

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Efecto del agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas
del concreto drenante, Sullana 2023**

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería urbana,
Ingeniería estructural.

Sub línea de investigación: Estructuras y Materiales.

Autores:

Mendoza Arellano, Jherson Aldair

Valdez Romero, Yems Antony

Jurado Evaluador:

Presidente : Príncipe Reyes, Roger Alberto

Secretario : Chan Heredia, Miguel Angel

Vocal : Olaya Riofrio, Yadira de los Milagros

Asesor:

Novoa Castillo, Oscar Walther

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4895-751X>

PIURA – PERÚ

2024

Fecha de sustentación: 2024/10/03

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Efecto del agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas
del concreto drenante, Sullana 2023**

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería urbana,
Ingeniería estructural.

Sub línea de investigación: Estructuras y Materiales.

Autores:

Mendoza Arellano, Jherson Aldair

Valdez Romero, Yems Antony

Jurado Evaluador:

Presidente : Príncipe Reyes, Roger Alberto

Secretario : Chan Heredia, Miguel Angel

Vocal : Olaya Riofrio, Yadira de los Milagros

Asesor:

Novoa Castillo, Oscar Walther

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4895-751X>

PIURA – PERÚ

2024

Fecha de sustentación: 2024/10/03

EFFECTO DEL AGREGADO GRUESO EN LAS CARACTERISTICAS MECANICAS E HIDRAULICAS, SULLANA 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------|------------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 13% |
| 2 | repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 3 | repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet | 1% |



ASPBOR
Dr. Novoa Castillo Oscar Walther
Registro CIP: N°75813

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Novoa Castillo Oscar Walther, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada "Efecto del agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas del concreto drenante, Sullana 2023", de los autores Mendoza Arellano Jherson Aldair y Valdez Romero Yems Antony, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 16 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 20 de septiembre del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis "Efecto del agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas del concreto drenante, Sullana 2023", y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Piura, 24 de Septiembre del 2024



Mendoza Arellano Jherson Aldair

DNI: 71160294



Valdez Romero Yems Antony

DNI: 76537983



Novoa Castillo Oscar Walther

DNI: 43331324

ORCID: 0000-0002-4895-751x

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios por ser guía y fuerza en mi camino. A mi madre Marisol, por el esfuerzo y amor brindado durante mi vida. A mi abuela Irma, por su amor y sus consejos. Así mismo a todos los familiares y amigos que siempre están a mi lado y quieren lo mejor para mí.

Br. Mendoza Arellano Jherson Aldair.

La presente tesis está dedicada a Dios, por ser la luz y guía en mi camino, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su soporte para no rendirme en lograr mis objetivos personales y profesionales, de una manera especial agradezco a mi tía Elsa por su apoyo en costear mis estudios universitarios, para cada uno de ellos va este logro.

Br. Valdez Romero Yems Antony.

RESUMEN

El presente estudio trata de la influencia en las características mecánicas e hidráulicas del concreto permeable, dado por la gradación del agregado grueso. Se analizaron las características que más se relacionan con este tipo de concreto, como son la resistencia a compresión y la permeabilidad. Se usaron gradaciones de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8". El agregado grueso que se utilizó pertenece a la cantera Cerro Mocho, ubicada a 25 Km de la ciudad de Sullana.

Se realizaron los ensayos de las propiedades físicas del agregado grueso y fino en laboratorio para poder realizar los diseños de mezcla. De acuerdo a lo brindado por ACI 522 R-10 (Report on Pervious Concrete), se eligieron los criterios de diseño para los 3 diseños de mezcla; 10.00% de agregado fino, una relación de a/c de 0.36, un porcentaje de vacíos de 15.00%, 26.5% de volumen de pasta y el valor b/bo de 0.93. Se determinó la resistencia a compresión, índice de permeabilidad, contenido de vacíos y densidad; mediante los ensayos de laboratorio. Los valores obtenidos de las características en los ensayos, nos permitieron analizar y comparar el comportamiento de los concretos drenantes de las diferentes gradaciones.

Se pudo determinar que el concreto drenante de gradación 3/8" mostró mayor resistencia a compresión con un valor promedio de 194.25 Kg/cm² a los 28 días. El concreto de gradación 3/4" presentó la mayor permeabilidad con un valor promedio de 1.26 cm/s. También, se pudo determinar que la densidad y el contenido de vacíos están directamente relacionados con las características del concreto drenante. Así como el análisis y la comparación del costo en la elaboración de cada tipo de concreto.

Palabras Claves: Concreto drenante, Agregado grueso, Resistencia a compresión y permeabilidad.

ABSTRACT

The present study deals with the influence on the mechanical and hydraulic characteristics of permeable concrete, given by the gradation of the coarse aggregate. The characteristics that are most related to this type of concrete were analyzed, such as compression resistance and permeability. Coarse aggregate gradations of 3/4", 1/2" and 3/8" were used. The coarse aggregate that was used belongs to the Cerro Mocho quarry, located 25 km from the city of Sullana.

Tests of the physical properties of the coarse and fine aggregate were carried out in the laboratory to be able to carry out the mix designs. According to what is provided by ACI 522 R-10 (Report on Pervious Concrete), the design criteria were chosen for the 3 mix designs; 10.00% fine aggregate, a w/c ratio of 0.36, a void percentage of 15.00%, 26.5% paste volume and a b/bo value of 0.93. The compressive strength, permeability index, void content and density were determined; through laboratory tests. The values obtained from the characteristics in the tests allowed us to analyze and compare the behavior of the draining concretes of the different gradations.

It was determined that the draining concrete with a 3/8" gradation showed greater compression resistance with a average value of 194.25 Kg/cm² at 28 days. The 3/4" gradation concrete presented the highest permeability with a average value of 1.26 cm/s. Also, it was possible to determine that the density and void content are directly related to the characteristics of the draining concrete. As well as the analysis and Comparison of the cost in the production of each type of concrete.

