 28 días (442 kgf/cm$^2$) respecto a los otros tratamientos: $T_2$ :401 kgf/cm$^2$, $T_1$:383 kgf/cm$^2$, $T_4$: 337 kgf/cm$^2$ y grupo control: 333 kgf/cm$^2$. Respecto a las propiedades físicas para el Tratamiento 3 tales como: masa, ancho y alto son significativas ($p<0.05$) es decir, son influyentes en los niveles de compresión; por lo que se concluye y se acepta la $H_1$ de la investigación donde la combinación entre la zeolita y el agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore adquiere un adoquín Tipo I con propiedades diferentes a los convencionales. Asimismo la investigación también estuvo orientada a insertar este tipo de residuos de construcción como materia prima, de manera que favorezca tal como lo indica en el D.S. Nº 022-2022-VIVIENDA: Gestión y Manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición, que tiene por objeto regular su gestión a través de la priorización en la minimización y valorización; asegurar la adecuada disposición de aquellos que no son aprovechables; y contribuir a la calidad ambiental urbana y rural, así como a la sostenibilidad y la transición hacia una economía circular del sector de la construcción.



**Palabras Clave:** Residuos de construcción y demolición, agregado reciclado, adoquín, zeolita, resistencia a la compresión.

## ABSTRACT

The present research, had as main objective to evaluate the behavior of the combination of zeolite and recycled coarse aggregate from concrete waste, for this and as part of the methodology, preliminary tests were performed on the aggregates (recycled and natural) according to what is established in the Peruvian Technical Standard (NTP 400. 037) as well as for the zeolite; subsequently, mixtures were made with the addition of 5% and 10% of zeolite with 30% and 50% of recycled aggregate; distributed in 4 treatments, with their respective control group and 3 repetitions. Subsequently, the compressive strength test was performed at 1, 3, 7 and 28 days on the pavers obtained according to NTP 399.611; which establishes a strength of 320 kgf/cm$^2$ for type I pavers for pedestrian use. The results indicated that the addition of 50% recycled aggregate and 5% zeolite (Treatment 3) presented a better average compressive strength at 28 days (442 kgf/cm$^2$) compared to the other treatments: $T_2$ :401 kgf/cm$^2$, $T_1$:383 kgf/cm$^2$, $T_4$: 337 kgf/cm$^2$ and control group: 333 kgf/cm$^2$.Regarding the physical properties for Treatment 3 such as: mass, width and height are significant ($p<0.05$), that is to say, they are influential in the compression levels; therefore, it is concluded and accepted the $H_1$ of the research where the combination between zeolite and the recycled aggregate of concrete waste obtained from the marginal strip of the Osmore river acquires a Type I paver with properties different from the conventional ones. The purpose of the research was also aimed at inserting this type of construction waste as raw material, so that it favors as indicated in the D.S.N° 022-2022-VIVIENDA: Management and Handling of solid waste from construction and demolition, which aims to regulate its management through the prioritization in minimization and recovery; ensure the proper disposal of those that are not usable; and contribute to urban and rural environmental quality, as well as sustainability and the transition to a circular economy of the construction sector.



**Keywords:** Construction and demolition waste, recycled aggregate, pavers, zeolite, compressive strength.

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| ASTM | American Society for Testing and Materials - Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales |
| NTP | Norma Técnica Peruana |
| INDECOPI | Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual |
| INACAL | Instituto Nacional de Calidad |
| MINAM | Ministerio del Ambiente |
| MVCS | Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento |
| ANA | Autoridad Nacional del Agua |
| RCD | Residuos de construcción y demolición |
| ppm | partes por millón |
| C.E. | Conductividad Eléctrica |
| $gf/cm^2$ | gramos fuerza por centímetro cuadrado |
| $Fe_2O_3$ | Óxido de hierro (III) |
| $Al_2O_3$ | Óxido de aluminio |
| $SiO_2$ | Óxido de Silicio |

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN ..... III

INTRODUCCIÓN ..... 13

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 14
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA ..... 14
1.2 OBJETIVOS ..... 16
1.2.1 Objetivo General ..... 16
1.2.2 Objetivos Específicos ..... 16
1.3 JUSTIFICACIÓN ..... 16
1.4 HIPOTESIS ..... 18
1.2.3 Hipótesis general ..... 18
1.2.4 Hipótesis específicas ..... 18
1.5 VARIABLES ..... 19
1.5.1 Variable Independiente ..... 19
1.5.2 Variable Dependiente ..... 19

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO ..... 20
2.1 ANTECEDENTES ..... 20
2.1.1 Internacionales ..... 20
2.1.2 Nacionales ..... 24
2.1.3 Locales ..... 26
2.2 BASES TEÓRICAS ..... 26
2.2.1 Zeolita ..... 26
2.2.2 Agregado ..... 27
2.2.3 Agregado reciclado ..... 29
2.2.4 Residuos sólidos de la construcción y demolición ..... 29
2.2.5 Construcción sostenible ..... 29
2.2.6 Faja marginal ..... 30
2.2.7 Adoquín de concreto ..... 30
2.2.8 Resistencia a la compresión ..... 32
2.2.9 Granulometría ..... 32
2.2.10 Peso específico ..... 33
2.2.11 Absorción ..... 33

2.2.12 Porosidad ..... 33
2.2.13 Contenido de humedad ..... 34
2.2.14 Peso unitario ..... 34
2.2.15 Contenido de cloruros ..... 35
2.2.16 Contenido de sulfatos ..... 35
2.2.17 Materia orgánica ..... 36
2.2.18 Reactividad álcali sílice ..... 36
2.2.19 Cemento portland ..... 37
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS ..... 39
2.4 MARCO NORMATIVO ..... 41
2.4.1 Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos ..... 41
2.4.2 Decreto Legislativo N° 1278 ..... 41
2.4.3 Decreto Supremo N° 014 – 2017 –MINAM ..... 41
2.4.4 Decreto Supremo Nº 022 – 2022 – VIVIENDA ..... 42
2.4.5 Norma Técnica Peruana NTP 400.050 ..... 42
2.4.6 Norma Técnica Peruana NTP 400.053 ..... 43
2.4.7 Norma Técnica Peruana NTP 399.611 ..... 44
2.4.8 Norma Técnica Peruana NTP 400.037 ..... 45
2.4.9 Norma Técnica Peruana NTP 400.012 ..... 45
2.4.10 Norma ASTM C618-12a ..... 45
2.4.11 Resolución Directoral N° 1017-2016-ANA/AAA I C-O ..... 45

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA ..... 46
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN ..... 46
3.2 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL ..... 46
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 47
3.4 INSTRUMENTOS ..... 48
3.4.1 Equipos ..... 48
3.4.2 Materiales ..... 48
3.5 PROCEDIMIENTO ..... 50
3.5.1. Procedimiento de O.E.1: Propiedades físicas y químicas de agregados y zeolita 51
3.5.2. Procedimiento de O.E.2: Efecto de la resistencia a la compresión de 4 combinaciones ..... 54
3.5.3. Procedimiento de O.E.3: Efecto de 4 combinaciones en las propiedades físicas del Adoquín Tipo I ..... 55
3.6 ANÁLISIS DE DATOS ..... 56

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 57
3.7 RESULTADOS ..... 57
3.7.1 Resultados de O.E.1: Propiedades físicas y químicas de agregados y zeolita ..... 57
3.7.2 Resultados de O.E.2: Efecto de la resistencia a la compresión de 4 combinaciones ..... 67
3.7.3 Resultados de O.E.3: Efecto de 4 combinaciones en las propiedades físicas del Adoquin Tipo I ..... 73
3.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 77
3.8.1 Propiedades físicas y químicas de agregados y zeolita ..... 77
3.8.2 Efecto de la resistencia a la compresión de 4 combinaciones ..... 80
3.8.3 Efecto de 4 combinaciones en propiedades físicas del Adoquín Tipo I ..... 81

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES ..... 82

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES ..... 83

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 84

CAPÍTULO VIII: ANEXOS ..... 90
ANEXO 1: Galería Fotográfica ..... 90
ANEXO 2: Matriz de Consistencia ..... 100
ANEXO 3: Plano de ubicación del proyecto de investigación ..... 103
ANEXO 4: Resultados de ensayos realizados ..... 105

## ÍNDICE DE FIGURAS

**1** Faja Marginal del río .....30

**2** Dinámica del agua efectiva en agregado natural y reciclado .....34

**3** Flujograma del procedimiento realizado.....50

**4** Dimensiones de Adoquín tipo I .....55

**5** Curva granulométrica del agregado fino .....60

**6** Curva granulométrica del agregado grueso .....62

**7** Curva granulométrica del agregado grueso reciclado .....63

**8** Composición química de agregados .....65

**9** Composición química de zeolita Clinoptilolita.....66

**10** Resistencias a la compresión por tratamiento en IC95%.....69

**11** Interacción de resistencias a la compresión entre tratamiento y edad. .....72

**12** Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión.....73

## ÍNDICE DE TABLAS

**1** Operacionalización de las variables independientes .....19

**2** Operacionalización de variable dependiente .....19

**3** Composición química de las muestras por fluorescencia de Rayos X .....27

**4** Clasificación de los agregados .....27

**5** Granulometría de agregado fino .....28

**6** Granulometría de agregado grueso .....29

**7** Clasificación de Adoquines de concreto.....31

**8** Espesor nominal y resistencia a la compresión.....32

**9** Clasificación y opciones de manejo de los RCD .....43

**10** Granulado de concreto en función del uso previsto.....44

**11** Actividades desarrolladas en la investigación .....47

**12** Puntos de muestreo de residuos de construcción .....48

**13** Instrumentos utilizados durante la investigación .....49

**14** Ensayos realizados a los agregados y zeolita .....52

**15** Materiales de construcción requeridos.....53

**16** Diseño de mezcla empleado.....54

**17** Adoquines elaborados durante la investigación .....55

**18** Tabla ANOVA de dos factores.....56

**19** Propiedades físicas del agregado fino .....58

**20** Granulometría del agregado fino .....59

**21** Propiedades físicas del agregado grueso (natural y reciclado).....61

**22** Granulometría del agregado grueso .....61

**23** Granulometría del agregado grueso reciclado .....63

**24** Propiedades químicas de 3 tipos de agregados.....64

**25** Composición química de agregados .....65

**26** Composición química de zeolita Clinoptilolita.....66

**27** Parámetros de zeolita.....67

**28** Características descriptivas de fuerza de compresión por tratamiento .....68

**29** ANOVA de resistencias a la compresión entre tratamiento y edad.....70

**30** Comparación posthoc (Tukey) de fuerzas de compresión entre tratamientos.....71

**31** Comparación posthoc de fuerzas de compresión ($kgf/cm^2$) entre edades .....71

**32** Características descriptivas de propiedades físicas del adoquín.....74

**33** Análisis de regresión múltiple, tratamiento 1 .....74

**34** Análisis de regresión múltiple, tratamiento 2 .....75

**35** Análisis de regresión múltiple, tratamiento 3 .....75

**36** Análisis de regresión múltiple, tratamiento 4 .....76

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

**1** Identificación de residuos de construcción depositados, Punto N°1 .....90

**2** Identificación de residuos de construcción depositados, Punto N°3 .....90

**3 y 4** Recolección de residuos de construcción, Punto N°2 .....91

**5** Recolección de residuos de construcción, Punto N°4 .....91

**6 y 7** Trituradora de mandíbulas BB 50 y Molino planetario PM 100 .....92

**8** Multiparámetro de mesa .....92

**9** Empleo de Trituradora de mandíbulas BB 50 para el agregado reciclado .....93

**10** Empleo de Molino planetario PM 100 para molienda de zeolita .....93

**11** Tamices de 1/2, 3/8 y N°04 utilizados para el agregado reciclado .....94

**12 y 13** Obtención de agregado reciclado y zeolita .....94

**14 y 15** Recolección de agregados naturales (grueso y fino) .....95

**16** Elaboración de la mezcla: Agregados, cemento, zeolita y agua (batea mezcladora) .....95

**17** Producción de adoquines en máquina semiautomática .....96

**18** Adoquines obtenidos de la muestra patrón .....96

**19** Adoquines obtenidos del Tratamiento 1 (30% de agregado reciclado, 5% de zeolita) .....97

**20** Adoquines obtenidos del Tratamiento 2 (30% de agregado reciclado, 10% de zeolita) .....97

**21** Adoquines obtenidos del Tratamiento 3 (50% de agregado reciclado, 5% de zeolita) .....98

**22** Adoquines obtenidos del Tratamiento 4 (50% de agregado reciclado, 10% de zeolita) .....98

**23** Montaje empleado para el Ensayo de Resistencia a la Compresión .....99

**24 y 25** Ensayo de resistencia a la compresión en los adoquines .....99

# INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas ambientales causados por el sector de la construcción son los grandes volúmenes de residuos de construcción y demolición (RC&D) que se generan debido al incremento constante de obras asociadas a este sector. (Ceballos et al., 2021)

A nivel nacional, la construcción es uno de los sectores más importantes y con mayor demanda del país relacionado con el desarrollo socioeconómico, crecimiento población y ordenamiento territorial, no solo porque congrega a los megaproyectos de infraestructura, los cuales dinamizan la economía mediante el aumento de la inversión, sino también por su relación con las demás industrias, a través de la demanda de insumos y materiales de construcción. (PUCP, 2017)

La industria del cemento es responsable de entre el 5% y el 9% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI). La tendencia creciente de las emisiones de GEI del sector del cemento destaca la importancia de la mitigación de GEI en esta industria. (Talaei et al., 2019), por otro lado, en la elaboración de adoquines se emplean el concreto convencional y agregados naturales, lo que implica mantener una economía lineal, requiriendo grandes cantidades de materiales y consumo de energía que involucra la utlización desmedida de los recursos naturales.

De acuerdo en el D.S. Nº 022-2022-VIVIENDA: Gestión y Manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición, tiene por objeto regular su gestión a través de la priorización en la minimización y valorización; asegurar la adecuada disposición de aquellos que no son aprovechables; y contribuir a la calidad ambiental urbana y rural, así como a la sostenibilidad y la transición hacia una economía circular del sector de la construcción.

En ese sentido, la presente investigación evaluó el efecto de la combinación entre la zeolita y el agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore en la elaboración del Adoquín tipo I.

La investigación, se distribuyó en 4 capítulos: Capítulo I: Planteamiento del problema, Capítulo II: Marco teórico, Capítulo III: Metodología, Capítulo IV: Resultados y discusión, Capítulo V: Conclusiones, Capítulo VI: Recomendaciones, Capítulo VII: Referencias bibliográficas y Capítulo VIII: Anexos.

# CAPÍTULO I:

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El impacto ambiental ocasionado en las actividades de construcción, se produce desde la fabricación de los materiales hasta la gestión de los residuos generados en su demolición. La fabricación de hormigón implica un importante consumo de recursos naturales y un aporte de residuos que debe ser eliminado o minimizado (Raggiotti et al., 2015). La construcción sostenible pretende controlar todas estas acciones de manera que se disminuya o elimine dichos impactos producidos (Vicente, 2007). Asimismo la acumulación gradual de los residuos en espacios públicos genera un impacto visual sobre el paisaje geográfico, y estos al estar acumulados son fuente de generación de vectores.

Los residuos sólidos de la construcción y demolición son aquellos generados durante el proceso de construcción de edificaciones e infraestructura, el cual comprende las obras nuevas, ampliación, remodelación, rehabilitación, cercado, obras menores, acondicionamiento o refacción u otros (Ministerio del Ambiente, 2016). De acuerdo al estudio realizado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2015), el volumen total de residuos de construcción y demolición en el Perú alcanzó a 3’449 052$m^3$ ; los mismos que se encuentran depositados en 5 805 lugares y cuyas regiones que mostraron mayor cantidad de estos residuos fueron 5: Ancash (1 600 439 $m^3$), Ica (592 197$m^3$), Moquegua (302 729$m^3$), Pasco (198 632$m^3$) y La Libertad (138 380$m^3$). Asimismo el OEFA (2023) a través del Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos manifiesta que existe 1342 Áreas degradadas por residuos sólidos no municipales de la construcción y demolición.

En consecuencia, en la provincia de Ilo, se ha identificado la disposición inadecuada de residuos sólidos de construcción en áreas cercanas al río Osmore y en espacios de recreación como son las playas e ingreso a la ciudad, cuya composición está dado principalmente por desmonte y residuos de concreto que ocasiona un impacto ambiental sobre los ecosistemas y el paisaje urbano – rural.

De acuerdo con el contexto presentado, el presente proyecto tiene por finalidad emplear los residuos de construcción (concreto) como agregado grueso, los mismos que han sido hallados y extraídos de la faja marginal del río Osmore, que han ido acumulándose progresivamente en áreas destinadas para el crecimiento natural de la vegetación, asimismo se ha incorporado la zeolita natural en el diseño de mezclas, cuyo mineral posee propiedades puzolánicas a fin de mejorar la calidad del adoquines para pavimentos de uso peatonal (Tipo I), y a su vez hacer posible el resguardo del valor recreativo y turístico del río Osmore.

Es por ello que se formuló las siguientes interrogantes:

¿Cuál es el efecto, producto de la combinación de zeolita y agregado reciclado de residuo de concreto, obtenido de la faja marginal del río Osmore para la elaboración de Adoquín tipo I?

¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la zeolita y agregado reciclado de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore?

¿Cuál es el efecto en la resistencia a la compresión del Adoquín Tipo I al combinar diferentes proporciones de agregado grueso reciclado y zeolita?

¿Cuál es el efecto en las propiedades físicas del Adoquín Tipo al combinar diferentes proporciones de agregado grueso reciclado y zeolita?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo General

Determinar el efecto de la combinación de zeolita y agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore para la elaboración del Adoquín tipo I, a fin de mitigar la alteración del valor paisajístico del ecosistema.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Analizar las propiedades físicas (Porcentaje de absorción, contenido de humedad, peso específico, análisis granulométrico, peso unitario suelto y varillado) y químicas (composición de óxidos, materia orgánica, sulfatos, cloruros, conductividad eléctrica, pH, dureza y porosidad) para los agregados y zeolita.

Evaluar el efecto de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita en la resistencia a la compresión del Adoquín Tipo I.

Evaluar el efecto de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita en las propiedades físicas (dimensiones y masa) del Adoquín Tipo I.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

El reaprovechamiento de residuos sólidos de la construcción y demolición permite reducir el impacto que generan al ser depositados en lugares no autorizados, así también amplía el tiempo de vida útil en las infraestructuras destinadas para tal fin (rellenos sanitarios y/o escombreras), ya que a nivel nacional existen 65 rellenos sanitarios (Ministerio del Ambiente, 2021). Uno de los mayores retos es convertir los residuos en materias primas secundarias que, a su vez, contribuyan a utilizar menos recursos naturales (CONAMA, 2018).

Emplear los residuos de construcción y demolición para obtener agregados reciclados y producir nuevos productos tales como adoquines, resulta una alternativa sostenible, ya que permite reducir la utilización de los agregados naturales e insertar estos residuos en la cadena productiva; ello está en marco de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que fueron propuestos por la

Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 2015 para sumar esfuerzos trasnacionales al cuidado del medio ambiente, entre ellos el ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles y el ODS 12: Producción y consumo responsable, donde incorpora la eficiencia en el uso y gestión de los recursos naturales, así como la gestión de residuos a través de las actividades de prevención, reducción, reutilización y reciclaje de los mismos, generando el cambio de un modelo lineal a circular (ONU, 2018).

El rubro de la construcción es muy dinámico y existe una gran demanda de alta tecnología y materiales energéticamente eficientes. La zeolita natural es una materia prima que ofrece grandes oportunidades para el desarrollo de futuros materiales de construcción (ZeoCat, 2008).

El uso de la zeolita natural como aditivo activo que contiene $SiO_2$ y $Al_2O_3$ reactivos en su composición, contribuyendo a la resistencia del hormigón a través de la reacción puzolánica al $Ca(OH)_2$ por lo que la reactividad puzolánica de este material es sumamente interesante en el estudio de hormigones sostenibles; considerándose ecológicos porque al sustituir parte del cemento, se reducen las emisiones de $CO_2$ y además constituyen un reservorio de muchos otros materiales de desecho industrial. La clinoptilolita es el tipo de zeolita natural más estudiado y se considera que es el más útil debido a su actividad puzolánica en las mezclas de cemento en todo el mundo (Raggiotti et al., 2018). Este mineral en presencia de agua, tiene propiedades puzolánicas, reacciona con el hidróxido de calcio para formar un producto que tiene propiedades aglutinantes (Małolepszy & Grabowska, 2015).

Uno de los impactos de la disposición inadecuada de los residuos de construcción y demolición es que, al encontrarse cerca a zonas urbanas y rurales, son fuente de focos infecciosos, pudiendo ocasionar enfermedades transmitidos por vectores; por otro lado, su reciclaje, desde un aspecto económico y empresarial puede ser fuente de empleabilidad, como se ha visto con empresas nacionales: CICLO y Cajas Ecológicas; quienes ofrecen agregados reciclados, adoquines de concreto y otros productos obtenidos a partir del reciclaje.

## 1.4 HIPOTESIS

### 1.2.3 Hipótesis general

La combinación de zeolita y agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore adquiere un adoquín Tipo I con mejores propiedades a los convencionales.

**Hipótesis nula**

**$H_0$:** La combinación entre la zeolita y el agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore adquiere un adoquín Tipo I con propiedades similares a los convencionales.

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

**Hipótesis Alterna**

**$H_1$:** La combinación entre la zeolita y el agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore adquiere un adoquín Tipo I con propiedades diferentes a los convencionales.

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

### 1.2.4 Hipótesis específicas

Las propiedades físicas y químicas (Porcentaje de absorción, contenido de humedad, peso específico, análisis granulométrico, peso unitario suelto y varillado) y químicas (composición de óxidos, materia orgánica, sulfatos, cloruros, conductividad eléctrica, pH, dureza y porosidad) para los agregados y zeolita, cumplen con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana.

El Adoquín Tipo I obtenido de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita presenta mejor resistencia a la compresión (propiedad mecánica) que el adoquín convencional.

El Adoquín Tipo I obtenido de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita presenta mejores propiedades físicas (dimensiones y masa) que el adoquín convencional.

## 1.5 VARIABLES

### 1.5.1 Variable Independiente

**Tabla 1**

*Operacionalización de las variables independientes*

| Item | Variable | Dimensión | Indicadores | Unidad de medida |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Agregado reciclado de residuos de concreto | Propiedades físicas | Absorción | % |
| | | | Humedad | % |
| | | | Peso específico | $gf/cm^3$ |
| | | | Granulometría | mm |
| | | | Peso unitario suelto | $gf/cm^3$ |
| | | | Peso unitario varillado | $gf/cm^3$ |
| | | Propiedades químicas | Composición de óxidos | % |
| | | | Materia Orgánica | % |
| | | | Sulfatos y Cloruros | ppm |
| | | | pH | Adimensional |
| | | Elaboración del diseño de mezclas de concreto | Proporciones de agregado reciclado y zeolita | % |
| 2 | Zeolita | Composición química | $Al_2O_3$, $SiO_2$, CaO, $Fe_2O_3$, $ClO_2$ | % |
| | | Propiedades físicas | Dureza | Escala Mohs |
| | | | Superficie Específica BET - Porosidad | $m^2/g$ |

### 1.5.2 Variable Dependiente

**Tabla 2**

*Operacionalización de variable dependiente*

| Variable | Dimensión | Indicadores | Unidad de medida |
|---|---|---|---|
| Adoquín Tipo I | Propiedad mecánica | Resistencia a la compresión | $kg/cm^2$ |
| | Propiedades físicas | Dimensiones | cm |
| | | Peso | kg |

# CAPÍTULO II:

# MARCO TEÓRICO

## 2.1 ANTECEDENTES

### 2.1.1 Internacionales

Ceballos et al., (2021) en su investigación *"Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines",* concluyen que:

1. Los agregados reciclados obtenidos a partir de escombros (morteros, ladrillos y concretos) alcanzan un diámetro de 3/8", los mismos que cuentan con las características apropiadas para la fabricación de adoquines.
2. Los resultados obtenidos de los ensayos de: Absorción de agua, densidad y resistencia a la flexotracción fueron de: 3.52%, 1608.21 kg/m$^3$ y 5.4 MPa (28 días) respectivamente, cuyos valores fueron superiores a los establecidos por la norma técnica colombiana (NTC 2017), donde establece que el porcentaje de absorción presente en los adoquines no debe ser superior a 7% y los valores de flexotracción a los 28 días deben alcanzar valores de 4.2 MPa; cuyas aplicaciones son en caminos peatonales de jardines.

Beja et al. (2020) en su estudio *"Aplicación de agregados reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición con cemento Portland y cal hidratada como subbase de pavimento en Brasil",* mostraron que:

1. Tras la evaluación a los 6, 12 y 18 meses de tres pistas de prueba construidas con agregado reciclado de residuos de construcción y demolición como material de subbase constituido por: agregado reciclado, 3% de cemento Portland y 3% de cal hidratada; el agregado reciclado no presentó dilatación sin embargo presentó valores altos de Coeficiente de Carga Californiana (CBR) y estuvo dentro de los límites aceptables para la aplicación como subbase de pavimento en Brasil. Las mezclas con 3% de cemento Portland y 3% de cal hidratada presentaron valores por encima de los valores de resistencia a la compresión.
2. La rigidez del agregado reciclado aumentó con el tiempo, probablemente debido a la reacción puzolánica causada por la combinación de agua y cemento no hidratado de los agregados de mortero o concreto, o partículas finas de ladrillos y tejas cerámicas, durante el proceso de compactación. Por lo tanto, el uso de alta energía de compactación es crucial para la rotura y el enclavamiento de los agregados.

Kaboosi et al., (2020), en su investigación *"Investigación del uso de aguas grises y zeolita en diferentes contenidos de cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto y sus interacciones"*, resaltaron que:

1. La zeolita empleada obtuvo la sumatoria de 80.20% ($SiO_2$: 69.28%, $Al_2O_3$: 0.49% y $Fe_2O_3$: 10.43%) y basado en la ASTM C618, la actividad puzolánica mínima es igual a la suma de $SiO_2$, $Al_2O_3$ y $Fe_2O_3$ debe ser del 70% para las puzolanas naturales crudas y calcinadas de clase N.
2. Los resultados mostraron que a pesar de la alta contaminación del agua no convencional en términos de $DBO_5$ y TSS en comparación con los estándares del agua del grifo y del agua de mezcla, la resistencia a la compresión del concreto fabricado y curado con estas aguas no convencionales aumentó significativamente, demostrando que no todos los contaminantes del agua tienen un efecto destructivo sobre la resistencia a la compresión, y algunos de ellos pueden ser inofensivos e incluso pueden mejorar las propiedades del concreto.

Raggiotti et al., (2018), en su investigación *"Zeolita, estudio de la aptitud como puzolana natural aplicada al hormigón estructural"*, concluyeron:

1. De acuerdo a la caracterización fisicoquímica del material puzolánico, este corresponde a una mezcla de zeolita clinoptilolita- heulanditas (51%), yeso (13%), plagioclasa (17%), biotita (10%) y cuarzo (9%), en cuanto a su composición semicuantitativa estuvo compuesta por $SiO_2$ (59.8%), $Al_2O_3$ (14.3%), $Fe_2O_3$ (1%),CaO (5.50%), $K_2O$ (1.36%) y otros; este material tiene potencial de actividad puzolánica y se empleó como reemplazo del cemento portland en hormigones estructurales en diferentes proporciones: 5%, 10%, 15% y 20%; además la zeolita presentó una superficie específica BET de 11$m^2$/g.
2. Los ensayos químicos indicaron no poseer sustancias nocivas o perjudiciales que puedan afectar al hormigón. El árido fino tiene una densidad de 2.66 g/$cm^3$, una absorción de 0,86% y un módulo de finura de 3.51. El árido grueso tiene un tamaño máximo de 19 mm, una densidad de 2.73 g/$cm^3$ y una absorción de 1.15%.
3. Se evidenció mejores propiedades del concreto sustituyendo el 20% de Cemento Portland Ordinario (OPC) por zeolita, lo que implica un menor uso de cemento; ya que en los hormigones con Cemento Portland Compuesto (CPC) presentó mejores resultados al incorporar 5% y 10% de zeolita, dado a que ete tiene otras adiciones en su composición.

Montero & Laserna (2017), en su estudio *"Influencia del agua de mezcla en el concreto reciclado"*, concluyeron que:

> Durante los primeros 15 minutos, los agregados reciclados absorben hasta el 90% del agua requerida para alcanzar la saturación completa y que el 10% restante se absorbe lentamente hasta alcanzar las 24 horas. Un aumento del agua total en el concreto reciclado influye en la reducción de la resistencia. Se sustituyeron dos tamaños gruesos de los agregados convencionales (4 a 10 mm y de 10 a 20 mm); los valores de humedad para los agregados naturales gruesos oscilan entre 0 y 0.5%, para los reciclados se encuentran entre 0.5 a 3.5%; mientras que los valores de absorción de agua varían entre 3.81 a 4.96%.

Los agregados reciclados resultan ser más porosos que un agregado natural, debido al mortero adherido a estos; lo cual influye directamente en la absorción de agua, en su densidad (2.47 g/cm$^3$) y su resistencia (41.3 MPa).

Özalp et al.(2016), en su investigación *"Efectos de los agregados reciclados de desechos de construcción y demolición en las propiedades mecánicas y de permeabilidad de los adoquines, bordillos y tuberías de concreto"*, concluyeron lo siguiente:

1. Los agregados reciclados obtenidos a partir de bloques de concreto fueron finos (0 a 5 mm) y gruesos (5 mm a 12 mm y 12 mm a 22 mm). El adoquín se elaboró con un reemplazo del 40% de agregado reciclado.
2. Los valores de los pesos unitarios varillados y sueltos de los agregados reciclados son más bajos (1278 kg/m$^3$) que los agregados naturales (1564 kg/m$^3$), debido al mortero de cemento poroso que se adhiere a los agregados reciclados, por otro lado, en los valores de ensayos de absorción de agua fueron más altos (8 a 10%) que los agregados naturales (1 a 2%) y ello afectó negativamente la resistencia en los hormigones, sin embargo, las mezclas producidas con los agregados gruesos reciclados mostraron mejores resultados de resistencia que los finos.
3. Hubo reducción en los productos con el uso de 40% de tasa de reemplazo de áridos reciclados, sin embargo las mezclas producidas con los agregados gruesos reciclados mostraron mejores resultados de resistencia que las mezclas con áridos finos reciclados

### 2.1.2 Nacionales

Espinoza (2022) en su investigación *"Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"*, concluye lo siguiente:

1. Las propiedades físicas de los agregados (distribución granulométrica del agregado reciclado: fino y grueso) presentó similitud con los agregados convencionales, obteniéndose los siguientes resultados: Tamaño máximo nominal (tamiz N°4), peso unitario suelto (1170 kg/m3), peso unitario varillado (1514 kg/m3), peso especifico de masa seco (2131 kg/m3), contenido de humedad (1.56%), contenido de absorción (4.1%). El agregado grueso presentó mayor contenido de humedad así como en los resultados del porcentaje de absorción, debido a la porosidad del material; concluyéndose que tanto la arena como el confitillo producto del reciclaje presentan menor peso que los agregados naturales.
2. Los reemplazos óptimos de agregado fino y grueso fueron de 10% y 20% cuyos valores alcanzaron a 442.45 kgf/cm$^2$ y 6.30 MPa, para los ensayos de resistencia a la compresión y flexión respectivamente. De las 06 dosificaciones realizadas (10%, 20% y 30% con agregado reciclado grueso y fino) la dosificación al 10% de agregado fino reciclado cumplió con los estándares establecidos en la NTP 399.611.

De La Cruz & Vasquez (2021), en su investigación "*Evaluación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021*"; concluyeron:

Se realizó comparaciones entre la muestra patrón y la briqueta con un 9% de zeolita, demostrando un incremento de resistencia a la compresión en 2.10% (de 1630.53 a 1665.2). Los resultados para el ensayo de resistencia a la tracción presentaron valores promedios de 252.7 kg/cm$^2$, 243.38 kg/cm$^2$, 256.25 kg/cm$^2$, 258 kg/cm$^2$ para porcentajes de zeolita de 0%, 3%, 6% y 9% respectivamente.

Ramirez (2018), en su investigación “Resistencia a compresión de un ladrillo de concreto F’C 175 kg/cm$^2$ sustituyendo al cemento por 10% y 15% de Zeolita”, en Huaraz, concluyó que:

1. Las unidades de albañilería obtenidas a los 28 días (que fueron curadas por inmersión) con sustitución del 10% y 15% de zeolita alcanzaron resistencias de 175.52 kgf/cm$^2$ y 175.93 kgf/cm$^2$ respectivamente, apreciándose una mejor resistencia al 15% debido a que existe mayor material cementante, también influyó el alto contenido del pH (13) del material adicionado. Se utilizó el método de Flourescencia de rayos X, donde su composición estuvo dada por CaO (42.504%), $SiO_2$ (33.1%), $Al_2O_3$ (15.4%), $Fe_2O_3$ (6%), entre otros
2. Según la Norma E.070, es clasificado como ladrillo TIPO V, el cual tiene una resistencia y durabilidad muy altas, apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio riguroso.

Vera & Ledezma (2018) en su investigación *“Pasta cementicia mejorada con adición de Zeolita y Hierro en polvo para morteros de pega o junteo”*, concluyeron que:

3. La incorporación del hierro residual en polvo y la zeolita en sustitución de arena y cemento a los insumos de mortero de junteo, se dieron en proporciones de 20%, 35%, 40% y 45% (zeolita) y 1.5%, 5%, 6%, 30% (hierro).
4. Se sometieron a pruebas de resistencia mecánica a la compresión y revenimiento (asentamiento) a los 28 días. Los resultados de rotura evidenciaron valores superiores al mínimo según las Normas ASTM C-270 y ASTM C-780 y adicional a ello se observó la optimización del empleo del agua. Cuando la cantidad de la zeolita incorporada en cada una de las pruebas asciende en proporciones de 0.00gr hasta 21.55gr, el valor de la resistencia mecánica a la compresión comenzó a subir desde 4.90MPa hasta 20MPa.

### 2.1.3 Locales

Municipalidad Provincial de Ilo, (2014), en el estudio *"Diagnóstico de residuos sólidos de las actividades de construcción y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores"*, en marco del Plan de Incentivos a la Mejora de la Gestión y Modernización Municipal para el año 2014 y del D.S. N° 003 – 2013 – VIVIENDA, destacaron lo siguiente:

1. Se registraron alrededor de 263 lugares con RCD vertidos en espacios públicos, con un volumen de 207 642.12 $m^3$, hallados principalmente en áreas cercanas a la Carretera Panamericana (Ilo - Moquegua), al ingreso a la ciudad, a los costados de la carretera Binacional y a la vía de ingreso a la playa Pozo de Lizas.
2. Existen 02 Zonas de Protección Ambiental afectadas por la presencia de este tipo residuos, con 233.8 $m^3$ y 87.35 $m^3$ ubicados al ingreso del río.
3. De acuerdo al Artículo 40 del D.S. N°003-2013-VIVIENDA, y considerando los requisitos, la provincia de Ilo podría contar con 02 áreas para escombreras ubicados al costado carretera Binacional, a 1km aprox. del cruce con la carretera panamericana (Pampa Inalámbrica) con 84 907 $m^2$ y 43 951 $m^2$ de extensión.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Zeolita

Aluminosilicatos cristalinos basados en un esqueleto aniónico rígido, con cavidades, canales y poros bien definidos, constituidas por aluminio, silicio, hidrógeno, oxígeno en su armazón estructural y en los poros encontramos cationes metálicos y moléculas de agua que se desprende al aumentar la temperatura (Calleja, 2009). Esta estructura porosa retiene agua que puede aumentar el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión durante el mismo. Las zeolitas tienen alta capacidad de intercambio catiónico que otras puzolanas naturales, lo que permite limitar la reacción álcali-sílice (ZeoCat, 2008).

Costafreda Mustelier et al., (2018), las variedades de zeolitas tipo mordenita, clinoptilolita y heulandita para la fabricación y mejora de ciertos

cementos puzolánicos, adecuados para inhibir la reacción álcalis/árido, para la construcción de zapatas, pisos, losas, pavimentos, entre otros, pueden ser empleado en la construcción de hormigones que deben resistir el ataque del agua de mar. Los átomos de aluminio y silicio que forman la estructura de las zeolitas tienen una coordinación tetraédrica entre ellos, a través de átomos de oxígeno compartidos por ambos (Calleja, 2009).

**Tabla 3**

*Composición química de las muestras por fluorescencia de Rayos X*

| MUESTRA | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Clinoptilolita-heulandita | 63.25 | 12.01 | 1.22 | 1.03 | 1.2 | 3.23 | 2.3 |
| Mordenita-clinopttilolita | 63.47 | 12.59 | 1.31 | 3.25 | 0.336 | 3.61 | 0.08 |
| Mordenita-esmectita | 68.79 | 13.2 | 1.62 | 1.95 | 1.45 | 2.33 | 2.89 |
| Cuarzo-estilbita | 68.88 | 11.71 | 3.34 | 5.25 | 2.75 | 1.31 | 0.216 |
| Toba zeolitizada | 64.49 | 13.19 | 1.6 | 0.873 | 2.09 | 2.99 | 3.92 |
| Cemento (referencia) | 17.45 | 5.59 | 3.35 | 64.04 | 0.641 | 1.37 | 0.091 |

*Nota. Extraído de "Contribución de la Zeolita natural a las resistencias mecánicas de cementos, morteros y hormigones". Costafreda Mustelier et al., (2011)*

### 2.2.2 Agregado

De acuerdo a INACAL, en la NTP 400.037, los agregados son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial pudiendo ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la norma. Constituyen los elementos inertes del concreto y ocupan aproximadamente el 60% del volumen del mismo, confieren al concreto: resistencia, estabilidad volumétrica y economía. De acuerdo esta norma, su clasificación puede darse de la siguiente forma:

**Tabla 4**

*Clasificación de los agregados*

| Por su origen | Por su procedencia | Por su tamaño o gradación | Por su densidad |
|---|---|---|---|
| Sedimentario<br>Ígneo<br>Metamórfico | Natural<br>Artificial | Fino<br>Grueso | Normales<br>Ligeros<br>Pesados |

- **Agregado fino**

La Norma Técnica Peruana 400.037 (2018) establece que el agregado fino es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8”) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 µm (N° 200), que deberá tener la gradación según los límites establecidos en la Tabla 5. El agregado fino no debe tener más del 45 % que pasa en alguna malla y retenida en la siguiente malla consecutiva, su módulo de fineza no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

**Tabla 5**

*Granulometría de agregado fino*

| Tamiz (mm) | Porcentaje que pasa (%) |
|---|---|
| 9,5 mm (3/8 pulg) | 100 |
| 4,75 mm (No. 4) | 95 a 100 |
| 2,36 mm (No. 8) | 80 a 100 |
| 1,18 mm (No. 16) | 50 a 85 |
| 600 µm (No. 30) | 25 a 60 |
| 300 µm (No. 50) | 05 a 30 |
| 150 µm (No. 100) | 0 a 10 |

*Nota: Concretos elaborados con agregado fino con deficiencias en los tamices 300 µm (N° 50) y 150 µm (N°100) algunas veces presentan dificultades en la trabajabilidad, bombeo o excesiva exudación. La deficiencia de finos puede ser subsanada con cemento, minerales o aditivos adicionales.*

- **Agregado grueso**

El Instituto Nacional de Calidad (2018), determina que el agregado grueso es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, y que cumple con los límites establecidos. Estará constituido por grava, piedra chancada, concreto chancado, concreto reciclado o la combinación de ellos, el concreto chancado puede tener constituyentes susceptibles la reactividad álcali-agregado o al ataque de sulfatos al nuevo concreto u otros agentes agresivos como cloruros o materia orgánica.

**Tabla 6**

*Granulometría de agregado grueso*

| Huso | Tamaño máximo nominal | Porcentaje que pasa por los tamices normalizados | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 mm (4") | 90 mm (3 ½") | … | 12.5 mm (½") | 9.5 mm (3/8") | 4.75 mm (N° 4) | 2.36 mm (N° 8) | 1.18 mm (N° 16) |
| 1 | 90 mm a 37,5 mm (3 ½" a 1 ½") | 100 | 90 a 100 | … | | | | | |
| … | … | … | … | … | … | … | … | … | … |
| 7 | 12.5 mm a 4.75 mm (1/8" a N°4) | | | … | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | … |
| 8 | 9.5 mm a 2.36 mm (3/8" a N°8) | | | … | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |

*Nota. Elaborado a partir de NTP 400.037. Requisitos. Agregados para concreto. (INACAL, 2018)*

### 2.2.3 **Agregado reciclado**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), es el material graduado según especificaciones resultante del procesamiento de materiales de construcción recuperados y complementados con otros faltantes.

### 2.2.4 Residuos sólidos de la construcción y demolición

Aquellos residuos generados durante el proceso de construcción de edificaciones e infraestructura, el cual comprende las obras nuevas, ampliación, remodelación, rehabilitación, cercado, obras menores, acondicionamiento o refacción u otros. (Artículo 6, del DS N°019-2016)

### 2.2.5 Construcción sostenible

Implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales. La construcción sostenible pretende conceptualmente racionalizar, ahorrar, conservar y mejorar. (Ramírez A. , 2008)

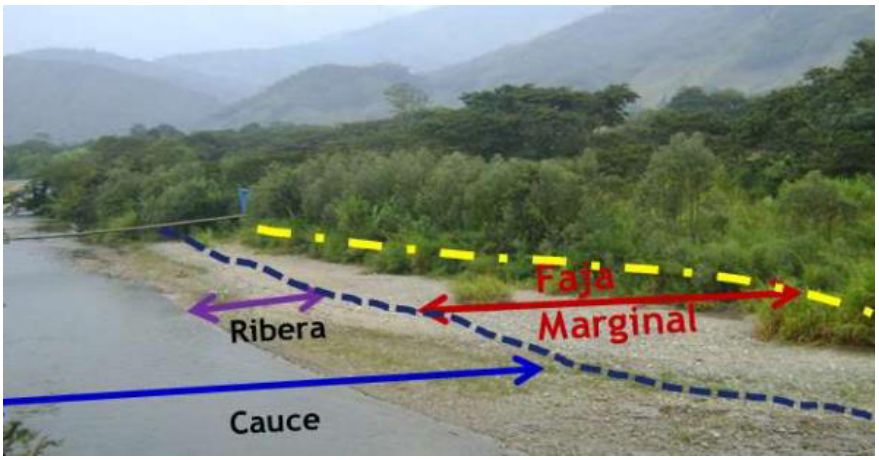
### 2.2.6 Faja marginal

La Autoridad Nacional del Agua (2013), establece que es el área inmediata superior del cauce de la fuente de agua, sin considerar los niveles de las máxima crecientes por causas de eventos extraordinarios, son bienes de dominio público hidráulico, las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por esta institución, a ello considerar que es una zona intangible.

La delimitación de fajas marginales se delimitan debido a que debe de existir una franja de protección alrededor del cuerpo de agua que limite el impacto del avance de las ciudades y/o actividades hacia las fuentes de agua, con lo cual se preserva tanto el recurso hídrico como el cauce que lo contiene, por lo cual, la AAA autoriza la ejecución de obras de defensa ribereña, reforestación y similares (Autoridad Nacional del Agua, 2017)

**Figura 1**

*Faja Marginal del río*




*Nota. Autoridad Nacional del Agua (2013)*

### 2.2.7 Adoquín de concreto

El INACAL (2017) manifiesta que es la pieza de concreto simple, de forma nominal, prefabricada, que cumple con norma NTP 399.611, existen 3 tipos.

**Tabla 7**

*Clasificación de Adoquines de concreto*

| TIPO | Aplicación |
|---|---|
| Tipo I | Adoquines para pavimentos de uso peatonal. |
| Tipo II | Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero. |
| Tipo III | Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores. |

*Nota. Extraído de la NTP 399.611 (INACAL, 2017)*

Asimismo, para su elaboración se requieren los siguientes materiales, cumpliendo las siguientes normas técnica:

a) Cementos: NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090
b) Agua de mezcla: NTP 339.088
c) Agregados: NTP 400.037
d) Aditivos químicos: Cuando se requiera utilizar aditivos éstos deberán cumplir con las siguientes normas técnica
    - Aditivos incorporadores de aire: NTP 334.089
    - Pigmentos para concreto de color: PNTP 339.231 Especificaciones normalizadas para pigmentos en masa de concreto coloreado
    - Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto). Especificaciones: NTP 334.088
e) Otros constituyentes: Para los materiales que no estén comprendidos en las Normas técnicas, debe establecerse previamente que son adecuados y no perjudiciales para su utilización en concreto mediante ensayos o por la experiencia de campo.

### 2.2.8 Resistencia a la compresión

Según NTP 399.611, indica que, la resistencia a la comprensión llega ser el vínculo que tiene la carga de rotura a comprensión del adoquín y su sección. Así mismo, la resistencia a la compresión que necesita un patrón establecido de concreto se puede distinguir con una representación “F’c”, que indica la resistencia que el sólido obtendrá a los 28 días de curado.

**Tabla 8**

*Espesor nominal y resistencia a la compresión*

| TIPO | Espesor nominal (mm) | Resistencia a la compresión, mín. Mpa (Kg/cm$^2$) | |
|---|---|---|---|
| | | Promedio de 3 unidades | Unidad individual |
| I (Peatonal) | | | |
| Tipo B,C y C | 40 | 31 (320) | 28 (290) |
| *Todos los tipos | 60 | 31 (320) | 28 (290) |
| | 60 | 41 (420) | 37 (380) |
| II (Vehicular ligero) | 80 | 37 (380) | 33 (340) |
| | 100 | 35 (360) | 32 (325) |
| III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores) | ≥ 80 | 55 (561) | 50 (510) |

*Nota. Extraído de la Norma Técnica Peruana NTP 399.611*
**Véase Norma TH010 del Reglamento Nacional de Edificaciones*

### 2.2.9 Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado, la NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y la que pasa, así como los porcentajes parciales y acumulados (INDECOPI, 2013b).

### 2.2.10 Peso específico

De acuerdo con la NTP 400.021 y la NTP 400.022, la densidad relativa (gravedad específica) o peso específico, es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto. El peso específico determina el valor del peso por unidad de volumen sin considerar los espacios vacíos, tanto en condición seca como saturada superficialmente.

### 2.2.11 Absorción

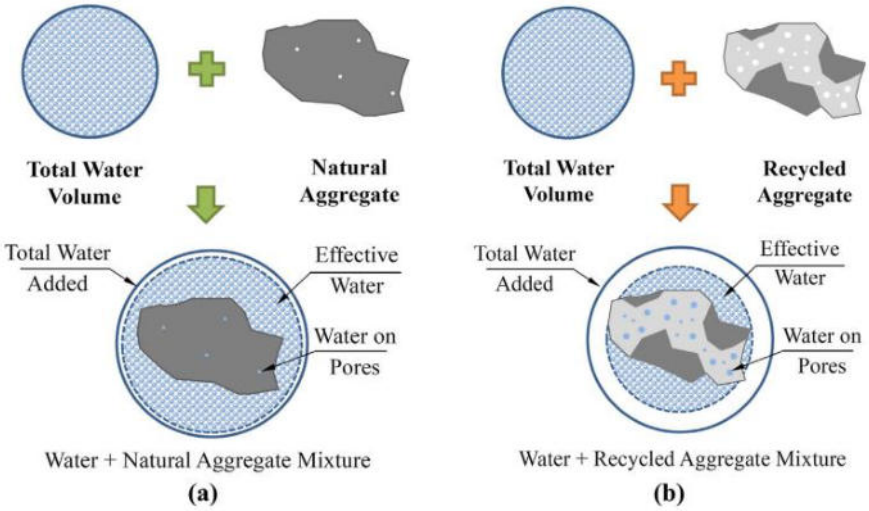
De acuerdo a las NTP 400.021 y NTP 400.022 dadas por el INDECOPI (2013), es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca, es decir el contenido de agua exacto que requiere el agregado para saturar sus vacíos. El valor de la absorción también en algunos casos puede reflejarse en una estructura poros que afecta a la resistencia al congelamiento y deshielo.

### 2.2.12 Porosidad

La palabra porosidad proviene de poro el cual significa espacio que no está ocupado por materia sólida, en la partícula de agregado es sumamente importante ya que influye en otras de sus propiedades como: estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, permeabilidad y absorción (TORRE C., 2004)

**Figura 2**

*Dinámica del agua efectiva en agregado natural y reciclado*




*Nota. Extraído de Montero & Laserna (2017)*

### 2.2.13 Contenido de humedad

De acuerdo a la NTP 339.185, el ensayo nos permite determinar el porcentaje total de humedad evaporable existente en una muestra de agregado fino o grueso por secado, esta incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

Si la humedad del agregado es menor al valor de la absorción, la mezcla requerirá mas agua hasta compensar la saturación del agregado; por lo contrario, si la humedad es mayor al valor de la absorción, el agregado aportará agua al diseño (INDECOPI, 2013).

### 2.2.14 Peso unitario

Permite determinar el peso unitario del agregado en condición compactada o suelta y calcula los vacíos entre partículas en los agregados finos, grueso o mezclas basados en la misma determinación, el peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y

granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc. (Ramirez, 2018)

Comprende el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al ser incluidos los espacios entre las partículas influye la forma de acomodo de estos. Para su determinación los procedimientos se encuentran normalizados en la ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor que permite hacer transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa

- Peso volumétrico suelto NTP 400.017
- Peso unitario compactado
- Peso volumétrico compactado o peso unitario varillado NTP 400.017

### 2.2.15 Contenido de cloruros

En la NTP 400.042, establece que el contenido de cloruros del agregado está relacionado a la corrosión del concreto y de la estructura de acero del concreto.(INACAL, 2016)

### 2.2.16 Contenido de sulfatos

De acuerdo a la NTP 400.042, Para estimar su solidez cuando se somete a la acción de la intemperie en aplicaciones de hormigón u otros. Esto se consigue por inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de Na o de Mg seguido de secado al horno para secar la sal precipita en los espacios de poros permeables. La fuerza interna expansiva, derivado de la rehidratación de la sal en la re-inmersión, simula la expansión del agua en congelación. La vulnerabilidad de que un concreton sufra el deterioro por ataque de sulfatos, viene determinada por la composición del cemento, la relación agua/cemento, la presencia de adiciones minerales como puzolanas y la temperatura, las reacciones químicas son aceleradas considerablemente por efecto de la temperatura. (Vera, 2018)

### 2.2.17 Materia orgánica

En la NTP 400.024, determina que la presencia de materia orgánica en los agregados influyen en los tiempos de fraguado y desarrollo de resistencia. En grandes cantidades pueden provocar manchas o afectar la durabilidad. Su presencia puede consistir de productos de destrucción o descomposición de materia vegetal (materia orgánica y humus).

### 2.2.18 Reactividad álcali sílice

Los agregados contienen sílice reactivo o compuestos con carbonatos que reaccionan con los hidróxidos o álcalis del cemento que forman un gel que ocasiona el aumento del volumen y empieza a producirse las grietas y fisuras. Existe dos tipos: Reacción álcali-sílice (RAS): que implica diversos tipos de sílice reactiva ($SiO_2$) y la reacción álcali-carbonato (RAC) que implica ciertos tipos de rocas dolomíticas ($CaMg\ (CO_3)_2$). Ambos tipos de reacción origina la expansión y agrietamiento de las estructuras, reduciendo la vida de servicio del concreto, se da una expansión interna de estos compuestos que han reaccionado con los hidroxidos del cemento y han formando compuestos gelatinosos al tener contacto con la humedad y en temperaturas altas. (COGUANOR, 2013)

Los agregados provenientes de la zona sur del país presentan reactividad alcalina, este compuesto alcalino lo da el cemento, adicionalmente tiene que tener la sufieciente humedad (mayor a 80%) y temperatura (mayor a 24°C), ante ello, no se puede variar la temperatrua y humedad, pero si las características del cemento, para poder mitigar dicha expansión, es necesario incoporar microsílice, ceniza o puzolana para que mitige esta reacción.

### 2.2.19 Cemento portland

En la NTP 334.009, señala que es el cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. (INDECOPI, 2005)

De acuerdo a Salcedo (2021), la presencia de oxidos en el cemento poseen las siguientes características:

El (Óxido de calcio - CaO): Posee una velocidad de hidratación muy alta con desprendimiento de calor de 280 cal/gr. No aporta a la resistencia y se limita al 5% fuera de este límite produce expansión.

MgO (Óxido de magnesio): Tiene velocidad de hidratación muy lenta 205 cal/gr. No aporta resistencias se limita al 2% fuera de este límite produce expansión.

$Na_2O$ y $K_2$ O (Álcalis): Aportan alcalinidad al cemento para la protección de armaduras en el hormigón armado, junto con agregados álcali-reactivos producen compuestos expansivos.

$SO_3$ (Trióxido de azufre): El contenido de este óxido debe ser muy bajo o nulo, hidratado da como resultado ácido sulfúrico el mismo que al reaccionar con la portlandita da como resultado sulfato cálcico éste reacciona con el aluminato tricálcico que todavía no ha fraguado formando la ettringita que es expansiva.

#### Tipos de Cemento Portland

Según, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), existen 5 tipos, estos son: a) Tipo I: Para usos generales en la construcción, donde no se requiere tenga propiedades especiales; b) Tipo II: Para uso general y donde se requiere resistencia moderada a la acción de los sulfatos y un moderado calor de hidratación; c) Tipo III: Para uso en obras donde se requiera una alta resistencia inicial; d) Tipo IV: Para uso en obras donde se requiere un bajo calor de hidratación; y e) Tipo V: Para uso en obras donde se requiere una alta resistencia a los sulfatos.

Asimismo en la NTP 334.082 (INDECOPI, 2008), clasifica al cemento portland en 6 tipos, siendo:

Tipo GU: Cemento Portland para construcciones generales. Usar cuando no se requieran propiedades especiales.

Tipo HE: De alta resistencia inicial.

Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos.

Tipo MH: De moderado calor de hidratación.

Tipo LH: De bajo calor de hidratación.

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

1. Curva Granulométrica: Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado, Se obtiene llevando en abscisas los logartimos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas.

2. Tamaño máximo: Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

3. Tamaño máximo nominal: Corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 10%.

4. Aglomerante: Se denominan materiales aglomerantes a aquellos que se adhieren a otras materias a la par que endurecen, facilitando de este modo su unión entre sí o a materiales diferentes.

5. Concreto: Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar las que poseen (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

6. Concreto de demolición: Fragmentos de concreto obtenidos por demolición de elementos de construcciones civiles de concreto simples o armados y de pavimentos de concreto, incluye al concreto excedente de obra. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

7. Concreto reciclado: Concreto cuyos agregados provengan parcial o completamente de granulados de concreto, gravas y arenas de reciclaje. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

8. Residuos sólidos: Objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. (Ministerio del Ambiente, 2016).

9. Valorización: Cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética. (Ministerio del Ambiente, 2016)

10. Demolición: Acción mediante la cual se elimina total o parcialmente una edificación existente para ejecutar una nueva o cumplir alguna disposición emanada de la autoridad competente. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013)

11. Mortero: Los morteros son mezclas plásticas obtenidas con un aglomerante, arena y agua, que sirven para unir las piedras o ladrillos que integran las obras de fábrica y para revestirlos con enlucidos o revocos. Los morteros se denominan según sea el aglomerante. Así se tienen morteros de yeso, de cal o de cemento.