Keywords: Draining concrete, Coarse aggregate, Compressive strength and permeability.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| DEDICATORIA | i |
| RESUMEN | ii |
| ABSTRACT..... | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Problema De Investigación | 1 |
| 1.2. Objetivos..... | 4 |
| 1.2.1. <i>Objetivo General</i> | 4 |
| 1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i> | 4 |
| 1.3. Justificación Del Estudio..... | 4 |
| II. MARCO DE REFERENCIA..... | 5 |
| 2.1. Antecedentes Del Estudio | 5 |
| 2.1.1. <i>Internacionales</i> | 5 |
| 2.1.2. <i>Nacionales</i> | 6 |
| 2.1.3. <i>Locales</i> | 7 |
| 2.2. Marco Teórico..... | 8 |
| 2.2.1. <i>Definición Del Concreto Drenante</i> | 8 |
| 2.2.2. <i>Materiales Del Concreto Drenante</i> | 8 |
| 2.2.3. <i>Características Del Concreto Drenante</i> | 10 |
| 2.2.4. <i>Características Del Concreto Drenante En Estado Endurecido</i> . | 12 |
| 2.3. Marco Conceptual | 13 |
| 2.4. Sistema De Hipótesis..... | 14 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| III. METODOLOGÍA EMPLEADA | 15 |
| 3.1. Tipo y Nivel De Investigación..... | 15 |
| 3.2. Población y muestra de estudio | 16 |
| 3.3. Diseño De Investigación..... | 16 |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos De Investigación..... | 17 |
| 3.5. Procesamiento y Análisis De Datos | 18 |
| IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 19 |
| 4.1. Propuesta De Investigación | 19 |
| 4.2. Análisis e Interpretación De Resultados..... | 20 |
| 4.2.1. <i>Ensayos De Las Propiedades Físicas Del Agregado Fino y Grueso</i> | 20 |
| 4.2.2. <i>Diseños De Mezcla</i> | 31 |
| 4.2.3. <i>Ensayos Al concreto Drenante En Estado Fresco</i>..... | 51 |
| 4.2.4. <i>Ensayos Al Concreto Drenante En Estado Endurecido.</i> | 54 |
| V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..... | 63 |
| CONCLUSIONES | 75 |
| RECOMENDACIONES | 77 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 78 |
| ANEXOS | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. <i>Variables e indicadores (Cuadro de Operacionalización).</i> | 15 |
| Tabla 2. <i>Clasificación de probetas.</i> | 16 |
| Tabla 3. <i>Análisis granulométrico del agregado fino.</i> | 20 |
| Tabla 4. <i>Análisis granulométrico del agregado grueso 3/4".</i> | 20 |
| Tabla 5. <i>Análisis granulométrico del agregado grueso 1/2".</i> | 21 |
| Tabla 6. <i>Análisis granulométrico del agregado grueso 3/8".</i> | 21 |
| Tabla 7. <i>Peso específico y capacidad de absorción del agregado fino.</i> | 22 |
| Tabla 8. <i>Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso 3/4".</i> .. | 23 |
| Tabla 9. <i>Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso 1/2".</i> .. | 24 |
| Tabla 10. <i>Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso 3/8".</i> | 25 |
| Tabla 11. <i>Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.</i> | 26 |
| Tabla 12. <i>Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 3/4".</i> | 26 |
| Tabla 13. <i>Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 1/2".</i> | 27 |
| Tabla 14. <i>Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 3/8".</i> | 28 |
| Tabla 15. <i>Contenido de humedad del agregado fino.</i> | 28 |
| Tabla 16. <i>Contenido de humedad del agregado grueso 3/4".</i> | 29 |
| Tabla 17. <i>Contenido de humedad del agregado grueso 1/2".</i> | 29 |
| Tabla 18. <i>Contenido de humedad del agregado grueso 3/8".</i> | 29 |
| Tabla 19. <i>Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado fino.</i> | 30 |
| Tabla 20. <i>Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso 3/4".</i> | 30 |
| Tabla 21. <i>Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso 1/2".</i> | 31 |
| Tabla 22. <i>Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso 3/8".</i> | 31 |
| Tabla 23. <i>Peso Específico del cemento y del agua.</i> | 35 |
| Tabla 24. <i>Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla de 3/4".</i> | 36 |
| Tabla 25. <i>Volúmenes absolutos de los materiales del concreto drenante de gradación 3/4".</i> | 38 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 26. <i>Nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/4".</i> | 39 |
| Tabla 27. <i>Materiales corregidos por Humedad y Absorción de los materiales para el concreto drenante de gradación 3/4".</i> | 39 |
| Tabla 28. <i>Agregados corregidos por humedad para el concreto drenante con gradación 3/4".</i> | 40 |
| Tabla 29. <i>Valores del diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/4".</i> | 40 |
| Tabla 30. <i>Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla de 1/2".</i> | 41 |
| Tabla 31. <i>Volúmenes absolutos de los materiales del concreto drenante de gradación 1/2".</i> | 43 |
| Tabla 32. <i>Nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 1/2".</i> | 44 |
| Tabla 33. <i>Materiales corregidos por Humedad y Absorción de los materiales para el concreto drenante de gradación 1/2".</i> | 44 |
| Tabla 34. <i>Agregados corregidos por humedad para el concreto drenante con gradación 1/2".</i> | 45 |
| Tabla 35. <i>Valores del diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 1/2".</i> | 46 |
| Tabla 36. <i>Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla de 3/8".</i> | 46 |
| Tabla 37. <i>Volúmenes absolutos de los materiales del concreto drenante de gradación 3/8".</i> | 49 |
| Tabla 38. <i>Nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/8".</i> | 49 |
| Tabla 39. <i>Materiales corregidos por Humedad y Absorción de los materiales para el concreto drenante de gradación 3/8".</i> | 50 |
| Tabla 40. <i>Agregados corregidos por humedad para el concreto drenante con gradación 3/8".</i> | 51 |
| Tabla 41. <i>Valores del diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/8".</i> | 51 |
| Tabla 42. <i>Consistencia y Slump del concreto drenante.</i> | 51 |
| Tabla 43. <i>Peso Unitario del concreto 3/4" en estado fresco.</i> | 52 |
| Tabla 44. <i>Contenido de Vacíos del concreto 3/4" en estado fresco.</i> | 52 |
| Tabla 45. <i>Peso Unitario del concreto 1/2" en estado fresco.</i> | 53 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 46. <i>Contenido de Vacíos del concreto 1/2" en estado fresco.</i> | 53 |
| Tabla 47. <i>Peso Unitario del concreto 3/8" en estado fresco.</i> | 53 |
| Tabla 48. <i>Contenido de Vacíos del concreto 3/8" en estado fresco.</i> | 54 |
| Tabla 49. <i>Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/4".</i> | 54 |
| Tabla 50. <i>Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".</i> | 55 |
| Tabla 51. <i>Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".</i> | 55 |
| Tabla 52. <i>Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/4".</i> | 56 |
| Tabla 53. <i>Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".</i> | 56 |
| Tabla 54. <i>Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/8".</i> | 57 |
| Tabla 55. <i>Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/4".</i> | 57 |
| Tabla 56. <i>Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".</i> | 58 |
| Tabla 57. <i>Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/8".</i> | 58 |
| Tabla 58. <i>Coeficiente de permeabilidad del concreto drenante de agregado grueso 3/4".</i> | 59 |
| Tabla 59. <i>Coeficiente de permeabilidad del concreto drenante de agregado grueso 1/2".</i> | 59 |
| Tabla 60. <i>Coeficiente de permeabilidad del concreto drenante de agregado grueso 3/8".</i> | 59 |
| Tabla 61. <i>Peso Unitario del concreto 3/4" en estado endurecido.</i> | 60 |
| Tabla 62. <i>Contenido de Vacíos del concreto 3/4" en estado endurecido.</i> | 60 |
| Tabla 63. <i>Peso Unitario del concreto 1/2" en estado endurecido.</i> | 61 |
| Tabla 64. <i>Contenido de Vacíos del concreto 1/2" en estado endurecido.</i> | 61 |
| Tabla 65. <i>Peso Unitario del concreto 3/8" en estado endurecido.</i> | 62 |
| Tabla 66. <i>Contenido de Vacíos del concreto 3/8" en estado endurecido.</i> | 62 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 67. <i>Resultados del estudio de los materiales en laboratorio del agregado fino.</i> | 63 |
| Tabla 68. <i>Resultados del estudio de los materiales en laboratorio del agregado grueso.</i> | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. <i>Contenido mínimo de porcentaje de vacíos para drenaje.</i> | 32 |
| Figura 2. <i>Relación entre el porcentaje de vacíos y la resistencia a la compresión a 28 días.</i> | 33 |
| Figura 3. <i>Determinación del valor efectivo b/b_0 según el porcentaje de agregado fino.</i> | 34 |
| Figura 4. <i>Relación entre el porcentaje de pasta y el porcentaje de vacíos.</i> | 35 |
| Figura 5. <i>Valores de resistencia a la compresión del concreto drenante en función de su edad, que van desde 7 hasta 28 días.</i> | 65 |
| Figura 6. <i>Tipos de fracturas en probetas cilíndricas.</i> | 66 |
| Figura 7. <i>Contenido de vacíos de los concretos drenantes de acuerdo al diseño, estado fresco y estado endurecido.</i> | 67 |
| Figura 8. <i>Densidades de los concretos drenantes de acuerdo al diseño, estado fresco y estado endurecido.</i> | 69 |
| Figura 9. <i>Relación entre la densidad y el contenido de vacíos del concreto drenante.</i> | 70 |
| Figura 10. <i>Permeabilidad del concreto drenante según su gradación de agregado grueso.</i> | 71 |
| Figura 11. <i>Costo por m^3 de concreto drenante según su gradación.</i> | 72 |
| Figura 12. <i>Costo por m^3 del concreto drenante según la resistencia a compresión.</i> | 73 |
| Figura 13. <i>Costo por m^3 del concreto drenante según la permeabilidad.</i> | 74 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema De Investigación

Actualmente alrededor del 50% de la población mundial habita en zonas urbanas, el desplazamiento del campo a la ciudad se incrementó en un 80% en los últimos años. Debido a este fenómeno las ciudades requieren innovaciones en las infraestructuras diariamente utilizadas, dado que estas se encuentran deficientes a factores que causan su deterioro. Uno de los factores que afectan dichas infraestructuras son las inundaciones por aguas pluviales (Dolz Ripollès & Gómez, 1994).