12. Escombrera: Es el lugar de disposición final donde se deposita de manera ordenada los materiales o residuos no re aprovechables (inertes) procedentes de las actividades de la construcción o demolición. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013)

13. Materiales pétreos: Los conglomerados, piedras, yeso, mármol, cal, canteras, rocas, entre otros. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013)

14. Modulo de finura: Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un módulo de finura no menos a 2.35 ni mayor que 3.15 (Ramirez, 2018).

## 2.4 MARCO NORMATIVO

### 2.4.1 Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos

Ley que regula el uso y gestión de los recursos hídricos, que comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta.

Manifiesta que, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. También consideran las acciones de prevención de inundaciones para la ejecución de actividades permanentes en el cauce del río.(Congreso de la República, 2009)

### 2.4.2 Decreto Legislativo N° 1278

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos tiene por finalidad regular la gestión y el manejo de los residuos de origen: minero, energético, industrial, agropecuario, agroindustrial, actividades de la construcción, servicios de saneamiento o de instalaciones especiales, establecimientos de salud, servicios médicos de apoyo y otros de competencia sectorial; asimismo en el Artículo 79, asigna a las Municipalidades distritales supervisar, fiscalizar y sancionar el manejo de los residuos provenientes de las actividades de construcción y demolición en el ámbito de su competencia, en dicha ley también enfatiza la valorización de los residuos sólidos. (Ministerio del Ambiente, 2016)

### 2.4.3 Decreto Supremo N° 014 – 2017 –MINAM

Reglamento del DL N° 1278, donde manifiesta que Disposición final de residuos sólidos municipales sólidos peligrosos, no peligrosos y residuos provenientes de actividades de la construcción y demolición de gestión municipal deben realizarse en celdas diferenciadas (Artículo 42).

Así como en el Artículo 69 donde resalta que estos residuos deben disponerse en escombreras o rellenos sanitarios que cuenten con celdas habilitadas para tal fin. El ente encargado de regular las condiciones y características de estos lugares de disposición final es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (Ministerio del Ambiente, 2017)

### 2.4.4 Decreto Supremo Nº 022 – 2022 – VIVIENDA

Decreto que aprueba el reglamento de “Gestión y Manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición” que tiene por objeto regular su gestión a través de la priorización en la minimización y valorización; asegurar la adecuada disposición de aquellos que no son aprovechables; y contribuir a la calidad ambiental urbana y rural, así como a la sostenibilidad y la transición hacia una economía circular del sector de la construcción.

En su Artículo 40 declara que los excedentes de remoción, de obra y los escombros (debidamente seleccionados y clasificados como no peligrosos) pueden ser aprovechados en: Obras que requieran el relleno de áreas o conformación de terraplenes o taludes, reforzamiento de fajas marginales u otros similares, siempre que se cumpla con la normativa vigente y como materia prima para procesos productivos. (VIVIENDA, 2022)

### 2.4.5 Norma Técnica Peruana NTP 400.050

Norma que aplica al manejo de los residuos de la actividad de la construcción, los cuales son todos aquellos residuos generados en el proceso constructivo o después de la remoción, levantamiento, demolición, reparación y/o reforzamiento o adecuación para cambio de uso en general, su clasificación se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Clasificación y opciones de manejo de los RCD*

| Tipo | Reutilizables | Reciclables | Disposición final |
|---|---|---|---|
| Excedentes de Remoción | Agregados, piedras Tierras con contenido orgánico | Bolonería (Fragmento rocoso, usualmente redondeadas por el intemperismo o la abrasión) | Materiales contaminados |
| Excedentes de Obras | Cementos y aglomerantes, retazos de fierro, alambres, piedras, productos cerámicos | Concreto sobrante Cascote de ladrillo | Materiales contaminados |
| Escombros | Productos cerámicos, piedras | Mezcla asfáltica de demolición Concreto de demolición Material no bituminoso de demolición de carreteras Material de demolición no clasificado Mezcla de ladrillo con mortero | Escombros contaminados |

*Nota. Elaborado a partir de la Norma Técnica Peruana NTP 400.050:2014 Manejo de residuos de la construcción (INDECOPI, 2014)*

### 2.4.6 Norma Técnica Peruana NTP 400.053

El objeto de la norma correspondiente al Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de concreto de demolición tiene como fin establecer los requisitos para el manejo correcto y las técnicas para su uso en la fabricación de estructuras conforme a las normas vigentes en el marco de una política de reducción de residuos. El granulado de concreto para ser usado como agregado de concreto reciclado deberá estar libre de sustancias deletéreas, es decir que ocasione algún daño negativo a la salud y al ambiente.

A cerca de la obtención, en la presente norma manifiesta que puede darse a través de la demolición manual o mecánica a aquellos elementos estructurales de edificaciones, muros de contención, puentes, alcantarillas, canales, tubería, losas de pavimentos de concreto y otros; en el que deberá separarse las partes metálicas y materiales extraños.

**Tabla 10**

*Granulado de concreto en función del uso previsto*

| Usos | Procedencia | | |
|---|---|---|---|
| | Concreto de mediana y baja resistencia* | Losas de pavimentos | Concretos estructurales** |
| Pavimentos de tráfico ligero | - | x | x |
| Ciclovías | x | x | x |
| Losas deportivas | x | x | x |
| Veredas | x | x | x |
| Patios | x | x | x |
| Cimientos | x | x | x |
| Concreto simple masivo | x | x | x |
| Rellenos no portantes | x | x | x |

*Nota. Elaborado a partir de la Norma Técnica Peruana NTP 400.053:2019 "Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de concreto de demolición" (INACAL, 2019) * Veredas, pisos de viviendas ** Columnas, placas y cimientos de edificios, puentes, concretos especiales.*

### 2.4.7 Norma Técnica Peruana NTP 399.611

La presente norma pertenece a las Unidades de Albañilería, de adoquines de concreto para pavimentos, en la que establece los requisitos que deben de cumplir los adoquines destinados para su uso en pavimentos peatonales, vehiculares ligero y pesado (INACAL, 2017). Adicionalmente considera que los materiales que serán utilizados en su fabricación deberán cumplir con las siguientes NTP:

- Cementos: NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090
- Agua de mezcla: NTP 339.088
- Agregados: NTP 400.037
- Pigmentos: NTP 339.231
- Aditivos: NTP 334.089 y NTP 334.088

### 2.4.8 Norma Técnica Peruana NTP 400.037

De acuerdo a INACAL (2018) los agregados finos y gruesos para uso en concreto deben tener requisitos de granulometría y calidad (ej: impurezas orgánicas).

### 2.4.9 Norma Técnica Peruana NTP 400.012

Norma correspondiente al ensayo granulométrico para agregados fino y grueso.

### 2.4.10 Norma ASTM C618-12a

Norma que da la especificación estándar para cenizas volantes de carbón y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto; en él clasifica a las puzolanas de clase N, cuando la sumatoria del porcentaje de dióxido de silicio ($SiO_2$), óxido de aluminio ($Al_2O_3$) y el óxido de hierro ($Fe_2O_3$) alcanza mínimamente al 70% en su composición y poseer una cantidad máxima de 3% de humedad. (ASTM, 2012)

### 2.4.11 Resolución Directoral N° 1017-2016-ANA/AAA I C-O

Resolución que establece la faja marginal para los ríos Osmore y Moquegua en su tramo desde la confluencia del rio Tumilaca hasta la quebrada Montalvo en 15 metros de ancho en ambos lados de cada uno de los cauces.

# CAPÍTULO III:

# METODOLOGÍA

## 3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación de acuerdo a su finalidad es aplicada; dado que los resultados obtenidos fueron empleados para elaborar nuevas unidades de albañilería.

El nivel de investigación es cuasi experimental; teniendo 2 grupos de estudio: Grupo Control y Grupo experimental, cuyo objetivo fue determinar los cambios en la variable dependiente (Adoquín tipo I) a partir de la manipulación (variación) de dos variables independientes (Agregado reciclado y zeolita) en los diferentes diseños de mezclas (tratamientos).

## 3.2 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

La investigación se desarrolló en la faja marginal del río Osmore, políticamente se encuentra situado en el distrito de Ilo, provincia de Ilo, departamento de Moquegua, sobre una altitud de 12 m.s.n.m (Ver Anexo 3)

Respecto a las actividades que involucró durante la ejecución en la investigación estas fueron desarrolladas dentro del periodo 2020 - 2022, en la Tabla 11, se brinda un detalle de ellas.

**Tabla 11**

*Actividades desarrolladas en la investigación*

| Actividad | Ámbito temporal | Ámbito espacial |
|---|---|---|
| Determinación de puntos de muestreo | Enero, 2020 | Faja Marginal del Río Osmore, Ilo |
| Recolección de muestras en la faja marginal | Enero, 2020<br>Agosto, 2020 | Faja Marginal del Río Osmore, Ilo |
| Trituración primaria de los residuos de concreto | Enero-Febrero, 2020 | Faja Marginal del Río Osmore, Ilo |
| Trituración secundaria de los residuos de concreto y zeolita | Enero-Febrero, 2020 | Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua |
| Ensayos físicos del agregado reciclado | Febrero - Marzo, 2020 | Laboratorio de Concreto y EMC - UNSA, Arequipa |
| Recolección de agregados naturales | Junio, 2021 | Cantera San Pablo, Ilo |
| Ensayos fisicos y químicos de los agregados obtenidos (reciclado y naturales) | Julio- Octubre, 2021 | Laboratorio LABINVSERV UNSA, Arequipa |
| Análisis por Fluorescencia de rayos X a agregados y zeolita | Julio, 2021<br>Setiembre, 2021<br>Octubre, 2021 | Laboratorio LABINVSERV UNSA, Arequipa |
| Ensayos fisicos de agregados (naturales y reciclado) | Setiembre, 2021<br>Diciembre, 2021 | Laboratorio CEDIICON, Arequipa |
| Determinación de conductividad y pH de agregados | Enero, 2022 | Laboratorio de Calidad de Agua EPIAM-UNAM, Ilo |
| Elaboración de adoquines | Febrero, 2022 | Laboratorio ECOCRET S.AC. |
| Ensayo de resistencia a la compresión | Marzo, 2022 | Laboratorio ECOCRET S.AC. |
| Ensayo de dureza (zeolita) | Abril, 2022<br>Mayo, 2022 | Laboratorio LABICER UNI, Lima |
| Ensayo de superficie específica (zeolita) | Mayo, 2022 | Laboratorio de investigación de fisicoquímica UNI, Lima |

## 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población está constituida por la Faja Marginal del río Osmore, del distrito de Ilo. El muestreo realizado fue no probabilístico por conveniencia: Según criterio del investigador y la disponibilidad de las muestras durante el periodo de la investigación, las cuales estuvieron constituidas por residuos sólidos de construcción procedentes de estructura de pavimientos y que fueron extraídas de 04 puntos previamente identificados, cuyas coordenas se detallan en la Tabla 12, así como en el Anexo 3 del presente informe.

**Tabla 12**

*Puntos de muestreo de residuos de construcción*

| Punto de muestreo | COORDENADAS UTM | | |
|---|---|---|---|
| | Este | Sur | Zona UTM |
| P1 | 251636 | 8049894 | 19S |
| P2 | 251694 | 8050008 | 19S |
| P3 | 251766 | 8049946 | 19S |
| P4 | 251879 | 8049899 | 19S |

## 3.4 INSTRUMENTOS

### 3.4.1 Equipos

- Trituradora de mandíbulas, Modelo: BB 50, Marca: RETSCH
- Molino planetario de bolas, Modelo: PM 100, Marca: RETSCH
- Multiparámetro de mesa, Modelo: Orion Versa Star, Marca: Thermo Scientific

### 3.4.2 Materiales

- Tamices de malla ½, N° 3/8 y N°4
- Guantes de polialgodón
- Comba y cincel
- Sacos para el almacenamiento de las muestras

**Tabla 13**

*Instrumentos utilizados durante la investigación*

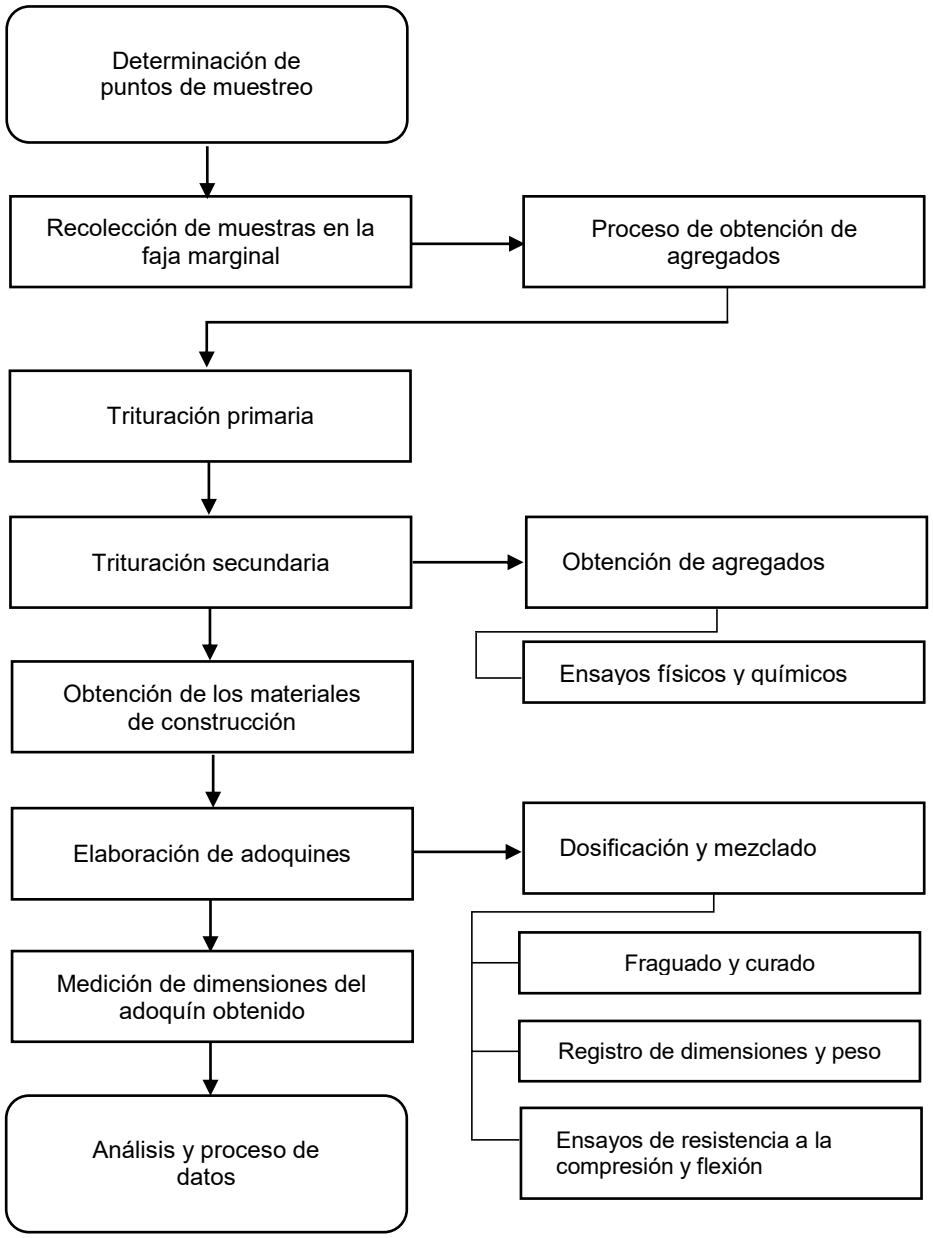
| Variable | Dimensión | Indicadores | Instrumento |
|---|---|---|---|
| Agregado reciclado de residuos de concreto | Propiedades físicas | Absorción | NTP 400.021 |
| | | Humedad | NTP 339.185 |
| | | Peso específico | NTP 400.021 |
| | | Granulometría | NTP 400.012 |
| | | Peso unitario suelto | NTP 400.017 |
| | | Peso unitario varillado | |
| | Propiedades químicas | Composición de óxidos | Fluorescencia de Rayos X |
| | | Materia Orgánica | Método Walkley Black |
| | | Sulfatos y Cloruros | NTP 400.042 |
| | | pH, Conductividad | Multiparámetro de mesa |
| | Elaboración del diseño de mezclas de concreto | Proporciones de agregado reciclado y zeolita | Diseño de mezcla |
| Zeolita | Composición química | $Al_2O_3$, $SiO_2$, $CaO$, $Fe_2O_3$, $ClO_2$ | Fluorescencia de Rayos X |
| | Propiedades físicas | Dureza | Dureza Mohs |
| | | Superficie Específica (Porosidad) | Ensayo BET |
| Adoquín Tipo I | Propiedad mecánica | Resistencia a la compresión | NTP 399.611 |
| | Propiedades físicas | Dimensiones | |
| | | Peso | |

## 3.5 PROCEDIMIENTO

El procedimiento realizado se distribuyó en 6 etapas, las mismas que se detellan en el siguiente flujograma, que permitieron alcanzar los objetivos planteados en la investigación. La metodología que se empleó fue basado en las Normas Técnicas Peruanas respecto a los agregados y adoquín de concreto.

**Figura 3**

*Flujograma del procedimiento realizado*



De acuerdo a los objetivos planteados en la investigación, las 6 estapas descritas en la Figura 3, se distribuyeron de la siguiente forma:

### 3.5.1. Procedimiento de O.E.1: Propiedades físicas y químicas de agregados y zeolita

#### 3.5.1.1 Etapa 1: Recolección de muestras en la faja marginal

Las muestras fueron recolectadas manualmente, para ello se consideró las especificaciones descritas en la NTP 400.053: MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Reciclaje de concreto de demolición; donde los residuos deben de estar libres de materia orgánica, ello también involucró realizar la segregación de los residuos hallados, dichas muestras procedieron de 4 áreas determinadas dentro faja marginal del río Osmore las mismas que fueron accesibles para su recolección. Los residuos recolectados estuvieron compuestas por losas de concreto (vaciado de piso) y fueron almacenados en sacos para su posterior procesamiento y análisis.

#### 3.5.1.2 Etapa 2: Trituración primaria

La trituración primaria se realizó manualmente con la finalidad de reducir el tamaño de origen del residuo recolectado, empleándose materiales como comba y cincel.

#### 3.5.1.3 Etapa 3: Trituración secundaria

La trituración secundaria se realizó de manera mecánica con el empleo de la Trituradora de mandíbulas BB 50 de la Universidad Nacional de Moquegua, asimismo con la finalidad de homogenizar los tamaños de los agregados obtenidos se utilizaron tamices de $1/2$", $3/8$" y N°4. Teniendo en cuenta que la NTP 400.037, señala que el agregado grueso perteneciente al Huso N°8, involucra un tamaño máximo nominal de 9.5 mm a 2.36 mm (tamiz 3/8" a N°8). Teniendo en cuenta lo manifestado por Pacheco et al. (2023) que puede producir solo con trituradoras primarias (trituración de mandíbula o impacto).

Una vez obtenido los agregados, estos fueron sometidos a ensayos físicos y químicos los mismos que fueron analizados en los laboratorios: CEDIICON, LABINSERV de la Universidad Nacional de San Agustín, LABICER y el Laboratorio de Investigación de Fisicoquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería y en el laboratorio de Calidad de Agua de la Universidad Nacional de Moquegua, mostrados en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Ensayos realizados a los agregados y zeolita*

| | Ensayo | Unidad | Laboratorio | Método de Ensayo | Muestra |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Fisico | | | | |
| 1 | Contenido de Humedad (%) | % | CEDIICON Laboratorio de Ensayos ECOCRET S.A. | Norma: ASTM D 2216 | Agregado fino, grueso y reciclado |
| 2 | Análisis Granulométrico | mm | | NTP 400.012; ASTM C 136 | |
| 3 | Peso Específico (P.E. Aparente, P.E. de Masa, P.E. Saturado Superficialmente Seco) | gf/cm3 | | ASTM C 128; ASTM C127; NTP 400.021 | |
| 4 | Absorción | % | | NTP 400.021 | |
| 5 | *Peso Volumétrico Compactado | gf/cm3 | | ASTM C 29 | |
| 6 | **Peso Volumétrico Suelto | gf/cm3 | | | |
| 7 | ***Gravedad Específica de los sólidos | | | Norma: ASTM D 854; NTP 339.131 | Zeolita |
| 8 | Ensayo de dureza Mohs | Escala de Mohs | LABICER | COVENIN 2443 | Zeolita |
| 9 | Determinación de la superficie específica - BET | | Laboratorio de Investigación de Fisicoquímica | Prueba de porosidad | Zeolita |
| N° | Químico | | | | |
| 1 | Concentración de óxidos | % | LABINSERV - UNSA | Fluorescencia de Rayos X | Agregados y zeolita |
| 2 | Cloruros | ppm | | Método Mercurimétrico (1,2) 33.067 de la AOAC | Agregado fino, grueso y reciclado |
| 3 | Sulfatos | ppm | | Método Turbidimétrico (1,2) 33.120 de la AOAC | |
| 4 | Sales solubles | mg/Kg | | Método MTC E 219-2000 | |
| 5 | Materia Orgánica | % | | Método Walkley Black | |
| 6 | Conductividad Eléctrica | ppm | Laboratorio de Calidad de Agua - UNAM | | Agregados y zeolita |
| 7 | pH | | | | |

*Nota. *Peso Unitario Varillado, **Peso Unitario Suelto, *** Peso específico*

Por otro lado, para la molienda de la zeolita se empleó el Molino planetario PM 100, con la finalidad que esta pase por la malla N°200 (75 µm) para que cumpla lo descrito en las Normas ASTM C430-08 y ASTM C618-12a. También se consideró la caracterización del material según norma ASTM C 311-98 (ensayo de superficie específica), así como dureza.

#### 3.5.1.4 Etapa 4: Obtención y preparación de los materiales de construcción

Los materiales de construcción empleados estuvieron constituidos por: agregados naturales, agregado reciclado, cemento, zeolita, aditivo y agua. Una vez adquiridos estos fueron enviados a la ciudad de Arequipa para la elaboración de los adoquines de acuerdo a los porcentajes de agregado reciclado y zeolita planteados en la investigación.

**Tabla 15**

*Materiales de construcción requeridos*

| N° | Material requerido | Característica | Norma |
|---|---|---|---|
| 1 | Agregado grueso | Extraídos de la Cantera San Pablo E.I.R.L - Ilo | NTP 400.037 |
| 2 | Agregado fino | | |
| 3 | Agregado grueso reciclado | Recuperado de la faja marginal del río Osmore | |
| 4 | Cemento | Cemento Industrial HE – Yura, Arequipa | NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090 |
| 5 | Zeolita natural del tipo Clinoptilolita | Obtenido del Proyecto: “Sistemas de losetas bilaminares antisísmico – retráctiles para pavimentos desplazables” | - |
| 6 | Aditivo | Tipo: Euco QSI | - |
| 7 | Agua | Agua potable de Ilo | NTP 400.037 |

### 3.5.2. Procedimiento de O.E.2: Efecto de la resistencia a la compresión de 4 combinaciones

#### 3.5.1.5 Etapa 5: Elaboración de adoquines

Para el diseño de mezcla y dosificación se basó en el método ACI, adicionalmente se consideró los criterios técnicos del laboratorio CEDIICON en marco de las especificaciones técnicas para adoquines de concreto establecidas en la NTP 399.611: Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos y la NTP 399.604: Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, cada mezcla estuvo constituida por 86 kg (para 14 unidades), se utilizó la máquina semiautomática para hacer adoquines de concreto de $10cm\ x\ 20cm\ x\ 6cm$ que tuvo la capacidad de incorporar 2 mezclas, las mismas que fueron útiles para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

**Tabla 16**

*Diseño de mezcla empleado*

| N° | Descripción | Unidad | Tratamientos | | | | | Sub Total | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Patrón | Z.(5%) y A.R (30%) | Z.(10%) y A.R. (30%) | Z.(5%) y A.R (50%) | Z.(10%) y A.R. (50%) | | |
| 1 | Cemento HE | Kg | 19.16 | 18.20 | 17.24 | 18.20 | 17.24 | 90.05 | 180.10 |
| 2 | Zeolita | kg | 0.00 | 0.96 | 1.92 | 0.96 | 1.92 | 5.75 | 11.50 |
| 3 | Agua | Kg | 7.70 | 7.70 | 7.70 | 7.70 | 7.70 | 38.50 | 77.00 |
| 4 | A. Grueso | kg | 2.10 | 1.47 | 1.47 | 1.05 | 1.05 | 7.14 | 14.28 |
| 5 | A. G.Reciclado | Kg | 0 | 0.63 | 0.63 | 1.05 | 1.05 | 3.36 | 6.72 |
| 6 | Agregado Fino | Kg | 56.75 | 56.75 | 56.75 | 56.75 | 56.75 | 283.73 | 567.45 |
| 7 | Eucoligh (0.2% Wc) | kg | 0.039 | 0.039 | 0.039 | 0.039 | 0.039 | 0.20 | 0.39 |
| | Relación a/c | | 0.40 | 0.42 | 0.45 | 0.42 | 0.45 | - | - |
| | Total | | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 428.72 | 857.44 |

Posteriormente, los adoquines fueron curados por aspersión de agua y cubiertos con plástico y lona (al primer día) y se sumergieron a los 28 días, a fin de que se complete el proceso de curado.

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión, dichas roturas fueron realizadas a los 1, 3, 7 y 28 días en los adoquines obtenidos.

**Tabla 17**

*Adoquines elaborados durante la investigación*

| Código | Ensayo: Resistencia a la compresión | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 7 | 28 | |
| S.T | | | | | 24 |
| $T_1$ (Z.=5%) y A.R.=30%) | | | | | 24 |
| $T_2$ (Z.=10%) y A.R.=30%) | | | | | 24 |
| $T_3$ (Z.=5%) y A.R.=50%) | | | | | 24 |
| $T_4$ (Z.=10%) y A.R.=50%) | | | | | 24 |
| Unidades experimentales | | | | | 120 |

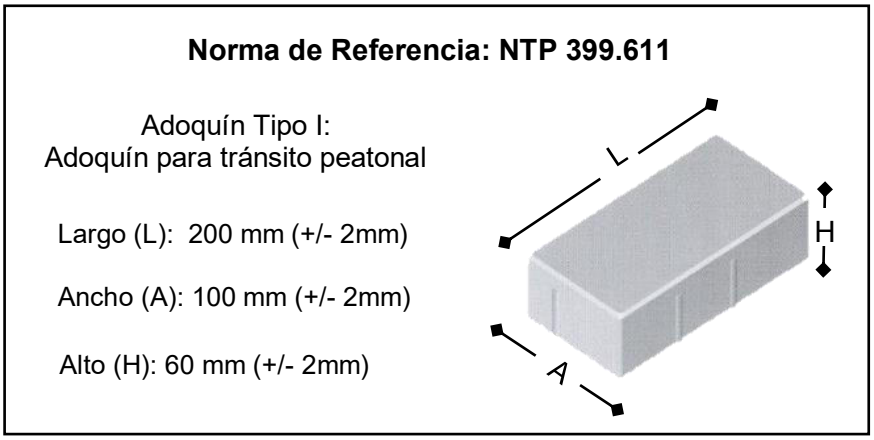
### 3.5.3. Procedimiento de O.E.3: Efecto de 4 combinaciones en las propiedades físicas del Adoquín Tipo I

#### 3.5.1.6 Etapa 6: Medición de dimensiones del adoquín obtenido

Se registró las dimensiones y peso de los adoquines obtenidos, correspondientes a los 1, 3, 7 y 28 días.

**Figura 4**

*Dimensiones de Adoquín tipo I*




*Nota*. *Elaborado a partir de la NTP 399.611 (2017)*

## 3.6 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos en campo y en laboratorio fueron digitalizados en Microsoft Excel 2016 y para el análisis de varianza (ANOVA) de los datos y comparación de los tratamientos planteados se utilizó el programa informático SPSS 17. Para verificar la normalidad e igualdad de varianza del modelo se utilizó el test de Shapiro-Wilk, teniendo en cuenta que el diseño es un ANOVA de 2 factores (tratamiento y edad) con 3 repeticiones. Asimismo, se utilizó la prueba Tukey para definir que tratamiento presenta mejor propiedad mecánica (resistencia a la compresión). Se empleó el Análisis de Regresión Múltiple para las propiedades físicas (dimensiones y masa) del adoquín obtenido.

**Tabla 18**

*Tabla ANOVA de dos factores*

| *Fuente de variación* | *Suma de Cuadrados* | *g.l.* | *Varianza* | *F* | $p$*-val* |
|---|---|---|---|---|---|
| Factor A (Tratamiento) | SCE (A) | *I* - 1 | $\frac{SCE(A)}{(I-1)}$ | $F_A$ | $pA$ |
| Factor B (Edad) | SCE (B) | *J* - 1 | $\frac{SCE(B)}{(J-1)}$ | $F_B$ | $pB$ |
| Interacción | SCE (AB) | (*I* - 1) (*J* - 1) | $\frac{SCE(AB)}{(I-1)(J-1)}$ | $F_{AB}$ | $pAB$ |
| Residual | SCR | *IJ* (*K* - 1) | $\frac{SCR}{IJ(K-1)}$ | | |
| Total | SCT | *IJK* - 1 | | | |

# CAPÍTULO IV:

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.7 RESULTADOS

Una vez obtenido los materiales, se realizó los ensayos descritos en el procedimiento respecto a las propiedades físicas y químicas de los agregados y la zeolita; así como las propiedades y características del adoquin tipo I obtenido.

### 3.7.1 Resultados de O.E.1: Propiedades físicas y químicas de agregados y zeolita

Los ensayos de las propiedades físicas y químicas de los agregados y zeolita se realizaron en los laboratorios: CEDIICON de la empresa de ECOCRET S.A.; LABINSERV de la Universidad Nacional de San Agustín; LABICER y el Laboratorio de Investigación de Fisicoquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería y en el laboratorio de Calidad de Agua de la Universidad Nacional de Moquegua.

#### 3.7.1.1 Propiedades físicas de agregados

De acuerdo al objetivo planteado, para el caso de las propiedades físicas se consideró 6 ensayos: Porcentaje de absorción, contenido de humedad, peso específico, análisis granulométrico, módulo de fineza, peso unitario suelto y varillado para agregados.

Respecto a las propiedades físicas del agregado fino que fue empleado en la investigación, y conforme a lo presentado en la Tabla 19, el módulo de fineza y el peso volumétrico suelto se encuentran dentro de lo estandarizado; por otro lado se observa que las propiedades tales como absorción y el contenido de humedad se encuentran por debajo de lo estandarizado de acuerdo a la norma de referencia.

**Tabla 19**

*Propiedades físicas del agregado fino*

| Propiedad física | Norma de referencia | Estándar | Agregado fino |
|---|---|---|---|
| Huso Granulométrico | NTP 400.012; ASTM C 136 | Arena gruesa | Arena gruesa |
| Módulo de fineza | NTP 400.037<br>NT E.070 | 2.3 – 3.1<br>1.6 – 2.5 | 2.46 |
| Tamaño máximo | | - | 3/4" |
| Tamaño máximo nominal | | - | 1/2" |
| Peso Esp. Aparente (gf/cm$^3$) | ASTM C 128; ASTM C127; NTP 400.021 | N.A | 2.749 |
| Peso Esp. de masa (gf/cm$^3$) | | N.A. | 2.638 |
| Peso Esp. SSS (gf/cm$^3$)* | | N.A. | 2.678 |
| Peso Vol. Comp (gf/cm$^3$) | ASTM C 29 | N.A | 1.963 |
| Peso Vol. Suelto (gf/cm$^3$) | | 1.798 | 1.798 |
| Absorción (%) | MTC | 4 | 1.54 |
| Contenido de Humedad (%) | ASTM D 2216 | 2% - 8%. | 1.30 |

*Nota. *Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco. N.A.: No tiene ninguna restricción. Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

En cuanto a la granulometría, en la Tabla 20 se observa que el agregado fino respecto a los tamices N° 50 y N°100 exceden los límites del porcentaje pasante; sin embargo respecto a los otros tamices, se encuentran dentro de los rangos especificados en la NTP 400.037 y ASTM C33.

**Tabla 20**

*Granulometría del agregado fino*

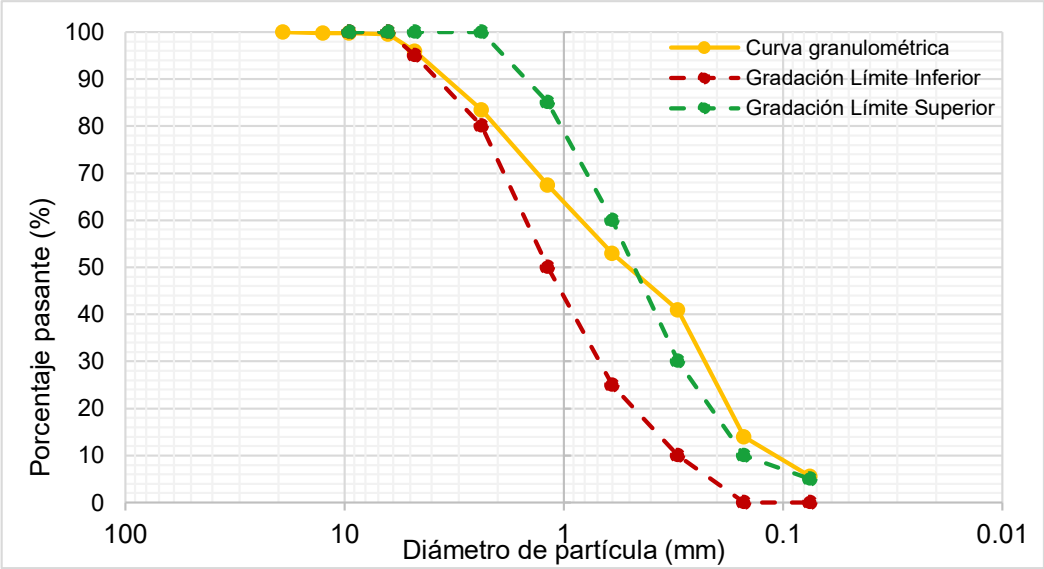
| Tamiz | Abertura (mm) | Pasante (%) | Espec. Técnica ASTM C33 NTP 400.012, NTP 400.037 Porcentaje que pasa (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Lím. Inferior | Lím. Superior |
| 3/4" | 19 | 100 | | |
| 1/2" | 12.5 | 99.72 | | |
| 3/8" | 9.5 | 99.72 | 100 | 100 |
| 1/4" | 6.3 | 99.58 | | |
| N°4 | 4.75 | 95.88 | 95 | 100 |
| N°8 | 2.36 | 83.48 | 80 | 100 |
| N°16 | 1.18 | 67.50 | 50 | 85 |
| N°30 | 0.6 | 52.95 | 25 | 60 |
| N°50 | 0.3 | 40.92 | 5 | 30 |
| N°100 | 0.15 | 13.94 | 0 | 10 |
| N°200 | 0.075 | 5.59 | 0 | 5 |
| Bandeja | | 0 | | |

Nota. *Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

En la curva granulométrica del agregado fino que se muestra en la Figura 5, resalta que el porcentaje pasante de los tamices: 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°16, N°30 y N°200, se encuentran dentro de los límites inferior y superior para el tipo de agregado fino; de acuerdo a norma, el agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8" (con abertura de 9.5 mm); y en este caso, el pasante fue del 99.72% de agregado.

**Figura 5**

*Curva granulométrica del agregado fino*




Nota. *Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

En la Tabla 21, se muestran las propiedades físicas del agregado grueso natural y reciclado utilizados en la investigación, donde se puede observar la semejanza en los valores del módulo de fineza, peso específico, peso volumétrico suelto y compactado entre ambos agregados; por otro lado se observa que en las propiedades tales como absorción y el contenido de humedad existe una diferencia; donde el agregado reciclado contiene mayor porcentaje de absorción (3.78%) y humedad (1.64%) respecto al agregado natural (1.04% y 0.34% respectivamente).

**Tabla 21**

*Propiedades físicas del agregado grueso (natural y reciclado)*

| Propiedad física | Método de Ensayo | Estándar | Agregado grueso | Agregado reciclado |
|---|---|---|---|---|
| Huso Granulométrico | NTP 400.012; ASTM C 136 | 3/8, 1/4" | Piedra 3/8" Huso 8 | Piedra 1/4" Huso 8 |
| Módulo de fineza | | | 5.99 | 5.84 |
| Tamaño máximo | | | 1/2" | 3/8" |
| Tamaño máximo nominal | | | 3/8" | 1/4" |
| Peso Esp. Aparente (gf/cm$^3$) | ASTM C 128; | | 2.802 | 2.288 |
| Peso Esp. de masa (gf/cm$^3$) | ASTM C127; NTP | | 2.723 | 2.106 |
| Peso Esp. SSS (gf/cm$^3$)* | 400.021 | 2.4g/cm$^3$ a 2.9g/cm$^3$ | 2.751 | 2.185 |
| Peso Vol. Comp (gf/cm$^3$) | ASTM C 29 | | 1.615 | 1.320 |
| Peso Vol. Suelto (gf/cm$^3$) | | | 1.465 | 1.168 |
| Absorción (%) | NTP 400.021 | N.A. | 1.04 | 3.78 |
| Contenido de Humedad (%) | ASTM D 2216 | 0.5% - 3% | 0.39 | 1.64 |

Nota. **Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco. N.A.: No tiene ninguna restricción Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

En la Tabla 22 se observa que el porcentaje pasante en el tamiz N°4 para el agregado grueso es inferior respecto a los límites inferior y superior; sin embargo respecto a los otros tamices se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTP 400.037.

**Tabla 22**

*Granulometría del agregado grueso*

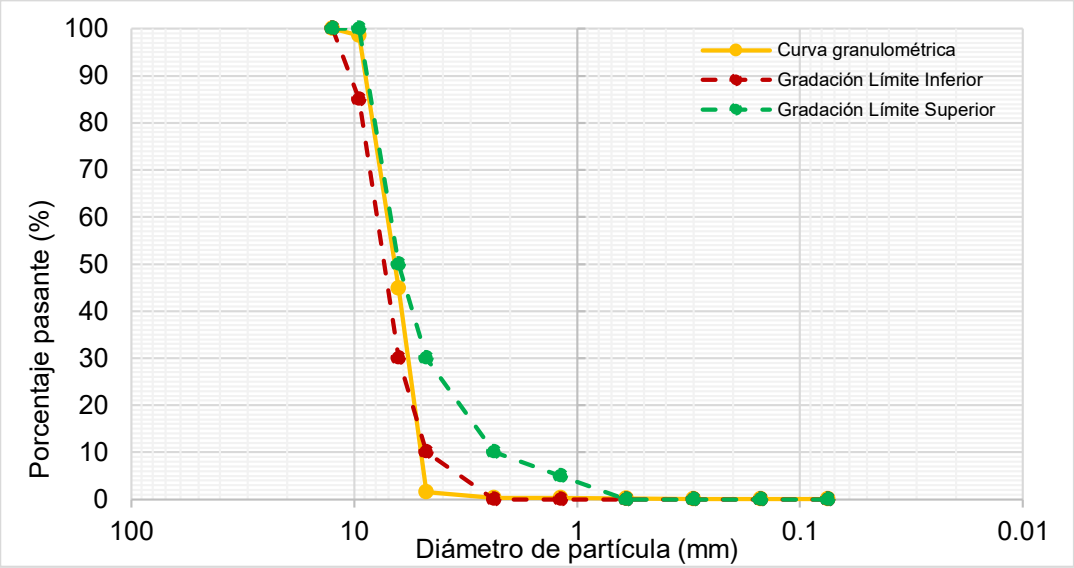
| Tamiz | Abertura (mm) | Pasante (%) | Porcentaje que pasa (%) ASTM C33, NTP 400.012, NTP 400.037 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Lím. Inferior | Lím. Superior |
| 1/2" | 12.5 | 100 | 100 | 100 |
| 3/8" | 9.5 | 98.60 | 85 | 100 |
| 1/4" | 6.3 | 44.80 | 30 | 50 |
| N°4 | 4.75 | 1.56 | 10 | 30 |
| N°8 | 2.36 | 0.30 | 0 | 10 |
| N°16 | 1.18 | 0.27 | 0 | 5 |
| N°30 | 0.6 | 0.22 | 0 | 0 |
| N°50 | 0.3 | 0.08 | 0 | 0 |
| N°100 | 0.15 | 0.05 | 0 | 0 |
| N°200 | 0.075 | 0.05 | 0 | 0 |
| Bandeja | | 0.00 | | |

Nota. *Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

En la curva granulométrica del agregado grueso que se muestra en la Figura 6, resalta que el porcentaje pasante de los tamices: 1/2”, 3/8", 1/4", N°8, N°16, N°30 y N°200 están dentro de los límites inferior y superior, a excepción del tamiz N°4 (con abertura de 4.75mm), donde el porcentaje pasante es inferior a los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

**Figura 6**

*Curva granulométrica del agregado grueso*




Nota. *Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

En la Tabla 23, se muestra que el porcentaje pasante para el tamiz 1/4" del agregado grueso reciclado es mayor de acuerdo a los límites inferior y superior indicado en la NTP 400.037; sin embargo respecto a los otros tamices se encuentran dentro de los rangos establecidos.

**Tabla 23**

*Granulometría del agregado grueso reciclado*

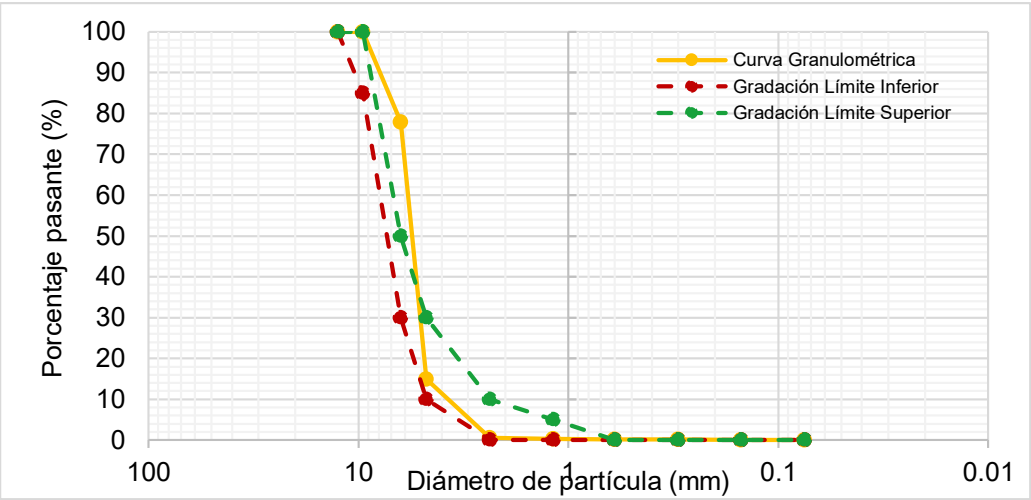
| Tamiz | Abertura (mm) | Pasante (%) | Porcentaje que pasa (%) ASTM C33, NTP 400.012, NTP 400.037 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Lím. Inferior | Lím. Superior |
| 1/2" | 12.5 | 100 | 100 | 100 |
| 3/8" | 9.5 | 100 | 85 | 100 |
| 1/4" | 6.3 | 77.88 | 30 | 50 |
| N°4 | 4.75 | 14.87 | 10 | 30 |
| N°8 | 2.36 | 0.56 | 0 | 10 |
| N°16 | 1.18 | 0.28 | 0 | 5 |
| N°30 | 0.6 | 0.22 | 0 | 0 |
| N°50 | 0.3 | 0.13 | 0 | 0 |
| N°100 | 0.15 | 0.07 | 0 | 0 |
| N°200 | 0.075 | 0.03 | 0 | 0 |
| Bandeja | | 0.00 | | |

Nota. *Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

En la curva granulométrica del agregado grueso reciclado mostrada en Figura 7, resalta que el porcentaje pasante en los tamices: 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200 se encuentran dentro de los rangos establecidos, a excepción del tamiz 1/4" (con abertura de 6.3 mm), donde el porcentaje pasante es superior a los límites establecidos en la norma.

**Figura 7**

*Curva granulométrica del agregado grueso reciclado*




Nota. *Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio CEDIICON, Arequipa (2021).*

#### 3.7.1.2 Propiedades químicas de agregados

De acuerdo a la Tabla 24, se muestra que la cantidad de cloruros y sulfatos se encuentran dentro del rango establecido por la NTP 400.037 (1000 ppm y 12000 ppm respectivamente para agregado fino y 1000 ppm y 10000 ppm para agregado grueso) y estos están directamente relacionados con la conductividad y la cantidad de sales solubles, que es la concentración de cloruros, sulfatos y otras sales; en cuanto a la materia orgánica, si bien el agregado fino presenta un mayor valor respecto a otros, se sustentaría que esto es debido al lugar de su procedencia (arena de río), sin embargo los valores son menores de acuerdo a la NTP 400.037; el pH del agregado reciclado tiene un valor de 9 (básico-alcalino) y resulta mayor a los agregados naturales, esto debido a la presencia de concreto presente en el mismo.

**Tabla 24**

*Propiedades químicas de 3 tipos de agregados*

| Muestra | Parámetros | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cloruros (ppm) | Sulfatos (ppm) | Sales Solubles (ppm) | C.E. (ppm) | Materia Orgánica (%) | pH |
| Agregado reciclado | 536.97 | 154.45 | 1411.92 | 903 | 0.54 | 9.07 |
| Agregado grueso | 44.43 | 11.41 | 374.97 | 108.3 | 0.76 | 7.94 |
| Agregado fino | 353.09 | 74.66 | 2174.04 | 1135 | 0.88 | 7.7 |

*Nota. Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio de Investigación y Servicios – LABINVSERV, UNSA (2021) y Laboratorio de Calidad de Agua, UNAM (2022)*

#### 3.7.1.3 Composición química de agregados y zeolita

De acuerdo al objetivo planteado, para el caso de las propiedades químicas se consideró: composición de óxidos, materia orgánica, sulfatos, cloruros, conductividad eléctrica, pH, dureza y porosidad.

La composición química de los agregados y zeolita por óxidos se muestra en porcentajes, mediante el análisis por Fluorescencia de Rayos X.

En la Tabla 25, se muestra que la concentración de $SiO_2$ para los tres tipos de agregados oscilan entre sí, se observa que la concetración de $Al_2O_3$ (12.8%) para el agregado reciclado es menor respecto a los otros dos agregados naturales ello por la presencia de minerales que básicamente son elementos químicos que se forman geológicamente, sin embargo, la concentración de CaO (14.80%) de este agregado es mayor a comparación del agregado grueso y fino, ya que está compuesta por residuos de concreto.

**Tabla 25**

*Composición química de agregados*

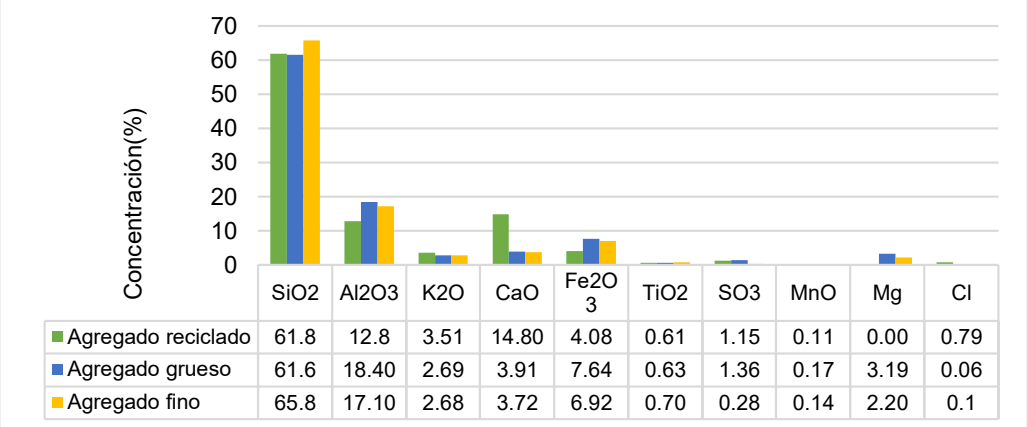
| | Composición química (%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Muestra | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | CaO | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | $SO_3$ | MnO | Mg | Cl |
| Agregado reciclado | 61.8 | 12.8 | 3.51 | 14.80 | 4.08 | 0.61 | 1.15 | 0.11 | 0.00 | 0.79 |
| Agregado grueso | 61.6 | 18.40 | 2.69 | 3.91 | 7.64 | 0.63 | 1.36 | 0.17 | 3.19 | 0.06 |
| Agregado fino | 65.8 | 17.10 | 2.68 | 3.72 | 6.92 | 0.70 | 0.28 | 0.14 | 2.20 | 0.1 |

*Nota. Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio de Investigación y Servicios – LABINVSERV, UNSA (2021).*

En la Figura 8 respecto a la composición química de agregados se observa que la concentración de $SiO_2$ en los 3 agregados oscilan entre si, donde el agregado fino tiene alrededor de 65.8%.

**Figura 8**

*Composición química de agregados*




Nota. *Elaborado a partir de los resultados obtenidos del Laboratorio LABINVSERV, (2021).*

En la Tabla 26, muestran resultados producto del ensayo de Difracción de Rayos X, donde la composición de este mineral está compuesto principalmente por $SiO_2$ (75%), $Al_2O_3$ (13.20%), $K_2O$ (3.91%) y CaO (3.73%). Adicional a ello, este mineral también fue empleado como aglomerante por Vera (2018), donde se realizó la técnica de Difracción de Rayos X, dando como resultado que la zeolita empleada pertenece al tipo clinoptilolita representado por la fórmula: $Ca_{3.16}Si_{36}O_{72}(H_2O)_{21.80}$

**Tabla 26**

*Composición química de zeolita Clinoptilolita*

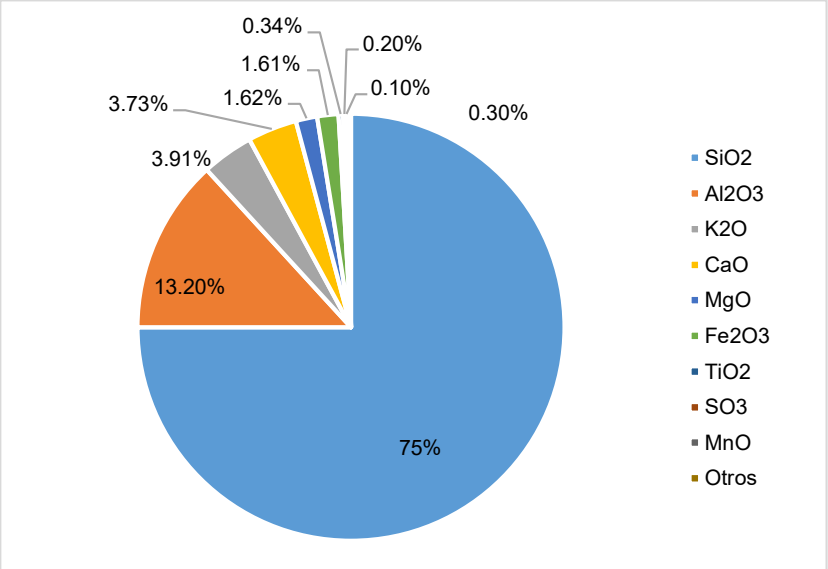
| CONCENTRACIÓN (%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | CaO | MgO | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | $SO_3$ | MnO | Otros |
| 75% | 13.20% | 3.91% | 3.73% | 1.62% | 1.61% | 0.34% | 0.20% | 0.10% | 0.30% |

Nota. *Elaborado a partir del Laboratorio de Investigación y Servicios – LABINVSERV, UNSA (2021)*

Gráficamente, respecto a la composición química de la zeolita Clinoptilolita, se puede apreciar que este mineral está compuesto principalmente por $SiO_2$ (75%), $Al_2O_3$ (13.20%).

**Figura 9**

*Composición química de zeolita Clinoptilolita*




Nota. *Elaborado a partir del Laboratorio – LABINVSERV, UNSA (2021)*

#### 3.7.1.4 Propiedades físicas y químicas de Zeolita

En la Tabla 27, se muestra que el pH de la zeolita tiene un valor de 9.08 el cual influye en el fraguado; mientras más se incrementa el pH también incrementa el tiempo de fraguado; asimismo se observó que la alcalinidad incrementa la resistencia a la compresión en un 3.3 - 4.4%.(Paliza & Ccama, 2017), posee una dureza de 6 Mohs, que representa un buen indicador.

**Tabla 27**

*Parámetros de zeolita*

| Muestra | Parámetro | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Dureza Mohs | Superficie BET | pH | Conductividad Eléctrica |
| Zeolita | 6 | 14 $m^2/g$ | 9.08 | 69.18 ppm |

*Nota. Elaborado a partir de los resultados de Laboratorio LABICER y Laboratorio de Investigación de Fisicoquímica (2022)*

### 3.7.2 Resultados de O.E.2: Efecto de la resistencia a la compresión de 4 combinaciones

#### 3.7.2.1 Resistencia a la Compresión

Respecto a este ensayo, se realizó la prueba estadística, previo a ello se empleó el test de Levene para identificar si cumple o no con el principio de normalidad y homogeneidad de varianzas en conjunto, donde los valores probabilísticos deben de ser mayores a 0.05.

- Ho: los datos son normales (p>=0.05) (no significativo)
- H1: los datos no son normales (p<0.05) (significativo)

En la Tabla 28, se observa las características descriptivas de las resistencias a la compresión en 60 adoquines (12 por tratamiento), donde el tratamiento 2 presentó las mayores resistencias a la compresión (M=327.28; SD=53.51), sin embargo el tratamiento 1 presentó las menores resistencias a la compresión (M=291.62; SD=71.83); ambos tratamientos respecto y los demás cumplen con el supuesto de normalidad; ya que el test de Shapiro-Wilk (se aplica cuando n es menor a 50) para los tratamientos indican valores no significativos (p>.05). La prueba de Levene (W=2.111; p>.05) nos indica que no es significativo,

por lo tanto las varianzas son homogéneas para los tratamientos y no hay variabilidad significativa.

El Test de Levene da un valor de 2.11 con un nivel de probabilidad de 0.092 siendo este no significativo, por lo tanto cumple con el principio de homogeneidad de varianzas para la elaboración de la tabla de ANOVA.