Las inundaciones son parte de los desastres que más daños han causado en los últimos 50 años a nivel mundial. Como principal daño han ocasionado la muerte de 650,000 víctimas (Naciones Unidas, 2021), el deterioro de las infraestructuras urbanas principalmente las vías, interrumpiendo así el tráfico vehicular en situaciones de emergencia (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, 2016). Las inundaciones se producen cuando las aguas pluviales saturan la capacidad de drenaje de la zona y se acumulan durante horas o días en los que se denominan charcos (Universidad Nacional Autónoma de México, 2022).

Esta problemática afecta a nivel mundial a diferentes infraestructuras urbanas. Como se sabe el motivo de cada construcción es su funcionalidad, por lo cual es necesario innovar en nuevas tecnologías y materiales que permitan cumplir en toda su capacidad a las infraestructuras frente a este tipo de problemáticas, como lo son las inundaciones pluviales causadas por el ineficiente drenaje en las vías urbanas (Cladera et al., 2007).

Una de las alternativas que pone solución a este tipo de problemas y a la vez se viene implementando en diferentes países, es el uso del concreto drenante en la construcción de infraestructuras urbanas. Países como México, Estado Unidos y Panamá han llevado a la practica el uso de este tipo de concreto

en sus proyectos de construcción, obteniendo resultados favorables, dado que se ha logrado un adecuado drenaje de las aguas pluviales (Arango, 2022).

Uno de los principales beneficios del uso del concreto drenante es el eficiente drenaje de las aguas pluviales, característica reconocida de manera positiva por la Agencia de Protección Ambiental. Este tipo de concreto posee pocos finos o no tiene finos y su uso como pavimento se ve reflejado en vías de bajo tránsito, estacionamientos y ciclo vías. Este concreto es particular, resulta de la mezcla de agregado grueso, cemento, agua y poco o nada de agregado fino. Dada su estructura porosa permite que el agua drene de manera eficiente (Aire, 2011).

El tipo de agregado es esencial en el concreto drenante, sus características influyen no solo en las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto, sino además en el costo del mismo. Estos forman una gran parte del volumen del concreto, aproximadamente entre 70% - 80%, por lo tanto, es de suma importancia saber sus propiedades y su influencia para mejorar su uso y así aprovecharlo en la mezcla del concreto. La tipología de los agregados en cuanto a forma, tamaño y textura afectan la trabajabilidad, el acabado, la segregación y exudación del concreto fresco; e influyen en la resistencia, la permeabilidad y durabilidad del concreto endurecido (León & Ramirez, 2010).

Una de las características físicas de los agregados es la granulometría, que influye de manera directa en la resistencia del concreto. Se considera granulometría a la composición en porcentajes de las diferentes medidas de agregado de una muestra, los agregados de mayor tamaño influyen en las proporciones relativas de los diseños de mezcla. Para lograr un buen concreto drenante es necesario que el agregado grueso y el fino alcancen una granulometría que cumpla las condiciones técnicas (Toirac Corral, 2012).

Analizando la problemática a nivel nacional, muchas zonas del Perú se han visto afectadas por inundaciones a causa de las precipitaciones, que son un fenómeno recurrente cada año. Esto genera grandes pérdidas económicas, como lo son el deterioro de infraestructuras tanto viarias como de edificación.

Nuestro país presenta dificultades por el ineficiente drenaje de aguas pluviales, sumado el incremento de la población a zonas urbanas, nos vemos en la necesidad de poseer mejores infraestructuras para hacer frente a esta problemática (Jean, 2017).

En el ámbito local, el departamento de Piura periódicamente sufre los efectos catastróficos del fenómeno del niño. Este fenómeno trae consigo la destrucción de viviendas, formación de charcos en vías urbanas, reproducción de insectos, malos olores y daño en la salud de los ciudadanos (Córdova, 2020). Los sistemas de drenaje son ineficientes para el tipo precipitaciones que se presentan en la región de Piura (INDECI; OEA, 2009).

Los peligros que traen las precipitaciones generadas por el fenómeno de El Niño en la ciudad de Sullana se concentran por lo general en las quebradas de la zona, cuando ocurre este evento las quebradas exceden su capacidad de evacuar las aguas pluviales, ocasionando desbordes en la ciudad. Sullana en conjunto necesita de un plan integrado de drenaje para la captación de aguas de lluvia que las deriven a zonas de desfogue (INDECI, 2015).

De acuerdo al análisis realizado no existe normativa nacional sobre el uso del concreto drenante en las infraestructuras viales de tránsito moderado, además de no contar con las investigaciones necesarias respecto a este tipo de concreto, como lo sería conocer qué tipo de agregados son los adecuados para elaborarlo. Es por esta razón, que con este estudio se pretende dar a conocer la elaboración del concreto drenante, diseñado con agregados que se obtendrán de una cantera cercana a la localidad con el fin de obtener resultados para conocer las gradaciones óptimas respecto a la resistencia a compresión y el coeficiente de permeabilidad. La cantera elegida es: Cantera Cerro Mocho, ubicada a 25 km de Sullana.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

- Determinar el efecto del agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas de un concreto drenante, Sullana 2023.

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar las características físicas del material a utilizar en la elaboración del concreto drenante.
- Determinar el porcentaje óptimo de agregado grueso para las características mecánicas e hidráulicas del concreto drenante.
- Determinar las características mecánicas e hidráulicas del concreto drenante.
- Determinar la relación costo/beneficio de los materiales y elaboración del concreto drenante.

1.3. Justificación Del Estudio

La investigación tiene justificación de manera teórica porque se aplicarán ensayos de laboratorio utilizando la metodología proporcionada por la ACI 522R-10, con el fin de certificar los resultados que nos muestran el tipo de agregado óptimo para el diseño de mezcla de concreto drenante.

Por otro lado, esta investigación se justifica de manera práctica porque nos permite generar conocimientos a partir de ensayos experimentales sobre el concreto drenante, otorgando así una solución viable y eficaz basada en normativas internacionales, además nos permite optimizar los diseños y analizar la relación del agregado grueso en concretos drenantes, mostrando su

condición, el comportamiento mecánico y el precio, y sobre todo nos brinda información para su realización en los distintos campos de aplicación, considerando el precio de elaboración, parámetros de diseño y las características mecánicas e hidráulicas adquiridas, como es la resistencia a compresión y permeabilidad.

Además, esta investigación se justifica metodológicamente, porque se hace empleo de técnicas e instrumentos que podrán servir como punto de inicio para otras investigaciones similares. En el presente trabajo de tesis se empleará fichas de recolección de datos reales, certificados dados por un laboratorio dentro de la provincia de Sullana, y de esta manera se obtendrán antecedentes para futuros estudios.

Asimismo, se justifica en relevancia social porque contribuye al mejoramiento del ambiente en el que vive la población, donde se requiere de manera urgente nuevas infraestructuras de drenaje pluvial, porque como se sabe los problemas de inundación han venido afectando de manera drástica en los últimos años a la ciudad de Sullana.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes Del Estudio

2.1.1. Internacionales

León Altamirano & Rosero Sangucho (2016), en su investigación “Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas gradaciones” de la Universidad Central del Ecuador, desarrollaron mezclas de concreto drenante con tamaños de agregados N°8, N°4 y 3/8” de los yacimientos de San Antonio y Pintag, analizando la resistencia de tracción, compresión y factor de permeabilidad. Concluyeron que al no añadir arena o agregado fino a la mezcla esta se vuelve áspera y pierde trabajabilidad, también concluyeron que aditivos tales como el Aer RMC (Incluye aire), Sikament (aditivo plastificante) no optimizan las propiedades mecánicas ni físicas del concreto

drenante, además, determinaron que el ensayo de mezcla más adecuado se consiguió con el material del yacimiento de la cantera Pintag, principalmente con el tamaño N°4, logrando de esta manera una resistencia de compresión de 24.6 Mpa, y 1.88 mm/seg de permeabilidad.

Játiva (2014), en su tesis “Desarrollo de hormigones permeables enfocado al diseño de mezclas, construcción de obras y a la protección ambiental, basado en las normas ACI, ASTM e INEM” en la Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, desarrolló concretos drenantes usando agregados de 3/8” pertenecientes al yacimiento que se encuentra en el río Guayllabamba, un cemento Holcim Rocafuerte del tipo “GU”, equiparo los efectos con utilización de otro agregado y cemento. Concluyó que la resistencia de los concretos drenantes es opuesta en relación a su índice de permeabilidad, y equivalente en relación a los agregados, elaboración de la mezcla, y condición del cemento. Además, con el fin de obtener una mayor resistencia de flexión y compresión, es vital usar hasta un 8% de arena fina.

2.1.2. Nacionales

Paucar Curasma & Morales de la Cruz (2018), en su investigación “Influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito- f’c 175 Kg/cm²”. Determinaron como influye la granulometría del agregado grueso del yacimiento que se encuentra en el río Ichu en las propiedades mecánicas, en específico las resistencias a compresión en vías de poco tráfico de concreto drenante f’c 175 kg/cm². Los métodos utilizados para la mezcla fueron según la norma ACI 522R-10 y ACI 211.3R-02, con el fin de lograr resistencias mayores a compresión y permeabilidad adecuada de esta, esto se analizó en 8 probetas cilíndricas para las distintas gradaciones de agregado grueso (3/4”, 1/2” y 3/8”), en los cuales la prueba de resistencia a compresión se realizó pasando 28 días, a parte de 15 probetas cilíndricas para realizar la prueba de permeabilidad. Concluyeron que el agregado grueso de 3/4” es el más apto para la mezcla del concreto permeable, la resistencia a la compresión alcanzo 145.21 kg/cm² y el coeficiente de permeabilidad 1.208 cm/s, cantidades que se hallan en los intervalos

determinados. Se pudo apreciar que el agregado estudiado puede ser utilizado en pavimentos de concreto drenante.

Ivan & Pacompia (2015), en su investigación “Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos $f'c$ 175 Kg/cm² en la ciudad de Puno” en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, hicieron pruebas a la resistencia de compresión, porosidad y factor de permeabilidad; con el objetivo de obtener una mezcla de concreto drenante “ideal” para añadir tiras de polipropileno, estimaron 2 ensayos de mezcla (los que se diferencian en la gradación del agregado grueso utilizado en el ensayo). Concluyeron que el concreto drenante fabricado con la gradación estandarizada (gradación estándar N°8) era adecuado para añadir tiras de 3 mm x 3 mm de polipropileno con distintos porcentajes (0.15%, 0.10% y 0.05%) en relación al peso de cada metro cúbico en el ensayo, determinaron que la adición de 0.05% y 0.10% respecto al peso aumentan el promedio de resistencia a compresión en un 16.7% y un 4.2% respectivamente durante 28 días, por otro lado la suma de un 0.15% baja la resistencia de compresión media en un 10.7%.

2.1.3. Locales

Jimenez (2019), en su investigación “Evaluación del concreto permeable como una alternativa sostenible para el control de las aguas pluviales en la ciudad de Castilla, provincia Piura y departamento de Piura” en la Universidad Nacional de Piura, elaboraron siete diseños de mezclas acorde al “reporte en concreto permeable” cambiando las proporciones de los componentes y la proporción a/c con el fin de conseguir una permeabilidad (0.14 cm/seg a 1.22 cm/seg) y así mismo lograr una resistencia establecida de compresión ($f'c = 210$ Kg/cm²). El resultado de la evaluación permitió establecer que el ensayo de mezcla más adecuado es el N°7 que logró una resistencia de compresión de 238 kg/cm² en 28 días, superior a la resistencia requerida media ($f'c = 210$ Kg/cm²); y asimismo logró un factor de permeabilidad de 0.1582 cm/seg, valor en el intervalo de los requisitos de permeabilidad.

Manturano (2017), en su investigación “Concreto permeable como propuesta sostenible para mejorar el sistema de drenaje pluvial de la vía Blas de Atienza en Piura”, mejoró el sistema de drenaje de las aguas pluviales de la vía Blas de Atienza en Piura por medio de la opción sostenible del empleo de concreto permeable. El método que utilizó se basó en la normativa AASHTO 93 para pavimentos rígidos, así como el RNE (OS. 060 y OS 070) para determinar el diseño del sistema de captación de agua pluvial y los espesores que poseerá el pavimento permeable. Concluyó que los resultados logrados en el diseño cumplen con los rangos establecidos considerándolo como un adecuado diseño. Se puede apreciar que al proponer este tipo de tecnología se puede lograr la preservación de los pavimentos de la ciudad, en la cual se pueda alargar su periodo de 20 a 30 años.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Definición Del Concreto Drenante

El concreto drenante es un material, que se compone de agregado grueso, casi poco de finos, cemento Portland, agua y ciertos aditivos. La mezcla de dichos elementos crea un concreto duro con cierta porosidad, con poros de tamaño que cambian de 2 a 8 mm el cual permite la salida de agua. La cantidad de vacíos tiene un valores de 15% a 35%, con una resistencia de compresión que usualmente varía de 2.8 a 28 Mpa. El drenaje que tiene es dependiente de la densidad, y de la gradación del agregado, sin embargo principalmente cambia de 81 a 730 L/min/m² (ACI, 2010).

2.2.2. Materiales Del Concreto Drenante

Los componentes a usar en la construcción del concreto drenante son iguales a los utilizados comúnmente, excepto por la exclusiva variedad del agregado fino, el cual es reducido por porciones bajas o exclusión general de la conformación de las mezclas.

2.2.2.1. Cemento.

El cemento es un componente que sirve para aglutinar, muestra características adherentes y cohesivas, que dan acceso a la junta de fracciones minerales entre sí, conformando un todo compacto. En la construcción, se ha hecho común la implementación del vocablo cemento para nombrar un tipo de aglutinante establecido que se llama Cemento Portland, ya que es el más habitual (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

El cemento Portland es la mezcla de componentes arcillosos y calcáreos u otros componentes que tienen alúmina, sílice y óxidos de hierro, elaborados a altas temperaturas y combinados con yeso. El apelativo procede de la afinidad en la apariencia del cemento duro con una roca que rebosa en Portland, Inglaterra. Ha sido patentado por Joseph Aspdin en 1824, ha sido mejorado ciertos años después por Isaac Johnson (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

Para la fabricación del concreto drenante, el cemento Portland hidráulico es el más utilizado por tratarse de un material muy resistente. También, hay que considerar que los concretos con alta porosidad tienden a tener un tiempo de secado menor, lo que significa que el curado es más veloz y más sensible a que se evapore el agua de la mezcla y a los cambios de temperatura (Ospina & Erazo, 2007).