**Tabla 28**

Características descriptivas de fuerza de compresión por tratamiento

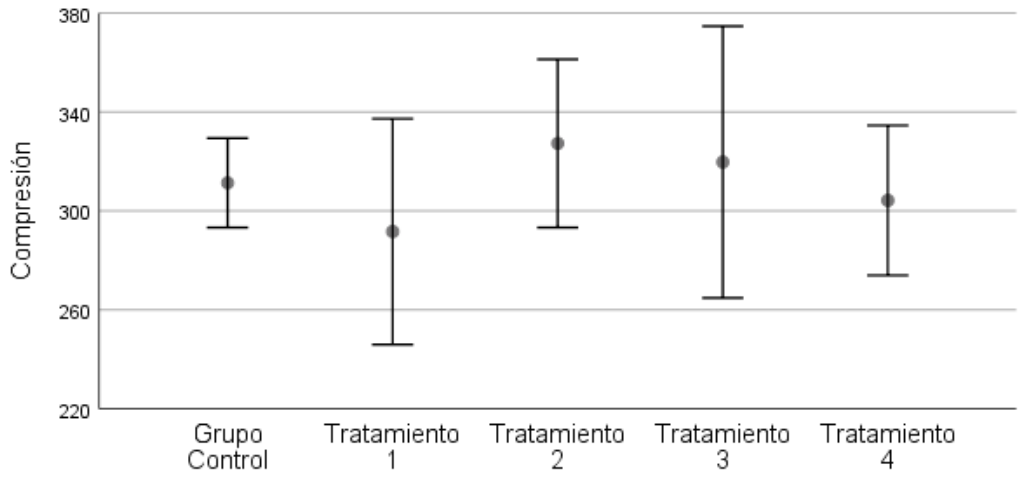
| | | | | | Shapiro Wilk | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | Media | Desv. Desviación | I.C.95% | | Prueba normalidad | p valor |
| | | | L.I. | L.S. | | |
| 0 | 311.32 | 28.42 | 293.26 | 329.37 | 0.843 | 0.030 |
| 1 | 291.62 | 71.83 | 245.98 | 337.26 | 0.933 | 0.407 |
| 2 | 327.28 | 53.51 | 293.28 | 361.28 | 0.866 | 0.058 |
| 3 | 319.74 | 86.43 | 264.82 | 374.65 | 0.936 | 0.449 |
| 4 | 304.23 | 47.70 | 273.93 | 334.54 | 0.866 | 0.058 |

*Nota. Test de Levene 2.111, p=0.092*

En la Figura 10, observamos las distribuciones de las resistencias a la compresión por tratamiento a un IC95%, donde el grupo que presenta mayor variabilidad es el Tratamiento 3 (SD=86.43 kgf/cm$^2$), seguido por el Tratamiento 1 (SD=71.83 kgf/cm$^2$), a comparación del Grupo control que presenta menor variabilidad y dispersión de datos (SD=28.42 kgf/cm$^2$).

**Figura 10**

Resistencias a la compresión por tratamiento en IC95%.




### 3.7.2.2 Prueba ANOVA: Resistencia a la Compresión

De acuerdo al objetivo planteado, se consideró los factores de: tratamiento (combinaciones de zeolita y agregado grueso reciclado) y edad (para los 1,2,7 y 28 días) con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas.

**Hipótesis para tratamiento**

- Ho: Las resistencias medias de los tratamientos son iguales.
- H1:Las resistencias medias de los tratamientos al menos dos son diferentes.

**Hipótesis para edad**

- Ho: Las resistencias medias respecto a las edades son iguales.
- H1: Las resistencias medias respecto a las edades al menos dos son diferentes.

**Hipótesis para la interacción**

- H0: Las resistencias medias respecto a las interacciones son iguales.
- H1: Las resistencias medias respecto a las interacciones al menos dos son diferentes.

En la Tabla 29, se observa el análisis de varianza de los factores: tratamiento y edad, donde las resistencias a la compresión entre los tratamientos (F=3.07; con una probabilidad de p=0.027) y entre edades (F=61.234; p=.00) son significativos, es decir son menores a p<.05 al igual que la interacción tratamiento*edad (F=4.199; p=.00); es decir que al menos dos tratamientos son diferentes, al igual que en las edades al menos dos son diferentes.

**Tabla 29**

*ANOVA de resistencias a la compresión entre tratamiento y edad*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig.* |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 9153,474 | 4 | 2288,368 | 3,070 | ,027 |
| Edad | 136948,448 | 3 | 45649,483 | 61,234 | ,000 |
| Tratamiento * Edad (Interacción) | 37559,512 | 12 | 3129,959 | 4,199 | ,000 |
| Error | 29819,523 | 40 | 745,488 | | |
| Total | 213480,956 | 59 | | | |

*Nota. *Donde p<0.05*

En la Tabla 30, se muestra un mayor detalle de las diferencias entre los tratamientos, donde la prueba de Tukey (DMS=31.836) determinó que el Tratamiento 1 difiere significativamente (p<.05) del Tratamiento 2, mientras que los tratamientos 3, 4 y el grupo control estadísticamente son iguales (se encuentran dentro de un mismo grupo)

**Tabla 30**

*Comparación posthoc (Tukey) de fuerzas de compresión entre tratamientos*

| Tratamiento | N | Subconjunto | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| Tratamiento 1 | 12 | 291,6194 | |
| Tratamiento 4 | 12 | 304,2335 | 304,2335 |
| Grupo Control | 12 | 311,3190 | 311,3190 |
| Tratamiento 3 | 12 | 319,7366 | 319,7366 |
| Tratamiento 2 | 12 | | 327,2818 |

En la Tabla 31 se muestra la comparación posthoc de las resistencias a la compresión entre las edades mediante la prueba de Tukey (DMS=26.72; α=.05), donde determinó que los adoquines con 28 días de edad difieren significativamente respecto a edades de 1, 3 y 7 días. (Ver Figura 11); mientras que la resistencia a la compresión para las edades de 3 y 7 son iguales.

**Tabla 31**

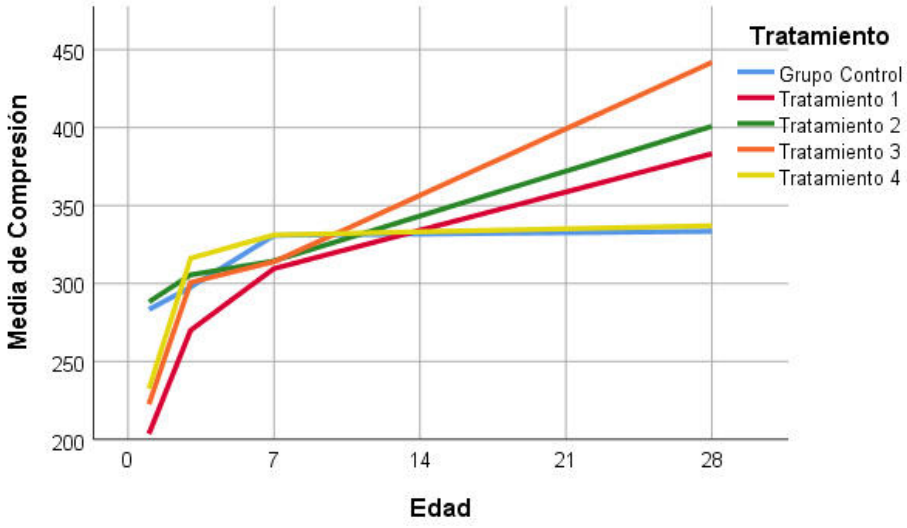
Comparación posthoc de fuerzas de compresión (kgf/cm$^2$) entre edades

| Edad | N | Subconjunto | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1 día | 15 | 246,0361 | | |
| 3 días | 15 | | 298,0374 | |
| 7 días | 15 | | 320,0110 | |
| 28 días | 15 | | | 379,2676 |

En la Figura 11, las interacciones entre los tratamientos y edad, se observa que la interacción en el día 28 para el Tratamiento 3 presenta la mayor resistencia a la compresión frente a las demás interacciones, esta diferencia queda demostrada en la prueba posthoc de Tukey (DMS=84.455; α=.05), donde indica que los tratamientos 3, 2 y 1 difieren significativamente de los tratamientos 4 y grupo control, además se observa que estos dos últimos tratamientos no difieren significativamente en el tercer, séptimo y veintochoavo día de edad, es decir son iguales estadísticamente.

**Figura 11**

*Interacción de resistencias a la compresión entre tratamiento y edad.*




En la Figura 12, se muestra los resultados del ensayo de resistencia de compresión entre el Grupo Control y los 4 tratamientos, haciéndose el siguiente planteamiento:

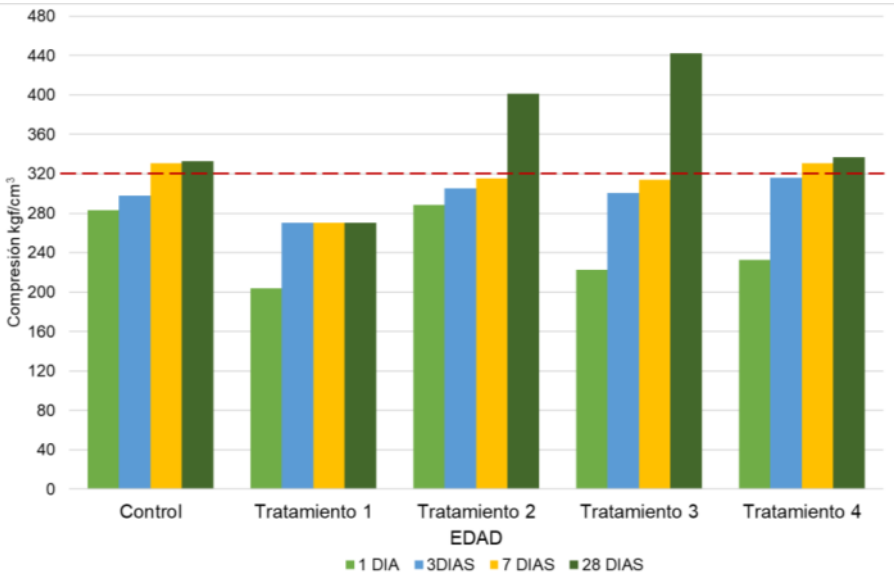
- Ho: u=320; la resistencia media del grupo control es 320 kgf/cm$^2$ (p>=0.05, no significativo)
- H1: u≠320; la resistencia media del grupo control es diferente 320 kgf/cm$^2$ (p<0.05, significativo)

Ya que de acuerdo a la NTP 399.011, establece una media de compresión de 320 kgf/cm$^2$ para adoquin Tipo I, en ese sentido se realizó la prueba estadística de comparación en el grupo control para la resitencia a la compresión (M=333 kgf/cm$^2$; DS= 6.29 kgf/cm$^2$) a los 28 días dando un resultado no significativo (t=3.707; p=0.066).

De esta manera, en la Figura 12, se muestra que el Tratamiento 1, presenta valores inferiores a 320 kgf/cm$^2$

**Figura 12**

*Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión*




### 3.7.3 Resultados de O.E.3: Efecto de 4 combinaciones en las propiedades físicas del Adoquin Tipo I

#### 3.7.3.1 Propiedades físicas del Adoquín Tipo I obtenido

Luego de la elaboración de los adoquines con sus respectivos tratamientos, se tomaron las mediciones con la finalidad de identificar si influyen en la resistencia a la compresión.

En Tabla 32, se muestra las características descriptivas de las propiedades físicas del adoquín Tipo I que son influyentes en la resistencia a la compresión de una muestra de 50 unidades, donde la resistencia a la compresión presenta una media M=302.94 y una desviación estándar SD=46.2, para la masa de los adoquines se presenta una M =2748.88g con una DS =66.87g, mientras que para el largo, alto y ancho sus longitudes medias son 19.96 cm, 6.27cm y 10.12 cm, teniendo unos porcentajes de variación muy bajas, 0.15%, 1.28% y 0.40% con respecto a su media, lo que indica que las dimensiones presentan homogeneidad en su fabricación. Las variables en estudio presentan un comportamiento normal (p>.05), necesarias para un análisis de regresión múltiple.

**Tabla 32**

Características descriptivas de propiedades físicas del adoquín

| Variable | Media | Desv. estándar | Coef. De variación | Intervalo de Confianza 95% | | Normalidad | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | L.I. | L.S. | Shapiro Wilk | P valor |
| Compresión | 302.94 | 46.24 | 15.34% | 289.80 | 316.08 | 0.955 | 0.052 |
| Masa | 2748.88 | 66.87 | 2.42% | 2729.87 | 2767.89 | 0.977 | 0.448 |
| Largo | 19.96 | 0.03 | 0.15% | 19.96 | 19.97 | 0.939 | 0.012 |
| Alto | 6.27 | 0.08 | 1.28% | 6.24 | 6.29 | 0.979 | 0.522 |
| Ancho | 10.12 | 0.04 | 0.40% | 10.11 | 10.13 | 0.979 | 0.504 |

### 3.7.3.2 Análisis de Regresión Múltiple de propiedades físicas por tratamiento

Considerando que:

- H0: igual (no influye) (p>=0.05; no significativo)
- H1: diferente (si influye) (p<0.05; significativo)

En la Tabla 33, se muestran los resultados del análisis de regresión para el tratamiento 1 para una muestra de 7 adoquines, donde se observa que las propiedades físicas no son significativas (p>=0.05) es decir; no influyen en la resistencia a la compresión.

**Tabla 33**

*Análisis de regresión múltiple, tratamiento 1*

**Coeficientes[a]**

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. (probabilidad) |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Desv. Error | Beta | | |
| (Constante) | 37,349,998 | 25,170,703 | | 1,484 | ,276 |
| Masa | ,610 | ,360 | ,603 | 1,694 | ,232 |
| Largo | -2,493,528 | 1,925,299 | -1,901 | -1,295 | ,325 |
| Ancho | 843,431 | 937,319 | ,785 | ,900 | ,463 |
| Alto | 396,741 | 826,412 | ,492 | ,480 | ,679 |

*Nota. a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión*

En la Tabla 34, se muestra los resultados del análisis de regresión para el Tratamiento 2, para una muestra de 11 adoquines, donde las propiedades físicas no son significativas (p>=0.05).

**Tabla 34**

*Análisis de regresión múltiple, tratamiento 2*

**Coeficientes[a]**

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. (probabilidad) |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Desv. Error | Beta | | |
| (Constante) | 3,074,321 | 14,197,660 | | ,217 | ,836 |
| Masa | ,001 | ,263 | ,003 | ,004 | ,997 |
| Largo | -141,294 | 554,830 | -,138 | -,255 | ,807 |
| Ancho | -51,007 | 537,205 | -,065 | -,095 | ,927 |
| Alto | 91,447 | 218,872 | ,204 | ,418 | ,691 |

*Nota. a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión*

En la Tabla 35, se muestra el análisis de regresión para el Tratamiento 3, para una muestra de 9 adoquines; las propiedades físicas como la masa, ancho y alto son estadísticamente significativas (p<0.05) es decir, son influyentes en los niveles de compresión. Por cada gramo de masa que tenga el adoquín la resistencia aumentará 1.49 kgf/cm$^2$, mientras que por cada milímetro en el ancho del adoquín la resistencia disminuye en 17.97 kgf/cm$^2$; y por cada milímetro en el alto del adoquín la resistencia disminuye en 11.67 kgf/cm$^2$.

**Tabla 35**

*Análisis de regresión múltiple, tratamiento 3*

**Coeficientes[a]**

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. (probabilidad) |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Desv. Error | Beta | | |
| (Constante) | 10,529,974 | 5,657,613 | | 1,861 | ,136 |
| Masa | 1,493 | ,224 | 1,505 | 6,664 | ,003 |
| Largo | 554,639 | 327,060 | ,290 | 1,696 | ,165 |
| Ancho | -1,797,288 | 384,577 | -1,010 | -4,673 | ,009 |
| Alto | -1,167,577 | 313,519 | -,671 | -3,724 | ,020 |

*Nota. a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión*

En la Tabla 36, se muestra el análisis de regresión para el Tratamiento 4 para una muestra de 11 adoquines, donde las propiedades físicas no son significativas sobre la compresión (p>=0.05).

**Tabla 36**

*Análisis de regresión múltiple, tratamiento 4*

**Coeficientes[a]**

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. (probabilidad) |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Desv. Error | Beta | | |
| (Constante) | 31,921,666 | 53,928,561 | | ,592 | ,576 |
| Masa | -,071 | ,436 | -,043 | -,163 | ,876 |
| Largo | -1,673,891 | 2,899,859 | -,464 | -,577 | ,585 |
| Ancho | 486,191 | 625,545 | ,492 | ,777 | ,467 |
| Alto | -461,563 | 277,890 | -1,162 | -1,661 | ,148 |

*Nota. a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión*

## 3.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.8.1 Propiedades físicas y químicas de agregados y zeolita

#### 3.8.1.1 Propiedades del agregado reciclado

Para la elaboración del adoquín tipo I, se empleó el agregado grueso reciclado (confitillo) de acuerdo a INACAL (2018) en la NTP 400.037. Agregado para concreto, donde establece que este agregado debe de tener un porcentaje pasante que oscile entre el 85% a 100% para el tamiz 3/8" (9.5 mm) y de 10% a 30% para el tamiz N°4 (4.75 mm); el agregado reciclado obtenido en el estudio presentó un pasante del 100% para el tamiz 3/8" y de 14.87% para el tamiz N°4, rangos que están dentro de lo normado y cuyos resultados se relacionan con los de Espinoza (2022), donde obtuvo un porcentaje pasante de 100% y 47.7% para el tamiz 3/8" y N°4; así como para Ceballos et al., (2021), donde sus agregados alcanzaron un diámetro de 3/8", los mismos que cuentan con las características apropiadas para la fabricación de adoquines; esto debido a que durante la trituración secundaria, se empleó tamices para que exista una mayor uniformidad en el material, ya que la granulometría juega un papel importante, pues si ésta es continua y, adicionalmente, se le añade una la dosificación de cemento y una adecuada energía de vibración, se obtendrá un concreto altamente impermeable, que resulta beneficioso no solo a la hora de combatir las acciones externas (ataques químicos o físicos como el congelamiento), debido a la reducida cantidad de vacíos que poseería y las limitadas vías de penetración de agentes externos descritos (Espinoza, 2022).

El peso específico nos permite clasificar a nuestro agregado como ligero, normal y pesado (Espinoza, 2022). Según la Portland Cement Association el peso específico de un agregado natural oscila entre los 2.4g/cm$^3$ a 2.9g/cm$^3$; el agregado reciclado obtuvo un peso específico de 2.19 gf/cm$^3$ siendo menor al agregado natural (2.75 gf/cm$^3$); mientras que para Espinoza (2022) obtuvo un peso especifico de 2.1 gf/cm$^3$, y para Özalp et al.(2016) 2.7 gf/cm$^3$, por lo que el agregado obtenido en la investigación es considerado ligero y poroso.

Respecto al porcentaje de absorción, el agregado reciclado obtuvo 3.78%, este valor se relaciona con Montero & Laserna (2017), quienes obtuvieron un valor de 3.81% a 4.96% para su agregado reciclado; para Özalp et al. (2016) presentaron valores mayores entre 8% a 10% y para Espinoza (2022) un valor de

4.10%. La absorción de agua de los agregados constituye un dato necesario al momento de su empleo en el concreto, la alta absorción se magnifica a partir de la porosidad interna de las partículas (Carrizo et al., 2016)

El peso unitario, es definido como el peso de un volumen determinado de material. Esta propiedad es de suma importancia en el tema de la cantidad de material a usar, pues mide el volumen que va a ocupar el agregado dentro de la mezcla de concreto. Espinoza (2022). El agregado reciclado tuvo un peso unitario suelto de 1.17 gf/cm$^3$ y peso unitario varillado de 1.32 gf/cm$^3$; Espinoza, (2022) presentó valores semejantes con 1.179 gf/cm$^3$ y 1.514 gf/cm$^3$ para ambos pesos y Özalp et al. (2016) quien presentó 1.160 gf/cm$^3$ y 1.278 gf/cm$^3$ para los pesos unitarios suelto y varillado.

En cuanto a la humedad del agregado reciclado, este fue de 1.64%, mientras que para Espinoza (2022) la humedad alcanzó a 1.56%; sin embargo Özalp et al. (2016) y Montero & Laserna (2017) obtuvieron valores menores de 0.70% y de 0.5% a 3.5%; sin embargo Lagares (2017) presentó un mayor porcentaje de humedad 4%. Cuando la humedad de los agregados es relativamente baja, indica que el agregado aporta una mínima cantidad de agua a la mezcla.

De acuerdo a la NTP 400.037, dado por INACAL (2018) establece que el contenido de cloruros y sulfatos de los agregados no debe de exceder de 1000 ppm y 10000 ppm respectivamente, el agregado reciclado obtuvo una concentración de 536.97 ppm y 154.45 ppm, lo que resulta favorable en el adoquín tipo I. El contenido de cloruros, sulfatos y otras sustancias no debe perjudicar el comportamiento en fresco y endurecido del concreto (Pacheco et al., 2023)

El pH del agregado reciclado tiene un valor de 9 (básico-alcalino) y resulta mayor a los agregados grueso y fino naturales utilizados en la investigación (7.9 y 7.7); valores que son similares para Lagares (2017) quien obtuvo rangos de 10.1 y 12.3 pH en el agregado reciclado empleado, mostrando un pH alcalino, ello debido a la presencia de hidróxidos provenientes del concreto que forma parte del agregado reciclado, conductividad de 903 ppm; así también la concentración de CaO (13.27%) de este agregado es mayor a comparación del agregado grueso y fino; y de acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo por Fluoresencia de rayos

X, la concentración de CaO (14.80%) es mayor respecto a los agregados naturales fino (3.72%) y grueso (3.91%).

Considerando que los agregados deben de ser resistentes y libres de impurezas indeseables (La Madrid, 2020) se realizó el ensayo de materia orgánica, donde el agregado reciclado tuvo 0.54%, y fue menor respecto a los agregados naturales: fino (0.88%) y grueso (0.76%); Lagares (2017) presentó un mayor porcentaje de este parámetro (2.54%).

#### 3.8.1.2 Propiedades de la zeolita

En la investigación se empleó 5% y 10% de zeolita, considerando investigaciones previas donde Kaboosi et al. (2020) utilizó entre 10% a 30% de zeolita clinoptilolita, este mismo tipo de zeolita fue empleado por Vera & Ledezma (2018) que utilizó de 20% a 45%; y Raggiotti et al. (2018) que empleó 5%, 10%, 15% y 20% de zeolita; mientras que Ramirez (2018) utilizó el 10% y 15% de roca zeolita. Małolepszy & Grabowska, (2015) confirmaron el efecto beneficioso del aditivo zeolítico sobre los morteros de cemento, donde se sometieron en solución de sulfato agresiva, y se observó que el mortero de referencia mostró una microfisura superficial y cambios de color tales como incrusiones amarillas y grises en las paredes mientras el mortero con zeolita no presentó daños visibles en la superficie.

La zeolita clinoptilolita utilizada en la investigación, procedió de la investigación de Vera (2018), donde de acuerdo a la norma ASTM C618-12, se encuentra categorizada como puzolana tipo N dentro de los grupos N, F y C. Este mineral en presencia de agua, tiene propiedades puzolánicas, reacciona con el hidróxido de calcio para formar un producto que tiene propiedades aglutinantes (Małolepszy & Grabowska, 2015).

Respecto a la composición de la zeolita, de acuerdo a las norma ASTM C311-11 y ASTM C618, la actividad puzolánica es igual a la suma de concentraciones de $SiO_2$, $Al_2O_3$ y $Fe_2O_3$ donde debe ser del 70% para la clase N. De acuerdo al ensayo de Difracción de Rayos X, la composición de la zeolita clinoptilolita utilizado tiene una actividad puzolánica de 89.8%, constituida por $SiO_2$ (75%), $Al_2O_3$ (13.20%), $Fe_2O_3$ (1.61%); en el estudio de Kaboosi (2019), obtuvo un

80.20% de actividad puzolánica, constituido por $SiO_2$ (69.28%), $Al_2O_3$ (10.43%) y $Fe_2O_3$ (0.49%); mientras que para Raggiotti et al. (2018) obtuvo un 75.1% de actividad puzolánica compuesto por $SiO_2$ (59.8%), $Al_2O_3$ (14.3%) y $Fe_2O_3$ (1%); sin embargo Ramirez (2018) obtuvo una menor actividad puzolánica 54%, constituido por $SiO_2$ (33.1%), $Al_2O_3$ (15.4%) y $Fe_2O_3$ (6%) ello difiere debido a que en este estudio se empleó roca zeolita de la zona.

El pH influye en el fraguado, ya que Paliza & Ccama (2017) manifiestan que mientras el pH incrementa, el tiempo de fraguado también; asimismo existe una relación con la alcalinidad ya que incrementa la resistencia a la compresión en un 3.3 - 4.4%; en este estudio la zeolita utilizada alcanzó un valor de 9.08, mientras que para Ramirez (2018) la roca zeolita empleada obtuvo un pH de 13; de acuerdo a lo manifestado por La Iglesia, (1989) las zeolitas muy silícicas(clinoptilolita y mordenita) son las más estables a pH inferiores a 10; por el contrario, las zeolitas de bajo contenido en sílice(analcima y chabazita) son las más estables a pH superiores a 10.

En cuanto a la superficie específica, se obtuvo un valor de $14m^2/g$, resultado que se relaciona con el valor obtenido por Raggiotti et al., (2018), donde la zeolita clinoptilolita - heulandita, presentó una superficie específica BET de $11m^2/g$. En la investigación se obtuvo una dureza de 6 Mohs, que representa un buen indicador, ya que debido a su estructura tridimensional, la zeolita clinoptilolita tiene propiedades físicas como la dureza media de 4 a 5 mohs, (Celta Brasil, 2022)

### 3.8.2 Efecto de la resistencia a la compresión de 4 combinaciones

#### 3.8.2.1 Propiedades del Adoquín Tipo I

Esta propiedad mecánica presentó mejores resultados en el tratamiento 3, al emplear 50% de agregado reciclado y 5% de zeolita, alcanzando una resistencia de a 442 $kgf/cm^2$ a los 28 días, para Ramirez (2018) las unidades de albañilería obtenidas a los 28 días (que fueron curadas por inmersión) con sustitución del 10% y 15% de zeolita alcanzaron resistencias de 175.52 $kgf/cm^2$ y 175.93 $kgf/cm^2$ respectivamente, apreciándose una mejor resistencia al 15% debido a que existe mayor material cementante, también influyó el alto contenido del pH (13) del mismo. Para Özalp et al., (2016) hubo reducción en los productos con el uso de

40% de tasa de reemplazo de agregados reciclados, sin embargo las mezclas producidas con los agregados gruesos reciclados mostraron mejores resultados de resistencia que las mezclas con áridos finos reciclados; sin embargo, para Espinoza, (2022) el reemplazo óptimo de agregado reciclado fue al emplear el 20% donde alcanzó una resistencia a la comprensión de 442.45 kgf/cm$^2$; mientras que para Vera & Ledezma (2018) la incorporación de zeolita en sustitución al cemento alcanzó una resistencia hasta 204 kgf/cm$^2$; por lo antecedido se puede afirmar que el comportamiento de ambos materiales influyen sobre la resistencia a la compresión, y que es el agregado reciclado que influye favorablemente sobre esta propiedad, ya que para Ventura (2019) concluye que, mientras más se aumenta el porcentaje de sustitución del cemento por polvo de roca zeolita, la resistencia de los morteros experimentales tienden a disminuir.

### 3.8.3 Efecto de 4 combinaciones en propiedades físicas del Adoquín Tipo I

De acuerdo a la NTP 399.611, establece que las dimensiones para el Adoquín Tipo I para uso peatonal debe de tener las siguientes dimensiones: 20 cm de largo, 10 cm de ancho y un alto de 6 cm, y debe de contar con una masa de 2.6 kg; los resultados obtenidos tanto en el patrón como en los 4 tratamientos realizado se observó que se encuentran dentro del estándar establecido, a excepción de la masa, donde el tratamiento 3, presenta un valor de 2.8 kg; sin embargo,de acuerdo al análisis de regresión múltiple realizado, se demuestra que a mayor longitud en el largo y alto de un adoquín, menor será la resistencia, es decir, influye negativamente sobre esta propiedad, por otro lado a mayor masa y ancho del adoquín mayor será la resistencia a la compresión, sin embargo esta influencia no es significativa.

# CAPÍTULO V:

# CONCLUSIONES

La combinación de zeolita y agregado reciclado influye sobre las características del adoquín tipo I, donde se observó diferentes resultados entre el grupo control y los 4 tratamientos realizados.

Las propiedades físicas de los agregados naturales y agregado reciclado obtenido tales como porcentaje de absorción, contenido de humedad, peso específico, análisis granulométrico, peso unitario suelto y varillado, así como químicas: materia orgánica, sulfatos, cloruros cumplieron lo estandarizado establecido en las Normas Técnicas Peruanas; para el caso de zeolita clinoptilolita, la presencia de óxidos, así como el pH, la dureza y porosidad favorece en la mezcla.

Las combinaciones de agregado reciclado y zeolita, concluye que el Tratamiento 3 (50% de agregado reciclado y 5% de zeolita) presenta una resistencia media de 442 kgf/cm$^2$ (28 días) siendo la mayor resistencia de compresión respecto a los demás tratamientos, esta diferencia queda demostrada en la prueba Tukey, donde indica que este tratamiento y los tratamientos 2 (401 kgf/cm$^2$) y 1 (383 kgf/cm$^2$) difieren significativamente de los tratamiento 4 (337 kgf/cm$^2$) y grupo control (333 kgf/cm$^2$), teniendo en cuenta que de acuerdo a la NTP 399.611, establece que el adoquín tipo I destinado para pavimentos de uso peatonal debe de alcanzar un valor de 320 kgf/cm$^2$.

Las propiedades físicas del adoquín tipo I respecto a las dimensiones se encontraron dentro de la NTP 399.611, asimismo en el análisis de regresión múltiple para el Tratamiento 3, muestra que las propiedades físicas: masa, ancho y alto son significativas ($p<0.05$) es decir, son influyentes en los niveles de compresión, donde por cada gramo de masa que tenga el adoquín la resistencia aumentará 1.49 kgf/cm$^2$, mientras que por cada milímetro en el ancho del adoquín la resistencia disminuye en 17.97 kgf/cm$^2$; y por cada milímetro en el alto del adoquín la resistencia disminuye en 11.67 kgf/cm$^2$.

# CAPÍTULO VI:

# RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados y las conclusiones establecidas de la presente investigación, se recomienda lo siguiente:

- Teniendo en cuenta que los residuos de construcción y demolición representan una problemática nacional, la alternativa de insertar estos representan una oportunidad para reducir dicho impacto sobre el ambiente, así como se ha presentado en este caso, donde se optó por trabajar con residuos de concreto que estuvieron presentes en la faja marginal del río Osmore, por lo que se sugiere optar por otro tipo de RCD de manera que se evalúe el potencial que puedan tener, a fin de promover el uso de estos materiales para la construcción.

- Realizar ensayos mas exhaustivos respecto a las propiedades físicas de los agregados reciclados para promover el uso de estos materiales para la construcción.

- Se recomienda que, durante el proceso de selección y recolección de la muestra, se tenga en cuenta una adecuada segregación antes de ser considerados como materia prima, de manera que se evite utilizar aquellos residuos con presencia de impurezas orgánicas que puedan influir en el producto planteado.

- Se recomienda, realizar un diagnóstico sobre la cantidad de residuo de construcción y demolición en la ciudad ya que no existe data actualizada, de manera que para futuras investigaciones se realice un estudio sobre el potencial económico con miras a la formación empresarial que tiene estos residuos.

## CAPÍTULO VII:

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ASTM. (2012). *ASTM C618-12a. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.*

Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Delimitación de Fajas Marginales*.

Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Delimitación de Fajas Marginales. Cartilla informativa* (ANA (ed.); Primera).

Beja, I. A., Motta, R., & Bernucci, L. B. (2020). Application of recycled aggregates from construction and demolition waste with Portland cement and hydrated lime as pavement subbase in Brazil. *Construction and Building Materials*, *258*, 119520. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119520

Calleja, A. (2009). La Importancia De Las Zeolitas. *Ct*, *1*, 211–227.

Carrizo, L., Sosa, M., Villagrán, Y., & Zega, C. (2016). Determinación efectiva mediante conductividad eléctrica del estado saturado a superficie seca en arenas de trituración. *Asociacion Argentina de Tecnologia Del Hormigón*, *1520*(2), 611–618.

Ceballos, S., González, D., & Sánchez, J. (2021). Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines. *Revista ION*, *34*(1), 27–35. https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003

Celta Brasil. (2022). *Uso de zeolitas para tratamiento de agua y efluentes*.

COGUANOR. (2013). *NTG 41010. Método de ensayo. Determinación del cambio de longitud del concreto debido a la reacción álcali-sílice.*

CONAMA. (2018). *Economía circular en el sector de la construcción*. 63.

Congreso de la República. (2009). *Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos*.

Costafreda Mustelier, J., Calvo Pérez, B., & Luis Parra Alfaro, J. (2011).

*Contribución de la Zeolita natural a las resistencias mecánicas de cementos, morteros y hormigones*. *1*, 1–10.

Costafreda Mustelier, J., Martín Sánchez, D., Costafreda Velázquez, Jorge Prado Govea, R., Iván Tobón, J., Álvarez Gutiérrez, Y., Bello Vásquez, L. A., Vattuone, M. E., Gargiulo, María Florencia Crosta, S., Rodrigo Leal, P., Rosell Lam, M., Magalhaes Baltar, C., Benvindo Da Luz, A., Morante Carballo, F., Novo Fernández, R., Carrasco Olguín, R., & Gajardo Cubillos, A. (2018). *Las Zeolitas naturales de iberoamérica*. https://oa.upm.es/50683/

De La Cruz, R., & Vasquez, H. (2021). *Evaluación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021* [Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Espinoza, A. (2022). *Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

INACAL. (2016). *NTP 400.042. AGREGADOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en concreto.*

INACAL. (2017). *NTP 399.611 Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto. Requisitos* (3° Edición).

INACAL. (2018). *NTP 400.037 Agregados. Agregados para concreto. Requisitos* (4° Edición).

INACAL. (2019). *NTP 400.053 Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de concreto de demolición* (1° Edición).

INDECOPI. (2005). *NTP 334.009. CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos*.

INDECOPI. (2008). *NTP 334.082.CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance*.

INDECOPI. (2013a). *NTP 339.185. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado* (2° Edición).

INDECOPI. (2013b). *NTP 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (3° Edición).

INDECOPI. (2013c). *NTP 400.021. AGREGADOS. Métodos de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso* (3° Edición).

INDECOPI. (2014). *NTP 400.050 Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Generalidades* (1° Edición).

Kaboosi, K., Kaboosi, F., & Fadavi, M. (2020). Investigation of greywater and zeolite usage in different cement contents on concrete compressive strength and their interactions. *Ain Shams Engineering Journal*, *11*(1), 201–211. https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.008

La Iglesia, A. (1989). Diagramas de Estabilidad de Zeolitas. I. Zeolitas en Ambientes Confinados Alcalios. *Estudios Geológicos*, *45*, 267–277.

La Madrid, L. (2020). *Medición del grado de humedad en agregados de concreto por medio de frecuencias de microondas*. Universidad de Piura.

Lagares, R. (2017). *Determinación de la influencia de las características químicas de los agregados reciclados de concreto como llenante en concretos hidráulicos y asfalticos*. Universidad del Norte.

Małolepszy, J., & Grabowska, E. (2015). Resistencia al ataque por sulfatos del cemento con aditivo de zeolita. *Procedia Engineering*, *108*, 170–176. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.133

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Glosario de términos: De uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2015). *Diagnóstico de Residuos Sólidos de las Actividades de Construcción y Demolición Depositados en Espacios Públicos y de Obras Menores*.

Ministerio del Ambiente. (2016). Decreto Legislativo Nº 1278: Aprueba la Ley de Gestion Integral de Residuos Sólidos. In *Diario Oficial El Peruano*.

Ministerio del Ambiente. (2017). Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. In *Diario Oficial El Peruano* (Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM). http://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/nueva-ley-de-residuos-solidos/

Ministerio del Ambiente. (2021). *Listado de rellenos sanitarios*. https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional

Montero, J., & Laserna, S. (2017). Influence of effective mixing water in recycled concrete. *Construction and Building Materials*, *132*, 343–352. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.006

Municipalidad Provincial de Ilo. (2014). *Diagnóstico de residuos sólidos de las actividades de construcción y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores*.

Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos e Inventario Nacional de Infraestructuras de Residuos Sólidos, Pub. L. No. RESOLUCIÓN N° 00020-2023-OEFA/DSIS, 9 (2023).

ONU. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. In *Publicación de las Naciones Unidas*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Özalp, F., Dilsad, H., Kara, M., Kaya, Ö., & Aylin, S. (2016). Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. *Construction and Building Materials*, *110*, 17–23. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.030

Pacheco, J., De Brito, J., Chastre, C., & Evangelista, L. (2023). Recycled concrete aggregate for structural applications. In *Recycled Concrete Technologies and Performance* (Vol. 1, pp. 344–349). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85210-4.00011-4

Paliza, I., & Ccama, J. (2017). *Análisis comparativo de la influencia de la variación de niveles de pH (6.5, 7.0, 7.5 y 8.0) del agua de amasado y curado en el endurecimiento, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y resistencia a la traccion del concreto de F'c 210 kg/cm2*. Universidad Andina del Cusco.

Raggiotti, B. B., Positieri, M. J., Locati, F., Murra, J., & Marfil, S. (2015). Zeolite, Study of Aptitude as a Natural Pozzolan Applied to Structural Concrete. *Revista de La Construccion*, *14*(2), 14–20. https://doi.org/10.4067/s0718-915x2015000200002

Raggiotti, B. B., Positieri, M. J., & Oshiro, Á. (2018). Natural zeolite, a pozzolan for structural concrete. *Procedia Structural Integrity*, *11*, 36–43. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.11.006

Ramirez, N. (2018). *Resistencia a compresión de un ladrillo de concreto F'C 175 kg/cm2 sustituyendo al cemento por 10% y 15% de Zeolita*. Universidad San Pedro.

Salcedo, V. (2021). *Estudio de las propiedades físicas de zeolita natural (aluminosilicato) de tipo clinoptilolita para remplazo parcial del cemento portland*. Universidad Técnica de Ambato.

Talaei, A., Pier, D., Iyer, A. V., Ahiduzzaman, M., & Kumar, A. (2019). Assessment of long-term energy efficiency improvement and greenhouse gas emissions mitigation options for the cement industry. *Energy*, *170*, 1051–1066. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.088

Ventura, L. E. (2019). *Sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita en la resistencia de un mortero*. Universidad San Pedro.

Vera, B. (2018). *COMPUESTOS CEMENTICIOS OBTENIDOS DE RESIDUOS MINEROS Y SU APLICACIÓN EN EDIFICACIONES PARA UNA CALIDAD AMBIENTAL SUSTENTABLE - SAN LUIS POTOSÍ MÉXICO Y AREQUIPA-PERÚ*. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Vera, B., & Ledezma, M. (2018). Pasta cementicia mejorada con adición de Zeolita y Hierro en polvo para morteros de pega o junteo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, *19*(2), 223–238. https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n2.019

Vicente, B. (2007). Reciclaje de residuos de construcción y demolición para una construcción sostenible. *BIA: Aparejadores de Madrid, ISSN 1131-6470, Nº. 247, 2007, Págs. 42-49*, *247*, 42–49. https://biadigital.aparejadoresmadrid.net/images/flex/247-2007-01de06-v10/index.php

VIVIENDA. (2022). D.S. Nº 002-2022-VIVIENDA. Decreto Supermo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de los Residuos de la Construcción y Demolición. In *Diario Oficial El Peruano*. https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-gestion-y-manej-decreto-supremo-n-002-2022-vivienda-2055631-1

ZeoCat. (2008). *Aplicaciones de la Zeolita*. https://www.zeocat.es/spanish/construccion.htm

## CAPÍTULO VIII: ANEXOS

### ANEXO 1: Galería Fotográfica

**Ilustración 1**

*Identificación de residuos de construcción depositados, Punto N°1*



**Ilustración 2**

*Identificación de residuos de construcción depositados, Punto N°3*



**Ilustraciones 3 y 4**

*Recolección de residuos de construcción, Punto N°2*





**Ilustración 5**

*Recolección de residuos de construcción, Punto N°4*



**Ilustraciones 6 y 7**

*Trituradora de mandíbulas BB 50 y Molino planetario PM 100*







**Ilustración 8**

*Multiparámetro de mesa*



**Ilustración 9**

*Empleo de Trituradora de mandíbulas BB 50 para el agregado reciclado*



**Ilustración 10**

*Empleo de Molino planetario PM 100 para molienda de zeolita*



**Ilustración 11**

*Tamices de 1/2, 3/8 y N°04 utilizados para el agregado reciclado*




**Ilustraciones 12 y 13**

*Obtención de agregado reciclado y zeolita*





**Ilustraciones 14 y 15**

*Recolección de agregados naturales (grueso y fino)*





**Ilustración 16**

*Elaboración de la mezcla: Agregados, cemento, zeolita y agua (batea mezcladora)*



**Ilustración 17**

*Producción de adoquines en máquina semiautomática*



**Ilustración 18**

*Adoquines obtenidos de la muestra patrón*



**Ilustración 19**

*Adoquines obtenidos del Tratamiento 1 (30% de agregado reciclado, 5% de zeolita)*




**Ilustración 20**

*Adoquines obtenidos del Tratamiento 2 (30% de agregado reciclado, 10% de zeolita***)**



**Ilustración 21**

*Adoquines obtenidos del Tratamiento 3 (50% de agregado reciclado, 5% de zeolita)*




**Ilustración 22**

*Adoquines obtenidos del Tratamiento 4 (50% de agregado reciclado, 10% de zeolita)*



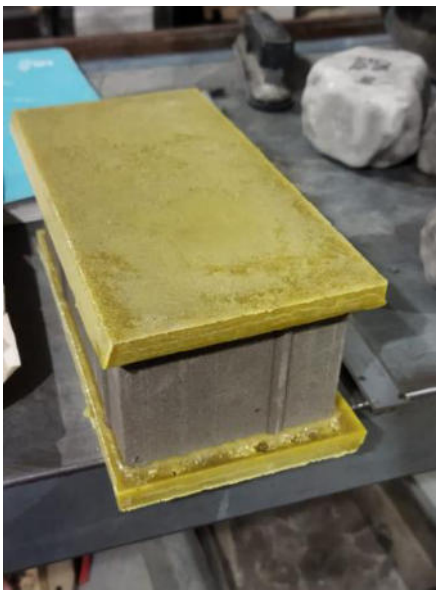
**Ilustración 23**

*Montaje empleado para el Ensayo de Resistencia a la Compresión*




**Ilustraciones 24 y 25**

*Ensayo de resistencia a la compresión en los adoquines*





**ANEXO 2:**

**Matriz de Consistencia**

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | | | MARCO METODÓLOGICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **GENERAL** | **GENERAL** | **GENERAL** | **VARIABLES** | **DIMENSIONES** | **INDICADORES (U.M)** | |
| ¿Cuál es el efecto, producto de la combinación de zeolita y agregado reciclado de residuo de concreto, obtenido de la faja marginal del río Osmore para la elaboración de Adoquín tipo I? | Determinar el efecto de la combinación de zeolita y agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore para la elaboración del Adoquín tipo I, a fin de mitigar la alteración del valor paisajístico del ecosistema. | La combinación de zeolita y agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore adquiere un adoquín Tipo I con mejores propiedades a los convencionales.<br><br>**Hipótesis nula**<br><br>**H0:** La combinación entre la zeolita y el agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore adquiere un adoquín Tipo I con propiedades similares a los convencionales.<br>$H_0: \mu_i = \mu_j$<br><br>**Hipótesis Alterna**<br><br>**$H_1$:** La combinación entre la zeolita y el agregado reciclado de residuos de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore adquiere un adoquín Tipo I con propiedades diferentes a los convencionales.<br>$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ | V.I.1: Agregado reciclado de residuos de concreto | Propiedades físicas | Absorción (%)<br>Humedad (%)<br>Peso específico ($gf/cm^3$)<br>Granulometría (mm)<br>Peso unitario suelto ($gf/cm^3$)<br>Peso unitario varillado ($gf/cm^3$) | LUGAR DE EJECUCIÓN<br>**Departamento**: Moquegua<br>**Provincia:** Ilo<br>**Distrito:** Ilo<br><br>**Tipo y diseño:**<br>La investigación es aplicada, experimental y cuantitativa.<br>El diseño empleado fue ANOVA de 2 factores (tratamiento y edad) con 3 repeticiones. Se empleó el Análisis de regresión múltiple para las propiedades físicas (dimensiones y masa) del adoquín obtenido |
| | | | | Propiedades químicas | Composición de óxidos (%)<br>Materia Orgánica (%)<br>Sulfatos y Cloruros (ppm)<br>pH (Adimensional) | |
| | | | V.I.2: Zeolita | Composición química | $Al_2O_3$, $SiO_2$, CaO, $Fe_2O_3$, $ClO_2$ (%) | |
| | | | | Propiedades físicas | Dureza (Escala Mohs)<br>Superficie Específica BET – Porosidad ($m^2/g$) | |

| SECUNDARIAS | ESPECÍFICOS | ESPECÍFICOS | VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADORES | TÉCNICA: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la zeolita y agregado reciclado de concreto obtenido de la faja marginal del río Osmore?<br><br>¿Cuál es el efecto en la resistencia a la compresión del Adoquín Tipo I al combinar diferentes proporciones de agregado grueso reciclado y zeolita?<br><br>¿Cuál es el efecto en las propiedades físicas del Adoquín Tipo al combinar diferentes proporciones de agregado grueso reciclado y zeolita? | Analizar las propiedades físicas (Porcentaje de absorción, contenido de humedad, peso específico, análisis granulométrico, peso unitario suelto y varillado) y químicas (composición de óxidos, materia orgánica, sulfatos, cloruros, conductividad eléctrica, pH, dureza y porosidad) para los agregados y zeolita.<br><br>Evaluar el efecto de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita en la resistencia a la compresión del Adoquín Tipo I.<br><br>Evaluar el efecto de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita en las propiedades físicas (dimensiones y masa) del Adoquín Tipo I. | Las propiedades físicas y químicas (Porcentaje de absorción, contenido de humedad, peso específico, análisis granulométrico, peso unitario suelto y varillado) y químicas (composición de óxidos, materia orgánica, sulfatos, cloruros, conductividad eléctrica, pH, dureza y porosidad) para los agregados y zeolita, cumplen con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana.<br><br>El Adoquín Tipo I obtenido de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita presenta mejor resistencia a la compresión (propiedad mecánica) que el adoquín convencional.<br><br>El Adoquín Tipo I obtenido de 4 combinaciones de agregado grueso reciclado y zeolita presenta mejores propiedades físicas (dimensiones y masa) que el adoquín convencional. | V.D.:<br><br>Adoquín Tipo I | Propiedad mecánica | Resistencia a la compresión ($kg/cm^2$) | **POBLACIÓN**<br>Faja Marginal del Río Osmore<br><br>**MUESTRA**<br>El muestreo realizado fue no probabilístico por conveniencia: Según criterio del investigador y la disponibilidad de las muestras durante el periodo de la investigación, las cuales estuvieron constituidas por residuos sólidos de construcción procedentes de estructura de pavimientos y que fueron extraídas de 04 puntos previamente identificados |
| | | | | Características físicas | Dimensiones (cm)<br>Peso (kg) | |

**ANEXO 3:**

**Plano de ubicación del proyecto de investigación**




## PUNTOS DE MUESTREO

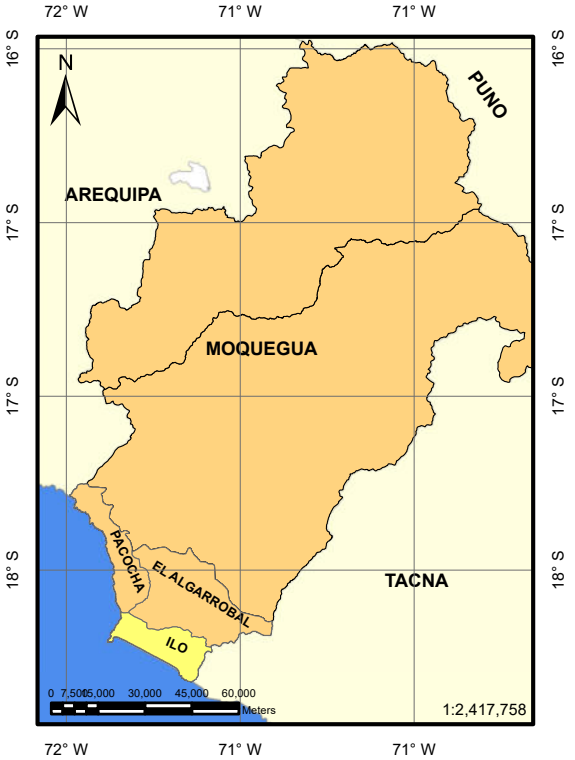
COORDENADAS DE UBICACION

**P1: 251636 E, 8049894 S**

**P2: 251694 E, 8050008 S**

**P3: 251766 E, 8049946 S**

**P4: 251879 E, 8049899 S**




## LEYENDA

- Distrito de Ilo
- Provincias
- Departamentos
- Puntos muestreo

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

TRABAJO: EFECTO DE LA COMBINACION DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACION DE ADOQUIN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE, DISTRITO DE ILO, 2019

PLANO: UBICACION DE PUNTOS DE MUESTREO EN LA FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE

UBICACION: PROVINCIA: ILO DISTRITO: ILO DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

ELABORADO POR: MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA

FUENTE: MINAM, MPI GOOGLE EARTH

ESCALA: 1:1,250

DATUM: WGS 84 / ZONA 19 S

FECHA: NOVIEMBRE 2022

**LAMINA: N° 01**

## ANEXO 4:

## Resultados de ensayos realizados

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22713-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA |
| **DIRECCIÓN:** | ILO. |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS FISICO QUIMICO |
| **PRODUCTO:** | AGREGADO GRUESO RECICLADO |
| **CANTIDAD DE MUESTRA:** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Martes, 27 de julio de 2021. |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLASTICO |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Jueves, 30 de setiembre de 2021. |
| **REFERENCIA:** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA:** | **FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE - ILO.** |
| **CÓDIGO DE MUESTRA:** | 28738 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

**REPORTE N°: 22713-21**

| ANÁLISIS DE: | UNIDAD | RESULTADOS | METODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE |
|---|---|---|---|
| Cloruros | mg/Kg | 1380,46 | Método Mercurimétrico (1, 2) 33.067 de la AOAC |
| Sulfatos | mg/Kg | 167,80 | Método Turbidimétrico (1, 2) 33.120 de la AOAC |
| Sales Solubles | mg/Kg | 3279,69 | Método MTC E 219-2000 |
| Matéria Orgânica | % | 0,54 | Método Walkley Black |
| **OBSERVACIONES:** | | | |



Emitido en Arequipa, el 30 de setiembre de 2021.

*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Lic. Fredy Valdivia Peña*
*Químico Responsable*
RCQP - 842

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22810-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA |
| **DIRECCIÓN:** | ILO. |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS FISICO QUIMICO |
| **PRODUCTO:** | AGREGADO GRUESO RECICLADO |
| **CANTIDAD DE MUESTRA:** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Lunes, 15 de noviembre de 2021. |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLASTICO |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Miércoles, 17 de noviembre de 2021. |
| **REFERENCIA:** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA:** | **FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE - ILO.** |
| **CÓDIGO DE MUESTRA:** | 29017 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

**REPORTE N°: 22810-21**

| ANÁLISIS DE: | UNIDAD | RESULTADOS | METODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE |
|---|---|---|---|
| Cloruros | ppm | 536.97 | Método Mercurimétrico (1, 2) 33.067 de la AOAC |
| Sulfatos | ppm | 154.45 | Método Turbidimétrico (1, 2) 33.120 de la AOAC |
| Sales Solubles | ppm | 1411.92 | Método MTC E 219-2000 |
| **OBSERVACIONES:** | | | |



Emitido en Arequipa, el 17 de noviembre de 2021.

*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén*
*Químico Responsable*

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22714-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA |
| **DIRECCIÓN:** | ILO. |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS FISICO QUIMICO |
| **PRODUCTO:** | AGREGADO FINO |
| **CANTIDAD DE MUESTRA:** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Martes, 27 de julio de 2021. |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLASTICO |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Jueves, 30 de setiembre de 2021. |
| **REFERENCIA:** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA:** | **CANTERA SAN PABLO 2004 ILO.** |
| **CÓDIGO DE MUESTRA:** | 28739 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

**REPORTE N°: 22714-21**

| ANÁLISIS DE: | UNIDAD | RESULTADOS | METODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE |
|---|---|---|---|
| Cloruros | mg/Kg | 353,09 | Método Mercurimétrico (1, 2) 33.067 de la AOAC |
| Sulfatos | mg/Kg | 74,66 | Método Turbidimétrico (1, 2) 33.120 de la AOAC |
| Sales Solubles | mg/Kg | 2174,04 | Método MTC E 219-2000 |
| Matéria Orgânica | % | 0,88 | Método Walkley Black |
| **OBSERVACIONES:** | | | |



Emitido en Arequipa, el 30 de setiembre de 2021.

*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Lic. Fredy Valdivia Peña*
*Químico Responsable*
RCQP - 842

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22715-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA |
| **DIRECCIÓN:** | ILO. |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS FISICO QUIMICO |
| **PRODUCTO:** | AGREGADO GRUESO |
| **CANTIDAD DE MUESTRA:** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Martes, 27 de julio de 2021. |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLASTICO |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Jueves, 30 de setiembre de 2021. |
| **REFERENCIA:** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA:** | **CANTERA SAN PABLO 2004 ILO.** |
| **CÓDIGO DE MUESTRA:** | 28740 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

**REPORTE N°: 22715-21**

| ANÁLISIS DE: | UNIDAD | RESULTADOS | METODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE |
|---|---|---|---|
| Cloruros | mg/Kg | 44,43 | Método Mercurimétrico (1, 2) 33.067 de la AOAC |
| Sulfatos | mg/Kg | 11,41 | Método Turbidimétrico (1, 2) 33.120 de la AOAC |
| Sales Solubles | mg/Kg | 374,97 | Método MTC E 219-2000 |
| Matéria Orgânica | % | 0,76 | Método Walkley Black |
| **OBSERVACIONES:** | | | |



Emitido en Arequipa, el 30 de setiembre de 2021.