2.2.2.2. Agregados.

Los agregados son aquellas sustancias sólidas o fragmentos añadidos deliberadamente al concreto que toman el espacio cercado por la pasta de cemento. Combinado con esto, otorga resistencia mecánica al concreto duro y dirigen los cambios de volumen que suelen ocurrir en el fraguado del cemento, y los producidos por las variaciones en la cantidad de humedad de la estructura (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

Los agregados usados para concreto drenante son de 3/4 y 3/8 pulgadas. Estos se han utilizado de forma redondeada o triturados, para crear concreto drenante. El agregado usado debe obedecer con lo establecido en ASTM D 448. No deben usarse agregados finos en concretos drenantes ya que propenden a dañar la porosidad (ACI, 2010).

Últimamente, el concreto drenante se ha utilizado en vías de poco tránsito y estacionamientos. Para estos casos, usualmente se utilizan tamaños de agregados más diminutos por motivos estéticos. Según ASTM C33, el tamaño de agregado grueso 89 (3/8" a N° 50) se ha utilizado principalmente en estacionamientos y aceras en Florida durante más de 20 años (Tennis, 2019).

2.2.2.3. Agua.

Es el material básico para la creación de concreto porque juega un papel vital, estando este en estado fresco y duro. Habitualmente se realiza relación a su función en la cantidad para proporcionar la relación a/c de acuerdo con los requisitos de trabajabilidad y resistencia, empero es obvio, que para utilizarla en el lavado de agregados o la producción de mezcla del concreto, no sólo su proporción es vital, sino además su condición física y química (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

La calidad del agua del concreto drenante debe ser la misma que la del concreto común. El concreto drenante debe ser suministrado con una proporción a/c respectivamente baja (0.26 a 0.40), porque el exceso de agua hará que la pasta drene y posteriormente bloquee la porosidad (ACI, 2010).

2.2.3. Características Del Concreto Drenante

2.2.3.1. Características Del Concreto En Estado Fresco.

Las características en estado fresco del concreto tienen que consentir que se llenen correctamente las formaletas y los espacios cerca a la armadura,

asimismo lograr una masa completamente homogénea sin enormes espacios de agua o aire (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

2.2.3.1.1. Trabajabilidad.

Es esta propiedad la que determina qué trabajo se utiliza para superar la fricción entre los elementos del concreto, y entre el encofrado con este, para obtener un grado de compactación conveniente. Es decir, es la propiedad que tiene para poder colocar y compactar correctamente sin ninguna segregación (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

2.2.3.1.2. Consistencia.

Es una característica que establece la humedad de la mezcla por el nivel de fluidez de la misma; conociéndose con aquello que la humedad de la mezcla es directamente proporcional a la factibilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO, 2014).

2.2.3.1.3. Segregación.

Las distintas densidades entre materiales del concreto ocasionan una predisposición que conduce a que los elementos más pesados bajen, sin embargo generalmente, las densidades de las pastas que tienen agregados finos son solo un 20% menores en comparación con las de los agregados gruesos, lo cual añadido a la viscosidad ocasiona que el agregado grueso se encuentre suspendido y sumergido en la matriz (Pasquel carbajal, 1998).

2.2.3.1.4. Exudación.

Característica por quien una porción del agua mezclada se desune de la mezcla y asciende a la superficie. Este es un caso común de sedimentación, donde los sólidos descienden en la mezcla (Pasquel carbajal, 1998).

La exudación se ocasiona sin poder evitarlo en el concreto porque es una característica inherente a su estructura, por lo que es importante evaluarla y dirigir las consecuencias negativas que pueda ocasionar (Pasquel carbajal, 1998).

2.2.3.1.5. *Peso Unitario.*

El peso unitario del concreto drenante es el 70% del concreto común. Se determina conforme a lo establecido en la ASTM C 1688 (2010).

2.2.3.1.6. *Contenido De Aire.*

Esta característica está en todo tipo de concreto, se ubica en los poros insaturados de los agregados y forma burbujas de aire entre los materiales del concreto, ya que queda atrapado durante el proceso mezclado o porque se incorpora deliberadamente mediante el uso de un agente inclusor, como cemento o aditivos incorporadores de aire (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

Un porcentaje de vacíos tiene el poder de aumentar las probabilidades de obstaculizar la porosidad, dificultad que podría ser impedida usando agregados con tamaños más grandes (ACI, 2010).

2.2.4. *Características Del Concreto Drenante En Estado Endurecido*

2.2.4.1. *Permeabilidad.*

La permeabilidad es la propiedad que permite que los fluidos traspasen en los materiales sin cambiar su estructura. El concreto es un componente drenante, en otras palabras, cuando se somete a presión de agua externa, ocasiona la escorrentía en medio de su estructura. La permeabilidad está regida por su composición, por lo general cambia de 0.13 cm/s – 1.20 cm/s (Prahara & Meilani, 2014).

Diversos estudios y ensayos han demostrado que para lograr un efecto de filtración significativo se requiere al menos un contenido de vacíos de alrededor del 15%, además para considerar una permeabilidad óptima, el tiempo que se mida debe ser inferior a los 100 segundos (Rivva, 1992).

2.2.4.2. Durabilidad.

Se considera como la propiedad del concreto para resistir las consecuencias de la temperatura, la lluvia, la humedad y otros factores. Sin afectar sus características mecánicas. Similar al concreto convencional, la durabilidad del concreto drenante enfatiza su vida útil regido bajo las condiciones ambientales determinadas.

El concreto debe poder endurecer y conservar sus características a través del tiempo, inclusive en condiciones de exposición que usualmente debilitaría o hicieran perder su capacidad estructural (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO, 2014).

2.2.4.3. Absorción Acústica.

Es la característica para absorber el sonido cuando la superficie se ve impactada. El sonido que absorba dependerá del material, ya que ciertos materiales solo lo reflejaran. El concreto drenante se considera un tipo eficiente de concreto absorbente de sonido por la gran cantidad de poros interconectados y de considerable tamaño que tiene. Este concreto se puede utilizar para disminuir el sonido producido por el choque entre los neumáticos y el pavimento de concreto (ACI, 2010).

2.3. Marco Conceptual

- Granulometría del agregado grueso:

Se entiende como granulometría a la repartición del tamaño de partículas de los agregados, los cuales se determinan mediante tamices conforme con

ASTM C136. Los tamaños de agregados usados en el concreto drenante, sea de un único tamaño o de una gradación de 3/4 a 3/8 pulgadas. (19 y 9.5 mm). Agregados triturados y redondeados, ordinarios y livianos, se han usado para crear concreto drenante. El agregado usado debe estar conforme a lo establecido por ASTM D 488 Y C33/C33M” (ACI, 2010).

- Resistencia a la compresión:

Se conceptualiza como la máxima magnitud que los materiales pueden tolerar bajo cargas de apisonado. Se establece conforme a ASTM C39. Depende de los escasos o nada de agregados finos, agregado grueso, proporción agua/cemento, del total de mezcla cementante y de la fuerza del compactado. A más grande la proporción de vacíos, se va a tener menos resistencia y la inversa (Rivva, 1992).

- Permeabilidad:

La permeabilidad es una característica que posibilita el filtrado de un fluido, por medio de sus poros conectados entre sí. Un componente va a ser permeable una vez que tenga espacios vacíos conectados entre sí. El tráfico de agua por medio de un bloque (suelo, pasta de cemento, agregado, concreto, etc.).

2.4. Sistema De Hipótesis

Usando agregado grueso con tamaño 3/8” se alcanzará una resistencia a compresión y un factor de permeabilidad dentro de los parámetros dispuestos por la ACI 522R–10.

Tabla 1*Variables e indicadores (Cuadro de Operacionalización).*

| | Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Escalas de Medición |
|----------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|
| Independiente | Agregado grueso | El agregado grueso es un material granular, comprende las partículas de agregado mayores a 4.75 mm (malla N° 4) (Concreto: estructura y materiales). | Se trabajará con proporciones de 3/4", 1/2" y 3/8" para las diferentes mezclas. | Propiedades físicas de los agregados | Granulometría | Nominal |
| | | | | | Humedad | Razón |
| | | | | | Absorción | Razón |
| | | | | | Pesos Específicos | Razón |
| | | | | | Pesos Unitarios | Razón |
| | Diseño de mezcla | Dosificación | Ordinal | | | |
| Dependiente | Característica mecánica | La capacidad de un material para resistir una carga, mostrando la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material. (Pérez, 2017). | Se llevará a cabo la medición de la resistencia a la compresión. | Resistencia a la compresión | El esfuerzo se determina en kg/cm ² . | Nominal |
| | Característica hidráulica | Propiedad del material asociada con la presencia de flujo de líquido (Pérez, 2017). | Se llevará a cabo la medición de la permeabilidad del concreto. | Permeabilidad | Se determinara la tasa de drenaje en cm/s. | Nominal |
| | Análisis de costo / beneficio | Técnica ampliamente empleada para evaluar proyectos de inversión (ACB – herramienta de gestión). | Se realizara un presupuesto de concreto drenante. | Análisis de costos unitarios | C.D. = M x C.U. | Razón |

Nota. Esta tabla muestra la variable independiente y dependiente; y sus indicadores.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel De Investigación

De acuerdo a la orientación o Finalidad: Básica.

De acuerdo a la técnica de contrastación: Investigación explicativa.

3.2. Población y muestra de estudio

Población

El grupo seleccionado son los concretos drenantes con agregado grueso de granulometría 3/4", 1/2" y 3/8".

Muestra

Se utilizarán 36 probetas de concreto drenante en estado endurecido, para pasar por las pruebas de resistencia a compresión y factor de permeabilidad.

Tabla 2

Clasificación de probetas.

| Muestras | | | |
|------------------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------------------|
| | | Característica Mecánica | Característica Hidráulica |
| | Tamaño | Resistencia a compresión | Permeabilidad |
| Granulometría del Agregado Grueso | 3/4" | 9 | 3 |
| | 1/2" | 9 | 3 |
| | 3/8" | 9 | 3 |
| | Dimensión | Ø10cm x 15cm | Ø10cm x 15cm |
| | Total | 27 | 9 |

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de probetas destinadas para los ensayos de las características mecánicas e hidráulicas del concreto drenante.

3.3. Diseño De Investigación

El estudio es experimental – cuasi experimental, puesto que se manipulará la variable independiente de forma intencional para poder estudiar los efectos sobre la variable dependiente. Se realizará con probetas de concreto permeable que serán estudiadas. Su esquema es el siguiente:

GE1: X1 O1

GE2: X2 O2

GE3: X3 O3

Donde:

- GE: Grupos experimentales.
- X: Agregado Grueso de la cantera Cerro Mocho.
 - ✓ X1: 3/4"
 - ✓ X2: 1/2"
 - ✓ X3: 3/8"
- O: Concreto drenante.
 - ✓ Características mecánicas.
 - ✓ Características hidráulicas.

3.4. Técnicas e Instrumentos De Investigación

Técnicas:

- **Observación de laboratorio:** El investigador controla y manipula los datos, estos serán recolectados a través de la percepción intencional y selectiva. En otras palabras, la observación se sujetará directamente a todas las pruebas que se ejecutarán, bajo el compromiso del investigador, de acuerdo con las normas establecidas por el ACI y ASTM.
- **Análisis documental:** Los datos que se obtendrán mediante las pruebas de laboratorio serán clasificados de acuerdo a las fichas establecidas para este tipo de ensayo, con el fin de plasmar los resultados de acuerdo a los estándares establecidos.
- **Ensayo de laboratorio:** Este viene a ser el método principal para recopilar la información requerida, los ensayos a las probetas de concreto drenante a ejecutarse son los siguientes: prueba a compresión a los 28 días fundamentada según ASTM C-39 y la prueba de permeabilidad, en un lapso de 28 días, según ACI 522 R-10. La información que se consiga al ejecutar las pruebas referidas será incluidas en hojas de resumen.

Instrumentos:

- Tamices.
- Fiola.
- Varilla de acero.
- Horno.
- Cucharón.
- Máquina de ensayo uniaxial
- Molde de concreto.
- Balanza electrónica.
- Termómetro digital.
- Ficha de recolección de datos.
- Cono de Abrams.
- Olla de Washington.
- Flexómetro.

3.5. Procesamiento y Análisis De Datos

Realizada la toma de muestras de agregados de la cantera, se llevaran al laboratorio de mecánica de suelos y se realizara la caracterización de estos, mediante la granulometría para obtener las diferentes proporciones de los agregados ya sea de 3/4", 1/2" y 3/8", obteniendo sus propiedades físicas.

Luego se procederá a la elaboración del diseño de mezcla de concreto drenante, con la proporción de equipos y herramientas para fabricar muestras cilíndricas, en la cual serán 36 probetas con distintos tamaños de agregado grueso. Posteriormente, se realizaran las pruebas en estado fresco como es la densidad, el porcentaje de vacíos y el asentamiento. Después, se realizará las pruebas en estado endurecido como la resistencia a compresión a los 28 días donde alcanza su resistencia máxima, también se realizará la prueba de permeabilidad de las probetas cilíndricas.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta De Investigación

Se elaboró una investigación sobre la resistencia a la compresión y la permeabilidad de un concreto permeable utilizando diseños de mezcla con agregado grueso de 3/8", 1/2", y 3/4". Este estudio tiene como finalidad determinar el efecto de las tres gradaciones de agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas del concreto permeable, para posteriormente comparar los resultados de los ensayos que se realizaran en un laboratorio.

Para poder determinar la resistencia a la compresión y la permeabilidad, lo primero que se hará es el análisis de las características del agregado fino y agregado grueso provenientes de la cantera "Cerro Mocho" ubicada a 25 Km de Sullana. Luego de obtener los estudios de mecánica de suelos (Análisis granulométrico, peso específico y capacidad de absorción, peso unitario suelto y compactado, contenido de humedad, cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200), se procedió a realizar 3 diseños de mezcla, conforme a lo establecido en American Concrete Institute para el concreto permeable, con las tres gradaciones 3/8", 1/2" y 3/4". Se realizaron los ensayos en estado fresco (Densidad y contenido de vacíos y asentamiento). Posteriormente se encontró la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto.

Para finalizar analizamos los resultados mediante tablas y gráficos, así como la relación costo/beneficio de los materiales en la elaboración del concreto permeable.

4.2. Análisis e Interpretación De Resultados

4.2.1. Ensayos De Las Propiedades Físicas Del Agregado Fino y Grueso

4.2.1.1. Análisis Granulométrico.

Tabla 3

Análisis granulométrico del agregado fino.

| TAMIZ (Pulg) (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO (%) | % RETENIDO ACUMULADO (%) | % QUE PASA | | |
|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|------------|----------------|--------|
| | | | | ARENA | ESPECIFICACIÓN | |
| 3/8" | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Nº4 | 4.75 | 36.40 | 4.46 | 95.54 | 95.00 | 100.00 |
| Nº8 | 2.36 | 135.00 | 16.53 | 79.02 | 80.00 | 100.00 |
| Nº16 | 1.18 | 191.60 | 23.46 | 55.56 | 50.00 | 85.00 |
| Nº30 | 0.60 | 196.30 | 24.03 | 31.53 | 25.00 | 60.00 |
| Nº50 | 0.30 | 133.10 | 16.30 | 15.23 | 10.00 | 30.00 |
| Nº100 | 0.15 | 69.70 | 8.53 | 6.70 | 2.00 | 10.00 |
| Nº200 | 0.075 | 25.60 | 3.13 | 3.56 | 0.00 | 3.00 |
| Fondo | 0.00 | 29.10 | 3.56 | 0.00 | - | - |
| Total (g) | | 816.80 | | | | |
| Masa inicial (g) | | 837.30 | | | | |
| Módulo de Finura | | 3.16 | | | | |

Nota. Esta tabla muestra los valores del análisis granulométrico del agregado fino.