*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Lic. Fredy Valdivia Peña*
*Químico Responsable*
RCQP - 842

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22681-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA. |
| **DIRECCIÓN:** | MOQUEGUA |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X |
| **PRODUCTO** | ZEOLITA |
| **CANTIDAD DE MUESTRA** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Martes, 27 de julio de 2021 |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLÁSTICO SELLADA |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Martes, 18 de agosto de 2021 |
| **REFERENCIA** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA** | |
| **CÓDIGO DE MUESTRA** | 28743 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

**REPORTE N°: 22681-21**

| Concentración de muestra: Diatomita | |
|---|---|
| OXIDOS | CONCENTRACIÓN (%) |
| $SiO_2$ | 75.0 |
| $Al_2O_3$ | 13.2 |
| $K_2O$ | 3.91 |
| CaO | 3.73 |
| MgO | 1.62 |
| $Fe_2O_3$ | 1.61 |
| $TiO_2$ | 0.336 |
| $SO_3$ | 0.196 |
| MnO | 0.0995 |
| $V_2O_5$ | 0.0526 |
| SrO | 0.0410 |
| $Cr_2O_3$ | 0.0379 |
| Cl | 0.0316 |
| NiO | 0.0254 |
| BaO | 0.0242 |
| $ZrO_2$ | 0.0213 |
| $Rb_2O$ | 0.0180 |
| CuO | 0.0145 |
| ZnO | 0.0126 |
| $Y_2O_3$ | 0.0061 |
| PbO | 0.0053 |
| CdO | 0.0019 |
| $SnO_2$ | 0.0013 |
| $As_2O_3$ | 0.0008 |
| $MoO_3$ | (0.0006) |
| $Ag_2O$ | 0.0005 |

Emitido en Arequipa, 18 de agosto de 2021



*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén*
*Químico Responsable*

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22766-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA |
| **DIRECCIÓN:** | ILO. |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X |
| **PRODUCTO:** | AGREGADO GRUESO RECICLADO |
| **CANTIDAD DE MUESTRA:** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Martes, 27 de julio de 2021. |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLASTICO |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Viernes, 22 de octubre de 2021. |
| **REFERENCIA:** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA:** | **FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE - ILO.** |
| **CÓDIGO DE MUESTRA:** | 28738 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

## REPORTE N°: 22766-21

| Concentración de muestra: Agregado Grueso Reciclado | |
|---|---|
| OXIDOS | CONCENTRACIÓN (%) |
| $SiO_2$ | 61.8 |
| CaO | 14.8 |
| $Al_2O_3$ | 12.8 |
| $Fe_2O_3$ | 4.08 |
| $K_2O$ | 3.51 |
| $SO_3$ | 1.15 |
| Cl | 0.793 |
| $TiO_2$ | 0.606 |
| MnO | 0.109 |
| $V_2O_5$ | 0.0796 |
| BaO | 0.0636 |
| $Cr_2O_3$ | 0.0410 |
| SrO | 0.0384 |
| NiO | 0.0315 |
| CuO | 0.0263 |
| $ZrO_2$ | 0.0228 |
| ZnO | 0.0155 |
| $Rb_2O$ | 0.0148 |
| PbO | 0.0052 |
| $Y_2O_3$ | 0.0035 |
| $As_2O_3$ | 0.0029 |
| CdO | 0.0024 |
| Br | 0.0015 |
| $Ag_2O$ | 0.0009 |



Emitido en Arequipa, el 22 de octubre de 2021.

*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén*
*Químico Responsable*

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22767-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA |
| **DIRECCIÓN:** | ILO. |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X |
| **PRODUCTO:** | AGREGADO FINO |
| **CANTIDAD DE MUESTRA:** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Martes, 27 de julio de 2021. |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLASTICO |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Viernes, 22 de octubre de 2021. |
| **REFERENCIA:** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA:** | **CANTERA SAN PABLO 2004 ILO.** |
| **CÓDIGO DE MUESTRA:** | 28739 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

## REPORTE N°: 22767-21

| Concentración de muestra: Agregado Fino | |
|---|---|
| OXIDOS | CONCENTRACIÓN (%) |
| $SiO_2$ | 65.8 |
| $Al_2O_3$ | 17.1 |
| $Fe_2O_3$ | 6.92 |
| CaO | 3.72 |
| $K_2O$ | 2.68 |
| Mg | 2.20 |
| $TiO_2$ | 0.702 |
| $SO_3$ | 0.281 |
| MnO | 0.139 |
| Cl | 0.100 |
| $V_2O_5$ | 0.0798 |
| BaO | 0.0613 |
| SrO | 0.0452 |
| NiO | 0.0317 |
| CuO | 0.0259 |
| $ZrO_2$ | 0.0216 |
| ZnO | 0.0156 |
| $Rb_2O$ | 0.0093 |
| PbO | 0.0046 |
| $Y_2O_3$ | 0.0042 |
| $MoO_3$ | 0.0029 |
| $SnO_2$ | 0.0018 |
| CdO | 0.0018 |
| $As_2O_3$ | 0.0015 |
| I | (0.0013) |
| Br | 0.0009 |
| $Ag_2O$ | 0.0007 |



Emitido en Arequipa, el 30 de setiembre de 2021.

*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén*
*Químico Responsable*

# INFORME DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **N° DE REPORTE:** | **22768-21** |
| **CLIENTE:** | MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA |
| **DIRECCIÓN:** | ILO. |
| **ENSAYO SOLICITADO:** | ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X |
| **PRODUCTO:** | AGREGADO GRUESO |
| **CANTIDAD DE MUESTRA:** | 01 |
| **FECHA DE RECEPCION:** | Martes, 27 de julio de 2021. |
| **CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:** | BOLSA DE PLASTICO |
| **FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:** | Viernes, 22 de octubre de 2021. |
| **REFERENCIA:** | MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |
| **PROCEDENCIA:** | **CANTERA SAN PABLO 2004 ILO.** |
| **CÓDIGO DE MUESTRA:** | 28740 |

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

# INFORME DE ENSAYOS

## REPORTE N°: 22768-21

| Concentración de muestra: Agregado Grueso | |
|---|---|
| OXIDOS | CONCENTRACIÓN (%) |
| $SiO_2$ | 61.6 |
| $Al_2O_3$ | 18.4 |
| $Fe_2O_3$ | 7.64 |
| CaO | 3.91 |
| Mg | 3.19 |
| $K_2O$ | 2.69 |
| $SO_3$ | 1.36 |
| $TiO_2$ | 0.631 |
| MnO | 0.170 |
| $V_2O_5$ | 0.0845 |
| BaO | 0.0755 |
| Cl | 0.0655 |
| SrO | 0.0389 |
| NiO | 0.0350 |
| $Cr_2O_3$ | 0.0315 |
| CuO | 0.0288 |
| ZnO | 0.0169 |
| $ZrO_2$ | 0.0121 |
| $Rb_2O$ | 0.0090 |
| PbO | 0.0053 |
| $Y_2O_3$ | 0.0036 |
| $SnO_2$ | 0.0018 |
| CdO | 0.0018 |
| $As_2O_3$ | 0.0010 |
| $Ag_2O$ | 0.0006 |



Emitido en Arequipa, el 22 de octubre de 2021.

*Dr. Juan Reyes Larico*
*Jefe de Laboratorio*
RCQP – 348

*Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén*
*Químico Responsable*

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. **1-0004146**

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/09/2021

**ENSAYO (SU-02):**
**CONTENIDO DE HUMEDAD**
**NORMA: ASTM D 2216**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA: | SAN PABLO / ROPECAR. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 27/08/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 31/08/2021 |
| MUESTRA: | ARENA GRUESA. | ENSAYADO EN: | Laborat. CEDIICON |

| Humedad | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DESCRIPCION** | **UND.** | **1** | **2** | **3** |
| Peso del recipiente | gf | 0.00 | | |
| Peso de la muesta húmeda + recipiente | gf | 1,179.70 | | |
| Peso de la muesta seca + recipiente | gf | 1,164.54 | | |
| Peso del agua en la muestra | gf | 15.16 | | |
| Peso de la muestra seca | gf | 1164.54 | | |
| Contenido de humedad | % | 1.30 | | |

| | | |
|---|---|---|
| **Contenido de Humedad Promedio** | **%** | **1.30** |

**OBSERVACIONES**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

Ing. CIP JUAN ANTONIO GARCIA CHUNGA
Registro 145...

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

Informe Nro. **1-0004147**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA

**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.

**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISION:** 4/09/2021

**ENSAYO (AG-02):**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL.**

**NORMA: NTP 400.012; ASTM C 136**

CANTERA (*): SAN PABLO / ROPECAR.
CONDICION: Muestra alterada
F. RECEPCIÓN: 27/08/2021
UBICACIÓN: ILO - MOQUEGUA.
F. EJECUCION: 31/08/2021
MUESTRA: ARENA GRUESA.
ENSAYADO EN: Laborat. CEDIICON

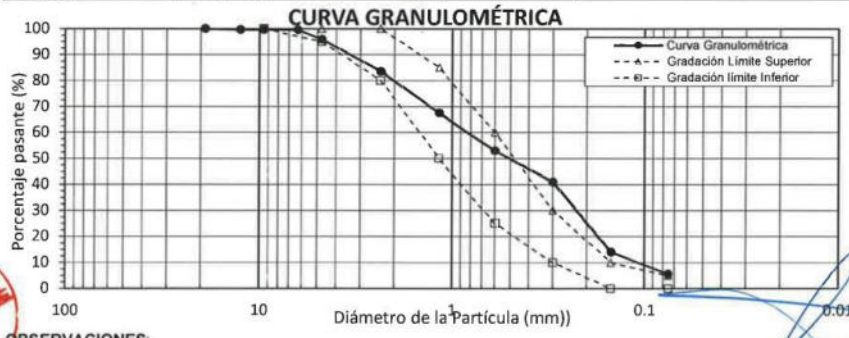
| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Ret. (gf) | Retenido (%) | Ret. Acum Acum. (% | Pasante (%) | Espec. Técnica ASTM C33; NTP 400.037 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6" | 150.0 | | | | | | |
| 5" | 127.0 | | | | | | |
| 4" | 100.0 | | | | | | |
| 3 1/2" | 88.9 | | | | | | |
| 3" | 75.0 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.0 | | | | | | |
| 2" | 50.0 | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | | | | | | |
| 1" | 25.0 | | | | | | |
| 3/4" | 19.0 | | | | 100.00 | | |
| 1/2" | 12.5 | 3.24 | 0.28 | 0.28 | 99.72 | | |
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0.00 | 0.28 | 99.72 | 100 | 100 |
| 1/4" | 6.3 | 1.69 | 0.15 | 0.42 | 99.58 | | |
| N°4 | 4.75 | 43.02 | 3.69 | 4.12 | 95.88 | 95 | 100 |
| N°8 | 2.36 | 144.44 | 12.40 | 16.52 | 83.48 | 80 | 100 |
| N°16 | 1.18 | 186.11 | 15.98 | 32.50 | 67.50 | 50 | 85 |
| N°30 | 0.60 | 169.40 | 14.55 | 47.05 | 52.95 | 25 | 60 |
| N°50 | 0.300 | 140.06 | 12.03 | 59.08 | 40.92 | 10 | 30 |
| N°100 | 0.150 | 314.30 | 26.99 | 86.06 | 13.94 | 0 | 10 |
| N°200 | 0.075 | 97.15 | 8.34 | 94.41 | 5.59 | 0 | 5 |
| Bandeja | | 65.13 | 5.59 | 100.00 | 0.00 | | |

| PESO TOTAL (gf) | 1,164.54 |
|---|---|
| Peso >3" (gf) | 0.00 |
| Peso <3" y >3/4" (gf) | 0.00 |
| Peso <3/4" y >N°4 (gf) | 47.95 |
| Peso <N°4 y >N°200 (gf) | 1051.46 |
| Peso <N°200 (gf) | 65.13 |

| PORCENTAJE DE: | | | |
|---|---|---|---|
| >3" | <3" y >N°4 | <N°4 y >N°200 | <N°200 |
| 0.00 | 4.12 | 90.29 | 5.59 |

| PROPIEDADES FÍSICAS | |
|---|---|
| Módulo de Fineza | 2.46 |
| Tamaño Máximo | 3/4" |
| Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Peso Esp. Aparente (gf/cm³) | 2.749 |
| Peso Esp. de Masa (gf/cm³) | 2.638 |
| Peso Esp. SSS (gf/cm³) | 2.678 |
| Peso Vol. Comp. (gf/cm³) | 1.963 |
| Peso Vol. Suelto (gf/cm³) | 1.798 |
| Absorción (%) | 1.54 |
| Humedad (%) | 1.30 |
| %Malla<#200 (**) | 5.21 |
| Huso Granulométrico: | **Arena Gruesa** |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**




CONTROL DE CALIDAD APROBADO

**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.
- (**) El materia más fino que el tamiz N°200, se obtuvo por ensayo de acuerdo al norma NTP 400.018
- El agregado analizado corresponde a una arena natural (no chancada).

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145679 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. 1- 0004148

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/09/2019

**ENSAYO (AG-08):**
**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**
**NORMA: ASTM C 128; NTP 400.021**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA (*): | SAN PABLO / ROPECAR. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 27/08/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 31/08/2021 |
| MUESTRA: | ARENA GRUESA. | ENSAYADO EN: | Laborator. CEDIICON |

| AGREGADO FINO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DESCRIPCION** | **UND.** | **1** | **2** | **3** |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | gf | 500.00 | | |
| Peso del muestra seca | gf | 492.43 | | |
| Peso de la fiola | gf | 157.78 | | |
| Peso de la fiola + agua + muestra | gf | 971.08 | | |
| Volumen de la fiola | $cm^3$ | 500.00 | | |
| Volumen del agua añadida | $cm^3$ | 313.30 | | |
| Peso Específico Aparente Seco | gf/cm3 | 2.749 | | |
| Peso Específico de Masa Seco | gf/cm3 | 2.638 | | |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | gf/cm3 | 2.678 | | |
| Absorción | % | 1.54 | | |
| Porcentaje de incidencia de la fracción de muestra | % | 100 | | |

| Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (promedio) | | |
|---|---|---|
| Peso Específico Aparente Seco | $gf/m^3$ | **2.749** |
| Peso Específico de Masa Seco | $gf/m^3$ | **2.638** |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | $gf/m^3$ | **2.678** |
| Absorción | % | **1.54** |

**OBSERVACIONES**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145679 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. **1-0004149**

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/09/2021

**ENSAYO (AG-04):**
**PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO**
**NORMA: ASTM C 29**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA: | SAN PABLO / ROPECAR. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 27/08/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 2/09/2021 |
| MUESTRA: | ARENA GRUESA. | ENSAYADO EN: | Laborat. CEDIICON |

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO**

| DESCRIPCION | UND. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Peso del Molde | gf | 4,900.0 | 4,900.0 | 4,900.0 |
| Volumen del Molde | $cm^3$ | 7,210.00 | 7,210.0 | 7,210.00 |
| Peso del Molde + Agregado Seco | gf | 17,844.0 | 17,866.0 | 17,870.0 |
| Peso del Agregado Seco | gf | 12,944.0 | 12,966.0 | 12,970.0 |
| Peso Unitario Suelto | $gf/cm^3$ | 1.795 | 1.798 | 1.799 |
| PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO | gf/cm3 | **1.798** | | |

**PESO UNITARIO VARILLADO DEL AGREGADO FINO**

| DESCRIPCION | UND. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Peso del Molde | gf | 4,900.0 | 4,900.0 | 4,900.0 |
| Volumen del Molde | $cm^3$ | 7,210.00 | 7,210.00 | 7,210.00 |
| Peso del Molde + Agregado Seco | gf | 19,080.0 | 19,012.0 | 19,065.0 |
| Peso del Agregado Seco | gf | 14,180.0 | 14,112.0 | 14,165.0 |
| Peso Unitario Varillado | $gf/cm^3$ | 1.967 | 1.957 | 1.965 |
| PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO | gf/cm3 | **1.963** | | |

**OBSERVACIONES**: - (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHUIRA
Registro 145372 - CIVIL

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. **1-** 0004150

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/09/2021

**ENSAYO (SU-02):**
**CONTENIDO DE HUMEDAD**
**NORMA: ASTM D 2216**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA: | SAN PABLO / ROPECAR. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 27/08/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 2/09/2021 |
| MUESTRA: | PIEDRA 3/8"_(Huso 8). | ENSAYADO EN: | Laborat. CEDIICON |

| Humedad | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DESCRIPCION** | **UND.** | **1** | **2** | **3** |
| Peso del recipiente | gf | 0.00 | | |
| Peso de la muesta húmeda + recipiente | gf | 3,188.50 | | |
| Peso de la muesta seca + recipiente | gf | 3,176.00 | | |
| Peso del agua en la muestra | gf | 12.50 | | |
| Peso de la muestra seca | gf | 3176.00 | | |
| Contenido de humedad | % | 0.39 | | |

| | | |
|---|---|---|
| **Contenido de Humedad Promedio** | **%** | **0.39** |

**OBSERVACIONES**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145879 - CIVIL

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:** Informe Nro. **1-0004151**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISION:** 4/09/2021

**ENSAYO (AG-02):**
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL.**
**NORMA: NTP 400.012; ASTM C 136**

CANTERA (*): SAN PABLO / ROPECAR.
UBICACIÓN: ILO - MOQUEGUA.
MUESTRA: PIEDRA 3/8"_(Huso 8).
CONDICION: Muestra alterada
F. RECEPCIÓN: 27/08/2021
F. EJECUCION: 2/09/2021
ENSAYADO EN: Laborat. CEDIICON

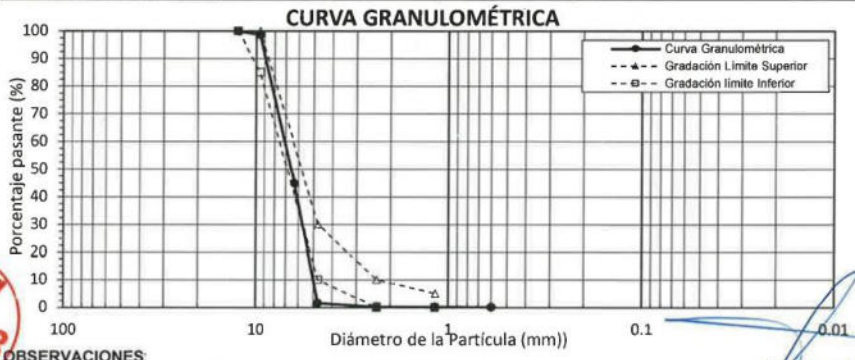
| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Ret. (gf) | Retenido (%) | Ret. Acum Acum. (% | Pasante (%) | Espec. Técnica ASTM C33; NTP 400.037 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6" | 150.0 | | | | | | |
| 5" | 127.0 | | | | | | |
| 4" | 100.0 | | | | | | |
| 3 1/2" | 88.9 | | | | | | |
| 3" | 75.0 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.0 | | | | | | |
| 2" | 50.0 | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | | | | | | |
| 1" | 25.0 | | | | | | |
| 3/4" | 19.0 | | | | | | |
| 1/2" | 12.5 | | | | 100.00 | 100 | 100 |
| 3/8" | 9.5 | 44.5 | 1.40 | 1.40 | 98.60 | 85 | 100 |
| 1/4" | 6.3 | 1,708.5 | 53.79 | 55.20 | 44.80 | | |
| N°4 | 4.75 | 1,373.5 | 43.25 | 98.44 | 1.56 | 10 | 30 |
| N°8 | 2.36 | 40.0 | 1.26 | 99.70 | 0.30 | 0 | 10 |
| N°16 | 1.18 | 1.0 | 0.03 | 99.73 | 0.27 | 0 | 5 |
| N°30 | 0.60 | 1.5 | 0.05 | 99.78 | 0.22 | | |
| N°50 | 0.300 | 4.5 | 0.14 | 99.92 | 0.08 | | |
| N°100 | 0.150 | 1.0 | 0.03 | 99.95 | 0.05 | | |
| N°200 | 0.075 | 0.0 | 0.00 | 99.95 | 0.05 | | |
| Bandeja | | 1.5 | 0.05 | 100.00 | 0.00 | | |

| PESO TOTAL (gf) | 3,176.0 |
|---|---|
| Peso >3" (gf) | 0.0 |
| Peso <3" y >3/4" (gf) | 0.0 |
| Peso <3/4" y >N°4 (gf) | 3,126.5 |
| Peso <N°4 y >N°200 (gf) | 48.0 |
| Peso <N°200 (gf) | 1.5 |

| PORCENTAJE DE: | | | |
|---|---|---|---|
| >3" | <3" y >N°4 | <N°4 y >N°200 | <N°200 |
| 0.00 | 98.44 | 1.51 | 0.05 |

| PROPIEDADES FÍSICAS | |
|---|---|
| Módulo de Fineza | 5.99 |
| Tamaño Máximo | 1/2" |
| Tamaño Máximo Nominal | 3/8" |
| Peso Esp. Aparente (gf/cm³) | 2.802 |
| Peso Esp. de Masa (gf/cm³) | 2.723 |
| Peso Esp. SSS (gf/cm³) | 2.751 |
| Peso Vol. Comp. (gf/cm³) | 1.615 |
| Peso Vol. Suelto (gf/cm³) | 1.465 |
| Absorción (%) | 1.04 |
| Humedad (%) | 0.39 |
| %Malla<#200 (**) | - |
| Huso Granulométrico: | 8 |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**




CONTROL DE CALIDAD APROBADO

**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.
- El agregado analizado corresponde a una combinación de piedra zarandeada y piedra chancada.

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145679 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. 1- 0004152

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/09/2021

**ENSAYO (AG-07):**
**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**
**NORMA: ASTM C 127; NTP 400.021**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA(*): | SAN PABLO / ROPECAR. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 27/08/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 2/09/2021 |
| MUESTRA: | PIEDRA 3/8" (Huso 8). | ENSAYADO EN: | Laborator. CEDIICON |

| Material retenido en el tamiz N°4 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DESCRIPCION** | **UND.** | **1** | **2** | **3** |
| Peso de la muestra seca | gf | 2,777.90 | | |
| Peso de la muesta saturada superficialmente seca | gf | 2,806.90 | | |
| Peso de la muesta saturada superficialmente seca (sumergida) | gf | 1,786.60 | | |
| Volumen de los sólidos de la muestra | $cm^3$ | 991.30 | | |
| Volumen Bulk de la muestra | $cm^3$ | 1020.30 | | |
| Peso Específico Aparente Seco | $gf/cm^3$ | 2.802 | | |
| Peso Específico de Masa Seco | $gf/cm^3$ | 2.723 | | |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | $gf/cm^3$ | 2.751 | | |
| Absorción | % | 1.04 | | |
| Porcentaje de incidencia de la fracción en la muestra total | % | 100.00 | | |

| Peso especifico y Absorción del Agregado Grueso (promedio) | | |
|---|---|---|
| Peso Específico Aparente Seco | $gf/cm^3$ | **2.802** |
| Peso Específico de Masa Seco | $gf/cm^3$ | **2.723** |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | $gf/cm^3$ | **2.751** |
| Absorción | % | **1.04** |

**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145878 - CIVIL

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. 1- 0004153

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/09/2021

**ENSAYO (AG-04):**
**PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO**
**NORMA: ASTM C 29**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA: | SAN PABLO / ROPECAR. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 27/08/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 2/09/2021 |
| MUESTRA: | PIEDRA 3/8"_(Huso 8). | ENSAYADO EN: | Laborat. CEDIICON |

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO**

| DESCRIPCION | UND. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Peso del Molde | gf | 4,900.0 | 4,900.0 | 4,900.0 |
| Volumen del Molde | $cm^3$ | 7,210.00 | 7,210.0 | 7,210.00 |
| Peso del Molde + Agregado Seco | gf | 15,460.0 | 15,432.0 | 15,488.0 |
| Peso del Agregado Seco | gf | 10,560.0 | 10,532.0 | 10,588.0 |
| Peso Unitario Suelto | $gf/cm^3$ | 1.465 | 1.461 | 1.469 |
| PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO | gf/cm3 | **1.465** | | |

**PESO UNITARIO VARILLADO DEL AGREGADO GRUESO**

| DESCRIPCION | UND. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Peso del Molde | gf | 4,900.0 | 4,900.0 | 4,900.0 |
| Volumen del Molde | $cm^3$ | 7,210.00 | 7,210.00 | 7,210.00 |
| Peso del Molde + Agregado Seco | gf | 16,548.0 | 16,539.0 | 16,545.0 |
| Peso del Agregado Seco | gf | 11,648.0 | 11,639.0 | 11,645.0 |
| Peso Unitario Varillado | $gf/cm^3$ | 1.616 | 1.614 | 1.615 |
| PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO | gf/cm3 | **1.615** | | |

**OBSERVACIONES**: - (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHAHUA CHURA
Registro 145679 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

Informe Nro. **1-** 0004162

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/12/2021

**ENSAYO (SU-02):**
**CONTENIDO DE HUMEDAD**
**NORMA: ASTM D 2216**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA: | FAJA MARGIJAL DEL RÍO OSMORE. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 1/12/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 2/12/2021 |
| MUESTRA: | AGREGADO RECICLADO 1/4"_(Huso 8). | ENSAYADO EN: | Laborat. CEDIICON |

| Humedad | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DESCRIPCION** | **UND.** | **1** | **2** | **3** |
| Peso del recipiente | gf | 0.00 | | |
| Peso de la muesta húmeda + recipiente | gf | 3,062.00 | | |
| Peso de la muesta seca + recipiente | gf | 3,012.50 | | |
| Peso del agua en la muestra | gf | 49.50 | | |
| Peso de la muestra seca | gf | 3012.50 | | |
| Contenido de humedad | % | 1.64 | | |

| **Contenido de Humedad Promedio** | **%** | **1.64** |
|---|---|---|

**OBSERVACIONES**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145879 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:** Informe Nro. **1- 0004163**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISION:** 4/12/2021

**ENSAYO (AG-02):**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL.**

**NORMA: NTP 400.012; ASTM C 136**

CANTERA (*): FAJA MARGIJAL DEL RÍO OSMORE.
UBICACIÓN: ILO - MOQUEGUA.
MUESTRA: AGREGADO RECICLADO 1/4" (Huso 8).
CONDICION: Muestra alterada
F. RECEPCIÓN: 1/12/2021
F. EJECUCION: 2/12/2021
ENSAYADO EN: Laborat. CEDIICON

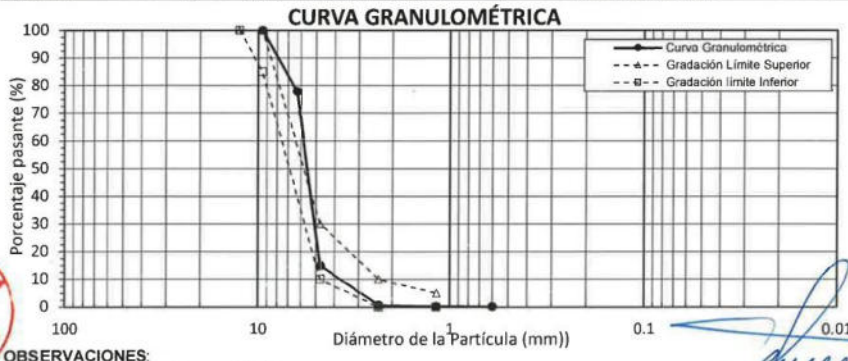
| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Ret. (gf) | Retenido (%) | Ret. Acum Acum. (% | Pasante (%) | Espec. Técnica ASTM C33; NTP 400.037 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6" | 150.0 | | | | | | |
| 5" | 127.0 | | | | | | |
| 4" | 100.0 | | | | | | |
| 3 1/2" | 88.9 | | | | | | |
| 3" | 75.0 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.0 | | | | | | |
| 2" | 50.0 | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | | | | | | |
| 1" | 25.0 | | | | | | |
| 3/4" | 19.0 | | | | | | |
| 1/2" | 12.5 | | | | | 100 | 100 |
| 3/8" | 9.5 | | | | 100.00 | 85 | 100 |
| 1/4" | 6.3 | 666.5 | 22.12 | 22.12 | 77.88 | | |
| N°4 | 4.75 | 1,898.0 | 63.00 | 85.13 | 14.87 | 10 | 30 |
| N°8 | 2.36 | 431.0 | 14.31 | 99.44 | 0.56 | 0 | 10 |
| N°16 | 1.18 | 8.5 | 0.28 | 99.72 | 0.28 | 0 | 5 |
| N°30 | 0.60 | 2.0 | 0.07 | 99.78 | 0.22 | | |
| N°50 | 0.300 | 2.5 | 0.08 | 99.87 | 0.13 | | |
| N°100 | 0.150 | 2.0 | 0.07 | 99.93 | 0.07 | | |
| N°200 | 0.075 | 1.0 | 0.03 | 99.97 | 0.03 | | |
| Bandeja | | 1.0 | 0.03 | 100.00 | 0.00 | | |

| PESO TOTAL (gf) | 3,012.5 |
|---|---|
| Peso >3" (gf) | 0.0 |
| Peso <3" y >3/4" (gf) | 0.0 |
| Peso <3/4" y >N°4 (gf) | 2,564.5 |
| Peso <N°4 y >N°200 (gf) | 447.0 |
| Peso <N°200 (gf) | 1.0 |

| PORCENTAJE DE: | | | |
|---|---|---|---|
| >3" | <3" y >N°4 | <N°4 y >N°200 | <N°200 |
| 0.00 | 85.13 | 14.84 | 0.03 |

| PROPIEDADES FÍSICAS | |
|---|---|
| Módulo de Fineza | 5.84 |
| Tamaño Máximo | 3/8" |
| Tamaño Máximo Nominal | 1/4" |
| Peso Esp. Aparente (gf/cm³) | 2.288 |
| Peso Esp. de Masa (gf/cm³) | 2.106 |
| Peso Esp. SSS (gf/cm³) | 2.185 |
| Peso Vol. Comp. (gf/cm³) | 1.32 |
| Peso Vol. Suelto (gf/cm³) | 1.168 |
| Absorción (%) | 3.78 |
| Humedad (%) | 1.64 |
| %Malla<#200 (**) | - |
| Huso Granulométrico: | 8 |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**