Tabla 4

Análisis granulométrico del agregado grueso 3/4".

| TAMIZ (Pulg) (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO (%) | % RETENIDO ACUMULADO (%) | % QUE PASA | | |
|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|------------|----------------|--------|
| | | | | ARENA | ESPECIFICACIÓN | |
| 3/4" | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.50 | 2210.00 | 8.80 | 91.20 | 90.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.50 | 11220.00 | 44.68 | 46.52 | 40.00 | 70.00 |
| Nº 4 | 4.75 | 10995.00 | 43.79 | 2.73 | 1.00 | 15.00 |
| Nº 8 | 2.36 | 685.00 | 2.73 | 0.00 | 1.00 | 5.00 |
| Nº 16 | 1.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - |
| Fondo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - |
| Total (g) | | 25110.00 | | | | |
| TM | | 3/4" | | | | |

Nota. Esta tabla muestra los valores del análisis granulométrico del agregado grueso de gradación 3/4".

Tabla 5

Análisis granulométrico del agregado grueso 1/2".

| TAMIZ (Pulg) (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO (%) | % RETENIDO ACUMULADO (%) | % QUE PASA | | |
|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|------------|----------------|--------|
| | | | | ARENA | ESPECIFICACIÓN | |
| 1/2" | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.50 | 1522.00 | 11.29 | 11.29 | 88.71 | 85.00 |
| Nº 4 | 4.75 | 10455.00 | 77.53 | 88.82 | 11.18 | 10.00 |
| Nº 8 | 2.36 | 1025.00 | 7.60 | 96.42 | 3.58 | 1.00 |
| Nº10 | 2.00 | 477.00 | 3.54 | 99.96 | 0.04 | 1.00 |
| Nº 16 | 1.18 | 6.00 | 0.04 | 100.00 | 0.00 | - |
| Fondo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | - |
| Total (g) | 13485.00 | | | | | |
| TM | 1/2" | | | | | |

Nota. Esta tabla muestra los valores del análisis granulométrico del agregado grueso de gradación 1/2".

Tabla 6

Análisis granulométrico del agregado grueso 3/8".

| TAMIZ (Pulg) (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO (%) | % RETENIDO ACUMULADO (%) | % QUE PASA | | |
|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|------------|----------------|--------|
| | | | | ARENA | ESPECIFICACIÓN | |
| 3/8" | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.75 | 1055.00 | 12.18 | 12.18 | 87.82 | 85.00 |
| Nº 8 | 2.36 | 6220.00 | 71.80 | 83.98 | 16.02 | 10.00 |
| Nº10 | 2.00 | 675.00 | 7.79 | 91.77 | 8.23 | - |
| Nº 16 | 1.18 | 615.00 | 7.10 | 98.87 | 1.13 | 1.00 |
| Nº30 | 0.60 | 59.00 | 0.68 | 99.55 | 0.45 | - |
| Nº50 | 0.30 | 14.00 | 0.16 | 99.71 | 0.29 | 1.00 |
| Nº100 | 0.15 | 15.00 | 0.17 | 99.88 | 0.12 | - |
| Nº200 | 0.08 | 10.00 | 0.12 | 100.00 | 0.00 | - |
| Fondo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | - |
| Total (g) | 8663.00 | | | | | |
| TM | 3/8" | | | | | |

Nota. Esta tabla muestra los valores del análisis granulométrico del agregado grueso de gradación 3/8".

4.2.1.2. Peso Específico y Capacidad De Absorción Del Agregado.

Tabla 7

Peso específico y capacidad de absorción del agregado fino.

| GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS | | | | | | |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | RESULTADO |
| | Peso Saturado | | | | | |
| A | Superficialmente Seco de la muestra (Psss) | g | 150.00 | 150.00 | 150.00 | |
| B | Peso de la fiola + agua hasta marca de 500 ml | g | 340.10 | 340.30 | 340.50 | |
| C | Peso de la fiola + agua + Psss, C = A + B | g | 490.10 | 490.30 | 490.50 | |
| D | Peso de la fiola + Psss + agua hasta la marca de 500 ml | g | 434.20 | 434.28 | 434.35 | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío, E = C - D | cm3 | 55.90 | 56.02 | 56.15 | |
| F | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 148.40 | 148.33 | 148.25 | |
| G | Volumen de masa, G = E - (A - F) | cm3 | 54.30 | 54.35 | 54.40 | |
| H | Peso específico (base seca), H = F / E | g/cm3 | 2.65 | 2.65 | 2.64 | 2.65 |
| I | Peso específico (base saturada), I = A / E | g/cm3 | 2.68 | 2.68 | 2.67 | 2.68 |
| J | Peso específico aparente (base seca), J = F / G | g/cm3 | 2.73 | 2.73 | 2.73 | 2.73 |
| K | Absorción, K = (A - F / F) * 100 | % | 1.08 | 1.13 | 1.18 | 1.13 |

PROMEDIO

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso específico y capacidad de absorción del agregado fino.

Tabla 8

Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso 3/4".

| PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------|----------|----------|----------|------------------|------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | RESULTADO | |
| A | Peso Superficialmente Saturado Seco de la muestra en aire | g | 935.00 | 822.00 | 878.50 | PROMEDIO | |
| B | Peso Superficialmente Saturado Seco de la muestra en agua | g | 588.80 | 518.10 | 553.45 | | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío, C = A - B | g | 346.20 | 303.90 | 325.05 | | |
| D | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 925.00 | 813.20 | 869.10 | | |
| E | Volumen de masa, E = C - (A - D) | cm3 | 336.20 | 295.10 | 315.65 | | |
| F | Peso específico (base seca), F = D / C | g/cm3 | 2.67 | 2.68 | 2.67 | | 2.67 |
| G | Peso específico (base saturada), G = A / C | g/cm3 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | | 2.70 |
| H | Peso específico aparente (base seca), H = D / E | g/cm3 | 2.75 | 2.76 | 2.75 | | 2.75 |
| I | Absorción, K = (A - D / D) * 100 | % | 1.08 | 1.08 | 1.08 | | 1.08 |

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso de gradación de 3/4".

Tabla 9*Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso 1/2".*

| PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS | | | | | | | |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|-----------------|------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | RESULTADO | |
| A | Peso Superficialmente Seco de la muestra en aire | g | 935.00 | 822.00 | 878.50 | PROMEDIO | |
| | Saturado | | | | | | |
| B | Peso Superficialmente Seco de la muestra en agua | g | 587.60 | 515.20 | 551.40 | | |
| | Saturado | | | | | | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío, C = A - B | g | 347.40 | 306.80 | 327.10 | | |
| D | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 924.30 | 812.30 | 868.30 | | |
| E | Volumen de masa, E = C - (A - D) | cm3 | 336.70 | 297.10 | 316.90 | | |
| F | Peso específico (base seca), F = D / C | g/cm3 | 2.66 | 2.65 | 2.65 | | 2.65 |
| G | Peso específico (base saturada), G = A / C | g/cm3 | 2.69 | 2.68 | 2.69 | | 2.69 |
| H | Peso específico aparente (base seca), H = D / E | g/cm3 | 2.75 | 2.73 | 2.74 | | 2.74 |
| I | Absorción, K = (A - D / D) * 100 | % | 1.16 | 1.19 | 1.17 | 1.18 | |

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso de gradación de 1/2".