**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.
- El agregado analizado corresponde concreto triturado (chancado) a tamaño mediano, como confitillo.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. **1-** 0004164

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/12/2021

**ENSAYO (AG-07):**
**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**
**NORMA: ASTM C 127; NTP 400.021**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA(*): | FAJA MARGIJAL DEL RÍO OSMORE. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 1/12/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 2/12/2021 |
| MUESTRA: | AGREGADO RECICLADO 1/4" (Huso 8). | ENSAYADO EN: | Laborator. CEDIICON |

| Material retenido en el tamiz N°4 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DESCRIPCION** | **UND.** | **1** | **2** | **3** |
| Peso de la muestra seca | gf | 1,260.30 | | |
| Peso de la muesta saturada superficialmente seca | gf | 1,308.00 | | |
| Peso de la muesta saturada superficialmente seca (sumergida) | gf | 709.50 | | |
| Volumen de los sólidos de la muestra | $cm^3$ | 550.80 | | |
| Volumen Bulk de la muestra | $cm^3$ | 598.50 | | |
| Peso Especifico Aparente Seco | $gf/cm^3$ | 2.288 | | |
| Peso Específico de Masa Seco | $gf/cm^3$ | 2.106 | | |
| Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco | $gf/cm^3$ | 2.185 | | |
| Absorción | % | 3.78 | | |
| Porcentaje de incidencia de la fracción en la muestra total | % | 100.00 | | |

| Peso especifico y Absorción del Agregado Grueso (promedio) | | |
|---|---|---|
| Peso Especifico Aparente Seco | $gf/cm^3$ | **2.288** |
| Peso Específico de Masa Seco | $gf/cm^3$ | **2.106** |
| Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco | $gf/cm^3$ | **2.185** |
| Absorción | % | **3.78** |

**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145879 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. **1-** 0004165

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 4/12/2021

**ENSAYO (AG-04):**
**PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO**
**NORMA: ASTM C 29**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA: | FAJA MARGIJAL DEL RÍO OSMORE. | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 1/12/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 2/12/2021 |
| MUESTRA: | AGREGADO RECICLADO 1/4"_(Huso 8). | ENSAYADO EN: | Laborat. CEDIICON |

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO**

| DESCRIPCION | UND. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Peso del Molde | gf | 4,900.0 | 4,900.0 | 4,900.0 |
| Volumen del Molde | $cm^3$ | 7,210.00 | 7,210.0 | 7,210.00 |
| Peso del Molde + Agregado Seco | gf | 13,326.0 | 13,322.0 | 13,325.0 |
| Peso del Agregado Seco | gf | 8,426.0 | 8,422.0 | 8,425.0 |
| Peso Unitario Suelto | $gf/cm^3$ | 1.169 | 1.168 | 1.169 |
| PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO | gf/cm3 | **1.168** | | |

**PESO UNITARIO VARILLADO DEL AGREGADO GRUESO**

| DESCRIPCION | UND. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Peso del Molde | gf | 4,900.0 | 4,900.0 | 4,900.0 |
| Volumen del Molde | $cm^3$ | 7,210.00 | 7,210.00 | 7,210.00 |
| Peso del Molde + Agregado Seco | gf | 14,416.0 | 14,412.0 | 14,414.0 |
| Peso del Agregado Seco | gf | 9,516.0 | 9,512.0 | 9,514.0 |
| Peso Unitario Varillado | $gf/cm^3$ | 1.320 | 1.319 | 1.320 |
| PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO | gf/cm3 | **1.320** | | |

**OBSERVACIONES**: - (*) Datos proporcionados por el Solicitante.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145679 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. **1-0004166**

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**SOLICITA (*) :** MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**PROYECTO (*):** EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019.
**DIRECCIÓN (*):** PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA. **F. EMISIÓN:** 10/12/2021

**ENSAYO (SO-06):**
**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS**
**NORMA: ASTM D 854; NTP 339.131**

| | | | |
|---|---|---|---|
| CANTERA: | - | CONDICION: | Muestra alterada |
| | | F. RECEPCIÓN: | 1/12/2021 |
| UBICACIÓN: | ILO - MOQUEGUA. | F. EJECUCION: | 7/12/2021 |
| MUESTRA: | ZEOLITA | ENSAYADO EN: | Laborator. CEDIICON |

**Porción del Suelo pasante del tamiz N°4**

| DESCRIPCION | UND. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Peso del Suelo Seco | gf | 100.00 | 100.00 | |
| Peso de la fiola + agua + suelo | gf | 714.02 | 710.74 | |
| Peso de la fiola + agua | gf | 657.28 | 653.95 | |
| Volumen de los sólidos del Suelo | $cm^3$ | 43.26 | 43.21 | |
| Temperatura | °C | 21.75 | 21.15 | |
| Coeficiente de correción por temperatura | | 0.9996 | 0.9998 | |
| Gravedad Específica de los Sólidos | | 2.311 | 2.314 | |
| Gravedad Específica de los Sólidos Promedio | | **2.312** | | |
| Porcentaje de incidencia de la fracción de muestra | % | 100.00 | | |

| | |
|---|---|
| **GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO** | **2.312** |

**OBSERVACIONES**

- (*) Datos proporcionados por el Solicitante.
- La muestra de suelo fue entregada al personal del laboratorio por el solicitante.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. EIG JUAN ANTONIO CHARCA CHUI
Registro 145679 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

# INFORME TÉCNICO Nº 0417 – 22 – LABICER

**1. DATOS DEL SOLICITANTE**
1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : MARÍA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
1.2 D.N.I. : 73583665

**2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 / 04 / 2022
2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 04 / 2022
2.3 FECHA DE EMISIÓN : 03 / 05 / 2022

**3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ENSAYO DE DUREZA MOHS

**4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ZEOLITA

**5. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS

**6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.5 °C; Humedad relativa: 60%

**7. RESULTADO**

| ENSAYO | RESULTADO | MÉTODO DE REFERENCIA |
|---|---|---|
| Dureza Mohs | 6 | COVENIN 2443 |

*(1) Método de referencia aceptado por el solicitante.*

**8. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**
El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en el ítem uno (1) y cuatro (4) del presente informe técnico.

Bach. Nadia Rodríguez
Analista Químico
LABICER –UNI

M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Responsable de análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



Av. Túpac Amaru 210 Rímac. Teléfonos: 481 1070 Anexo: 5018 / 382 0500. Correo: labicer@uni.edu.pe

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE FISICOQUÍMICA**

**INFORME TECNICO n°62**
**OH-A-062/FC/LIFQ**

SOLICITANTE : MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
EMPRESA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
DIRECCION : CALLE ANCASH S/N
PRODUCTO : 1 muestra de zeolita
FECHA DE RECEPCION : 22.05.22
ENSAYO : Determinación de la superficie específica
ANALISTA : Sergio Espinoza

**Resumen de resultados**

| Archivo | Muestra | Superficie BET ($m^2/g$) | Superficie Microporosa ($m^2/g$) | Superficie Mesoporosa ($m^2/g$) |
|---|---|---|---|---|
| 001-756.SMP | MINERAL-ILO | 14 | 6 | 8 |

Nota: Previo a los análisis, la muestra se desgasificó al vacío a 200°C por 2 h.

Atentamente,

**Dr. Gino Picasso**
**Jefe de Laboratorio de Investigación de Fisicoquímica**

**Av. Túpac Amaru Nº 210-Lima 25-Perú Apartado 31-139**

**Telefax: 3813868, anexo 17 E-mail: gpicasso@uni.edu.pe**

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. **1-** 0004827

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**NOMBRE/RAZON SOCIAL: (*)** MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**DNI/RUC : (*)** 73583665
**NOMBRE DEL PROYECTO: (*)** "EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE, DISTRITO DE ILO, 2019"
**DIRECCIÓN DEL PROYECTO: (** DISTRITO: ILO, PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA **FECHA:** 15/02/2022

**ENSAYO: AL - 10**
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO**
**NORMA: NTP 399.604 - NTP 399.611**

**DATOS DE LOS TESTIGOS** Adoquines de concreto (20 x 10 x 6 cm.), color gris y gris blanquecino.
**CÓDIGO DE PRODUCTO:** -
**FECHA DE DESPACHO:** -
**ACTA DE RECEPCIÓN:** -

| Código de Muestra | Especificación de la Muestra (*) | Fecha de vaciado (*) | Fecha de Ensayo | Edad (Días) (*) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | Área ($cm^2$) | Carga (kgf) | Esfuerzo de Rotura ($kgf/cm^2$) | Esfuerzo de Rotura (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M-1 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 1: PATRÓN (0% ZEOLITA Y 0% A.R.)** | 14/02/2022 | 15/02/2022 | 1 | 19.99 | 10.19 | 6.18 | 203.70 | 64,544 | 317 | 31.07 |
| M-2 | | | | | 19.99 | 10.12 | 6.17 | 202.30 | 51,696 | 256 | 25.06 |
| M-3 | | | | | 19.98 | 10.12 | 6.30 | 202.20 | 56,118 | 278 | 27.22 |
| M-4 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 2: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 15/02/2022 | 1 | 20.12 | 10.10 | 6.29 | 203.21 | 41,239 | 203 | 19.90 |
| M-5 | | | | | 20.09 | 10.05 | 6.40 | 201.90 | 41,030 | 203 | 19.93 |
| M-6 | | | | | 20.00 | 10.11 | 6.39 | 202.20 | 41,360 | 205 | 20.06 |
| M-7 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 3: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 15/02/2022 | 1 | 19.97 | 10.14 | 6.20 | 202.50 | 66,012 | 326 | 31.97 |
| M-8 | | | | | 19.96 | 10.10 | 6.15 | 201.60 | 54,136 | 269 | 26.33 |
| M-9 | | | | | 19.97 | 10.11 | 6.31 | 201.90 | 54,549 | 270 | 26.50 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 4: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 15/02/2022 | 1 | 19.97 | 10.13 | 6.24 | 202.30 | 51,294 | 254 | 24.87 |
| M-11 | | | | | 19.93 | 10.10 | 6.22 | 201.29 | 42,328 | 210 | 20.62 |
| M-12 | | | | | 19.96 | 10.03 | 6.29 | 200.20 | 40,813 | 204 | 19.99 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 5: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 15/02/2022 | 1 | 19.97 | 10.13 | 6.37 | 202.30 | 46,930 | 232 | 22.75 |
| M-11 | | | | | 19.96 | 10.11 | 6.41 | 201.80 | 45,177 | 224 | 21.95 |
| M-12 | | | | | 19.99 | 10.12 | 6.40 | 202.30 | 48,877 | 242 | 23.69 |

**OBSERVACIONES:**

- (*) Datos proporcionados por el solicitante.
- Los ensayos se realizaron en una prensa UNIAXIAL marca ELE INTERNATIONAL N° Serie 1796-9-3072 de 2000 kN de capacidad.
- Codigo del Certificado de Calibración F - 022 - 2020.
- Para la distribución uniforme de esfuerzos, los testigos se refrentaron con azufre, en conformidad con la Norma ASTM C617/C617M-15.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145879 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

Informe Nro. **1-** 0004828

**NOMBRE/RAZON SOCIAL: (*)** MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**DNI/RUC : (*)** 73583665
**NOMBRE DEL PROYECTO: (*)** "EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE, DISTRITO DE ILO, 2019"
**DIRECCIÓN DEL PROYECTO: (** DISTRITO: ILO, PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA **FECHA:** 17/02/2022

**ENSAYO: AL - 10**
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO**
**NORMA: NTP 399.604 - NTP 399.611**

**DATOS DE LOS TESTIGOS** Adoquines de concreto (20 x 10 x 6 cm.), color gris y gris blanquecino.
**CÓDIGO DE PRODUCTO:** -
**FECHA DE DESPACHO:** -
**ACTA DE RECEPCIÓN:** -

| Código de Muestra | Especificación de la Muestra (*) | Fecha de vaciado (*) | Fecha de Ensayo | Edad (Días) (*) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | Área ($cm^2$) | Carga (kgf) | Esfuerzo de Rotura ($kgf/cm^2$) | Esfuerzo de Rotura (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M-1 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 1: PATRÓN (0% ZEOLITA Y 0% A.R.)** | 14/02/2022 | 17/02/2022 | 3 | 19.98 | 10.16 | 6.19 | 203.00 | 56,771 | 280 | 27.43 |
| M-2 | | | | | 19.96 | 10.16 | 6.29 | 202.79 | 66,209 | 326 | 32.02 |
| M-3 | | | | | 19.98 | 10.10 | 6.34 | 201.80 | 57,875 | 287 | 28.13 |
| M-4 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 2: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 17/02/2022 | 3 | 19.94 | 10.07 | 6.27 | 200.80 | 58,463 | 291 | 28.55 |
| M-5 | | | | | 19.99 | 10.12 | 6.36 | 202.30 | 46,877 | 232 | 22.72 |
| M-6 | | | | | 20.02 | 10.23 | 6.33 | 204.80 | 58,843 | 287 | 28.18 |
| M-7 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 3: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 17/02/2022 | 3 | 19.97 | 10.05 | 6.23 | 200.70 | 56,187 | 280 | 27.45 |
| M-8 | | | | | 19.98 | 10.11 | 6.28 | 202.00 | 64,035 | 317 | 31.09 |
| M-9 | | | | | 19.99 | 10.17 | 6.32 | 203.30 | 64,998 | 320 | 31.35 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 4: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 17/02/2022 | 3 | 20.03 | 10.16 | 6.34 | 203.50 | 50,509 | 248 | 24.34 |
| M-11 | | | | | 20.14 | 10.19 | 6.43 | 205.23 | 65,963 | 321 | 31.52 |
| M-12 | | | | | 19.99 | 10.08 | 6.26 | 201.50 | 66,984 | 332 | 32.60 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 5: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 17/02/2022 | 3 | 20.09 | 10.03 | 6.46 | 201.50 | 73,459 | 365 | 35.75 |
| M-11 | | | | | 19.97 | 10.04 | 6.23 | 200.50 | 61,319 | 306 | 29.99 |
| M-12 | | | | | 19.98 | 10.21 | 6.49 | 204.00 | 57,509 | 282 | 27.65 |

**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el solicitante.
- Los ensayos se realizaron en una prensa UNIAXIAL marca ELE INTERNATIONAL N° Serie 1796-9-3072 de 2000 kN de capacidad.
- Codigo del Certificado de Calibración F - 022 - 2020.
- Para la distribución uniforme de esfuerzos, los testigos se refrentaron con azufre, en conformidad con la Norma ASTM C617/C617M-15.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145819 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

Informe Nro. 1- 0004829

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

**NOMBRE/RAZON SOCIAL: (*)** MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**DNI/RUC : (*)** 73583665
**NOMBRE DEL PROYECTO: (*)** "EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE, DISTRITO DE ILO, 2019"
**DIRECCIÓN DEL PROYECTO: (** DISTRITO: ILO, PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA **FECHA:** 21/02/2022

**ENSAYO: AL - 10**
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO**
**NORMA: NTP 399.604 - NTP 399.611**

**DATOS DE LOS TESTIGOS** Adoquines de concreto (20 x 10 x 6 cm.), color gris y gris blanquecino.
**CÓDIGO DE PRODUCTO:** -
**FECHA DE DESPACHO:** -
**ACTA DE RECEPCIÓN:** -

| Código de Muestra | Especificación de la Muestra (*) | Fecha de vaciado (*) | Fecha de Ensayo | Edad (Días) (*) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | Área ($cm^2$) | Carga (kgf) | Esfuerzo de Rotura ($kgf/cm^2$) | Esfuerzo de Rotura (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M-1 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 1: PATRÓN (0% ZEOLITA Y 0% A.R.)** | 14/02/2022 | 21/02/2022 | 7 | 19.94 | 10.07 | 6.11 | 200.80 | 66,884 | 333 | 32.67 |
| M-2 | | | | | 19.97 | 10.15 | 6.30 | 202.70 | 67,985 | 335 | 32.89 |
| M-3 | | | | | 19.95 | 10.10 | 6.15 | 201.50 | 65,296 | 324 | 31.78 |
| M-4 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 2: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 21/02/2022 | 7 | 20.09 | 10.15 | 6.45 | 203.91 | 63,074 | 309 | 30.33 |
| M-5 | | | | | 19.87 | 10.11 | 6.30 | 200.89 | 60,601 | 302 | 29.58 |
| M-6 | | | | | 19.91 | 10.07 | 6.24 | 200.49 | 63,714 | 318 | 31.16 |
| M-7 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 3: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 21/02/2022 | 7 | 19.90 | 10.10 | 6.36 | 200.99 | 65,105 | 324 | 31.77 |
| M-8 | | | | | 19.90 | 10.10 | 6.18 | 200.99 | 61,422 | 306 | 29.97 |
| M-9 | | | | | 19.92 | 10.12 | 6.23 | 201.59 | 63,308 | 314 | 30.80 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 4: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 21/02/2022 | 7 | 19.95 | 10.10 | 6.25 | 201.50 | 60,230 | 299 | 29.31 |
| M-11 | | | | | 19.95 | 10.10 | 6.27 | 201.50 | 64,230 | 319 | 31.26 |
| M-12 | | | | | 19.91 | 10.12 | 6.30 | 201.49 | 65,304 | 324 | 31.78 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 5: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 21/02/2022 | 7 | 19.99 | 10.09 | 6.20 | 201.70 | 66,715 | 331 | 32.44 |
| M-11 | | | | | 20.00 | 10.18 | 6.18 | 203.60 | 66,067 | 324 | 31.82 |
| M-12 | | | | | 20.00 | 10.15 | 6.20 | 203.00 | 68,660 | 338 | 33.17 |

**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el solicitante.
- Los ensayos se realizaron en una prensa UNIAXIAL marca ELE INTERNATIONAL N° Serie 1796-9-3072 de 2000 kN de capacidad.
- Codigo del Certificado de Calibración F - 022 - 2020.
- Para la distribución uniforme de esfuerzos, los testigos se refrentaron con azufre, en conformidad con la Norma ASTM C617/C617M-15.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145879 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

CEDIICON
LABORATORIO DE ENSAYOS
ECOCRET S.A.

**CENTRO DE DESARROLLO, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN**
**ECOCRET S.A.**

# INFORME DE ENSAYO

**DATOS DEL CLIENTE Y DEL PROYECTO:**

Informe Nro. **1-** 0004826

**NOMBRE/RAZON SOCIAL: (*)** MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
**DNI/RUC : (*)** 73583665
**NOMBRE DEL PROYECTO: (*)** "EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DEL RIO OSMORE, DISTRITO DE ILO, 2019"
**DIRECCIÓN DEL PROYECTO: (** DISTRITO: ILO, PROVINCIA: ILO, DEPARTAMENTO: MOQUEGUA **FECHA:** 14/03/2022

**ENSAYO: AL - 10**
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO**
**NORMA: NTP 399.604 - NTP 399.611**

**DATOS DE LOS TESTIGOS** Adoquines de concreto (20 x 10 x 6 cm.), color gris y gris blanquecino.
**CÓDIGO DE PRODUCTO:** -
**FECHA DE DESPACHO:** - **ACTA DE RECEPCIÓN:** -

| Código de Muestra | Especificación de la Muestra (*) | Fecha de vaciado (*) | Fecha de Ensayo | Edad (Días) (*) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | Área ($cm^2$) | Carga (kgf) | Esfuerzo de Rotura ($kgf/cm^2$) | Esfuerzo de Rotura (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M-1 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 1: PATRÓN (0% ZEOLITA Y 0% A.R.)** | 14/02/2022 | 14/03/2022 | 28 | 19.89 | 10.17 | 6.35 | 202.28 | 66,781 | 330 | 32.38 |
| M-2 | | | | | 19.98 | 10.10 | 6.21 | 201.80 | 66,498 | 330 | 32.32 |
| M-3 | | | | | 19.95 | 10.15 | 6.28 | 202.49 | 68,992 | 341 | 33.41 |
| M-4 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 2: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 14/03/2022 | 28 | 19.91 | 10.09 | 6.21 | 200.89 | 75,758 | 377 | 36.98 |
| M-5 | | | | | 19.87 | 10.07 | 6.17 | 200.09 | 85,713 | 428 | 42.01 |
| M-6 | | | | | 20.00 | 10.15 | 6.40 | 203.00 | 69,891 | 344 | 33.76 |
| M-7 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 3: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 30% A.R.)** | 14/02/2022 | 14/03/2022 | 28 | 19.91 | 10.18 | 6.38 | 202.68 | 73,098 | 361 | 35.37 |
| M-8 | | | | | 19.97 | 10.03 | 6.18 | 200.30 | 76,431 | 382 | 37.42 |
| M-9 | | | | | 20.01 | 10.10 | 6.35 | 202.10 | 93,005 | 460 | 45.13 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 4: PATRÓN (5% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 14/03/2022 | 28 | 19.95 | 10.07 | 6.23 | 200.90 | 82,380 | 410 | 40.21 |
| M-11 | | | | | 19.05 | 10.15 | 6.43 | 193.36 | 91,418 | 473 | 46.36 |
| M-12 | | | | | 20.05 | 10.14 | 6.38 | 203.31 | 89,954 | 442 | 43.39 |
| M-10 | ADOQUÍN RECTANGULAR ECOCRET, 20x10x6cm, color gris (320 $kgf/cm^2$) **MEZCLA 5: PATRÓN (10% ZEOLITA Y 50% A.R.)** | 14/02/2022 | 14/03/2022 | 28 | 19.97 | 10.09 | 6.30 | 201.50 | 70,108 | 348 | 34.12 |
| M-11 | | | | | 19.99 | 10.12 | 6.13 | 202.30 | 67,862 | 335 | 32.90 |
| M-12 | | | | | 20.00 | 10.16 | 6.21 | 203.20 | 66,597 | 328 | 32.14 |

**OBSERVACIONES:**
- (*) Datos proporcionados por el solicitante.
- Los ensayos se realizaron en una prensa UNIAXIAL marca ELE INTERNATIONAL N° Serie 1796-9-3072 de 2000 kN de capacidad.
- Codigo del Certificado de Calibración F - 022 - 2020.
- Para la distribución uniforme de esfuerzos, los testigos se refrentaron con azufre, en conformidad con la Norma ASTM C617/C617M-15.

CONTROL DE CALIDAD APROBADO

ING. CIP JUAN ANTONIO CHARCA CHURA
Registro 145879 - CIVIL

(*) El sistema de gestión de ECOCRET S.A. está certificado por SGS del Perú en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
Para ver el alcance de la certificación puede visitar www.ecocret.com.pe, en el enlace "alcance del sistema de gestión integrado"

- Los resultados del presente informe hacen referencia a la muestra ensayada, por lo que no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad.
- El presente documento no tiene validez si no cuenta con la firma del ingeniero responsable.
- El presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente sin la aprobación escrita de CEDIICON.
- CEDIICON no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

# FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

## 1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 77583665
Correo electrónico : mariaesh2326@gmail.com
Teléfono/Celular : 953626105

## 2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

| Bachiller | Título Profesional | Magister | Doctor | Segunda Especialidad |
|---|---|---|---|---|
| | X | | | |

## 3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

**4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)**

a) Tesis ( X )
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

**5. DATOS DE LA PUBLICACION**

a) Título : EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DE RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 1.05.08
c) Fecha de publicación : 2023

**6. DATOS DEL ASESOR:**

a) Nombres y Apellidos : JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 01309910
c) ORCID : 0000-0002-2581-2908

**FIRMA** : .....

**DOCUMENTO DE IDENTIDAD** : 73583665
**NOMBRES Y APELLIDOS** : MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA

## LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

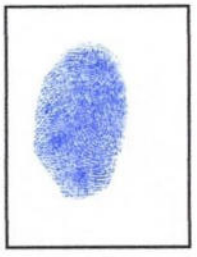
( X ) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

**FIRMA** : .....

**DOCUMENTO DE IDENTIDAD** : 73583665

**NOMBRES Y APELLIDOS** : MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA

**FECHA** : 10/05/2023



# DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA,
bachiller de la Escuela Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL
,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 73583665, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE ZEOLITA Y AGREGADO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUÍN TIPO I, OBTENIDO DE LA FAJA MARGINAL DE RÍO OSMORE, DISTRITO ILO, 2019

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 10 DE MAYO, 2023



Huella digital

Nombres y Apellidos: MARIA ELIANA SANTACRUZ HUILLCA
DNI: 73583665

## Document Information

| | |
|---|---|
| **Analyzed document** | INFORME FINAL-5-4-23.pdf (D164319327) |
| **Submitted** | 4/18/2023 12:53:00 PM |
| **Submitted by** | Juan Luis |
| **Submitter email** | jccamapazaa@unam.edu.pe |
| **Similarity** | 4% |
| **Analysis address** | jccamapazaa.unampe@analysis.urkund.com |

## Sources included in the report

| | | |
|---|---|---|
| W | URL: https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-gesti...<br>Fetched: 4/18/2023 12:54:00 PM | 14 |
| W | URL: https://www.zeocat.es/spanish/construccion.htm<br>Fetched: 4/18/2023 12:54:00 PM | 2 |
| W | URL: https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003<br>Fetched: 4/18/2023 12:54:00 PM | 3 |
| SA | **TESIS PROSPECCIÓN DE PUZOLANAS GONZÁLEZ_FERNÁNDEZ_URKUND.docx**<br>Document TESIS PROSPECCIÓN DE PUZOLANAS GONZÁLEZ_FERNÁNDEZ_URKUND.docx (D51615339) | 2 |
| W | URL: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17130/AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20MEZ...<br>Fetched: 11/8/2022 5:40:16 AM | 1 |
| SA | **TRABAJO EXPERIMENTAL-YADIRA VALENZUELA.pdf**<br>Document TRABAJO EXPERIMENTAL-YADIRA VALENZUELA.pdf (D27840456) | 3 |
| SA | **Tesis_2023_ Roxana Díaz_42772284.pdf**<br>Document Tesis_2023_ Roxana Díaz_42772284.pdf (D159339560) | 1 |
| SA | **Verástegui_Vega_M - sin anexos.docx**<br>Document Verástegui_Vega_M - sin anexos.docx (D111944536) | 1 |
| SA | **TESIS PANIMBOSA RICARDO URK.docx**<br>Document TESIS PANIMBOSA RICARDO URK.docx (D116007500) | 1 |
| SA | **"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN ELABORADO CON PARTICULAS RECICLADAS DE CAUCHO DE NEUMATICOS".doc**<br>Document "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN ELABORADO CON PARTICULAS RECICLADAS DE CAUCHO DE NEUMATICOS".doc (D140886993) | 1 |
| SA | **TFT_Jackson Chapa.docx**<br>Document TFT_Jackson Chapa.docx (D48369230) | 2 |
| W | URL: https://oa.upm.es/50683/<br>Fetched: 4/18/2023 12:54:00 PM | 1 |
| SA | **Teis Karla_malla_urkund.docx**<br>Document Teis Karla_malla_urkund.docx (D26898344) | 1 |