Tabla 10

Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso 3/8".

| PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS | | | | | | | |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|-----------------|------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | RESULTADO | |
| A | Peso Superficialmente Seco de la muestra en aire | g | 930.20 | 941.20 | 935.70 | PROMEDIO | |
| | Saturado | | | | | | |
| B | Peso Superficialmente Seco de la muestra en agua | g | 582.60 | 589.60 | 586.10 | | |
| | Saturado | | | | | | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío, C = A - B | g | 347.60 | 351.60 | 349.60 | | |
| D | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 920.60 | 931.00 | 925.80 | | |
| E | Volumen de masa, E = C - (A - D) | cm3 | 338.00 | 341.40 | 339.70 | | |
| F | Peso específico (base seca), F = D / C | g/cm3 | 2.65 | 2.65 | 2.65 | | 2.65 |
| G | Peso específico (base saturada), G = A / C | g/cm3 | 2.68 | 2.68 | 2.68 | | 2.68 |
| H | Peso específico aparente (base seca), H = D / E | g/cm3 | 2.72 | 2.73 | 2.73 | | 2.73 |
| I | Absorción, K = (A - D / D) * 100 | % | 1.04 | 1.10 | 1.07 | 1.07 | |

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso de gradación de 3/8".

4.2.1.3. Peso Unitario Suelto y Compactado Del Agregado.

Tabla 11

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

| PESO UNITARIO DEL AGREGADO | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------------|
| ID | AGREGADO GRUESO DESCRIPCIÓN | TAMAÑO MÁX. NOMINAL UND | 3/8" | | | VOLUMEN MOLDE 0.002114 m3 PROMEDIO |
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| A | Peso del molde + Agr. Compactado | Kg. | 9.61 | 9.60 | 9.61 | |
| B | Peso del molde | Kg. | 6.28 | 6.28 | 6.28 | |
| C | Peso del Agr. Compactado, C = A - B | Kg. | 3.33 | 3.32 | 3.33 | |
| D | PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C / Vol. Molde | Kg/m3 | 1576.16 | 1569.06 | 1575.21 | 1573.48 |
| E | Peso del Molde + Agr. Suelto | Kg. | 9.41 | 9.36 | 9.39 | |
| F | Peso del Agr. Suelto, F = E - B | Kg. | 3.13 | 3.08 | 3.11 | |
| G | PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde | Kg/m3 | 1478.24 | 1454.59 | 1470.20 | 1467.68 |

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

Tabla 12

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 3/4".

| PESO UNITARIO DEL AGREGADO | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------------|
| ID | AGREGADO GRUESO DESCRIPCIÓN | TAMAÑO MÁX. NOMINAL UND | 3/4" | | | VOLUMEN MOLDE 0.005426 m3 PROMEDIO |
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| A | Peso del molde + Agr. Compactado | Kg. | 16.32 | 16.38 | 16.33 | |
| B | Peso del molde | Kg. | 7.63 | 7.63 | 7.63 | |
| C | Peso del Agr. Compactado, C = A - B | Kg. | 8.69 | 8.75 | 8.70 | |
| D | PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C / Vol. Molde | Kg/m3 | 1601.92 | 1612.24 | 1603.94 | 1606.03 |
| E | Peso del Molde + Agr. Suelto | Kg. | 15.36 | 15.42 | 15.48 | |
| F | Peso del Agr. Suelto, F = E - B | Kg. | 7.73 | 7.79 | 7.85 | |
| G | PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde | Kg/m3 | 1424.25 | 1436.23 | 1447.29 | 1435.93 |

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de gradación de 3/4".

Tabla 13

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 1/2".

| PESO UNITARIO DEL AGREGADO | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------------|--------------------|
| AGREGADO GRUESO | | TAMAÑO MÁX. NOMINAL | 1/2" | | VOLUMEN MOLDE | 0.005426 m3 |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| A | Peso del molde + Agr. Compactado | Kg. | 15.98 | 16.02 | 16.00 | |
| B | Peso del molde | Kg. | 7.63 | 7.63 | 7.63 | |
| C | Peso del Agr. Compactado, | Kg. | 8.36 | 8.39 | 8.37 | |
| C = A - B | | | | | | |
| D | PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C / Vol. Molde | Kg/m3 | 1539.81 | 1547.00 | 1542.20 | 1543.00 |
| E | Peso del Molde + Agr. Suelto | Kg. | 15.25 | 15.26 | 15.19 | |
| F | Peso del Agr. Suelto, F = E - B | Kg. | 7.62 | 7.63 | 7.56 | |
| G | PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde | Kg/m3 | 1403.98 | 1405.82 | 1392.92 | 1400.91 |

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de gradación de 1/2".

Tabla 14

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 3/8".

| PESO UNITARIO DEL AGREGADO | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| AGREGADO GRUESO | | TAMAÑO MÁX. NOMINAL | 3/8" | | VOLUMEN MOLDE | 0.005426 m3 |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| A | Peso del molde + Agr. Compactado | Kg. | 15.83 | 15.82 | 15.83 | |
| B | Peso del molde | Kg. | 7.63 | 7.63 | 7.63 | |
| C | Peso del Agr. Compactado, C = A - B | Kg. | 8.20 | 8.19 | 8.20 | |
| D | PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C / Vol. Molde | Kg/m3 | 1510.87 | 1509.58 | 1511.80 | 1510.75 |
| E | Peso del Molde + Agr. Suelto | Kg. | 15.21 | 15.03 | 15.01 | |
| F | Peso del Agr. Suelto, F = E - B | Kg. | 7.58 | 7.40 | 7.38 | |
| G | PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde | Kg/m3 | 1397.53 | 1363.99 | 1359.75 | 1373.76 |

Nota. Esta tabla muestra los valores del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de gradación de 3/8".

4.2.1.4. Contenido De Humedad Del Agregado Fino y Grueso.

Tabla 15

Contenido de humedad del agregado fino.

| CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| A | Peso de la muestra en estado natural | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 | 500.00 |
| B | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 495.29 | 493.24 | 496.67 | 495.07 |
| C | Contenido de Humedad C = (A - B / B) * 100 | % | 0.95 | 1.37 | 0.67 | 1.00 |

Nota. Esta tabla muestra el valor del contenido de humedad del agregado fino.

Tabla 16*Contenido de humedad del agregado grueso 3/4".*

| CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS | | | | | | |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| A | Peso de la muestra en estado natural | g | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| B | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 993.80 | 994.30 | 993.90 | 994.00 |
| C | Contenido de Humedad | % | 0.62 | 0.57 | 0.61 | 0.60 |
| C = (A - B / B) * 100 | | | | | | |

Nota. Esta tabla muestra el valor del contenido de humedad del agregado grueso de gradación 3/4".

Tabla 17*Contenido de humedad del agregado grueso 1/2".*

| CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS | | | | | | |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| A | Peso de la muestra en estado natural | g | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| B | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 994.90 | 994.40 | 994.20 | 994.50 |
| C | Contenido de Humedad | % | 0.51 | 0.56 | 0.58 | 0.55 |
| C = (A - B / B) * 100 | | | | | | |

Nota. Esta tabla muestra el valor del contenido de humedad del agregado grueso de gradación 1/2".

Tabla 18*Contenido de humedad del agregado grueso 3/8".*

| CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS | | | | | | |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| A | Peso de la muestra en estado natural | g | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| B | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 991.00 | 991.40 | 991.50 | 991.30 |
| C | Contenido de Humedad | % | 0.91 | 0.87 | 0.86 | 0.88 |
| C = (A - B / B) * 100 | | | | | | |

Nota. Esta tabla muestra el valor del contenido de humedad del agregado grueso de gradación 3/8".

Tabla 19

Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado fino.

| CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 | | | | | |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Peso de la muestra | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 |
| B | Peso de la muestra lavada y seca | g | 479.60 | 480.00 | 479.20 |
| C | Material que pasa el tamiz N° 200 C = A - B | g | 20.40 | 20.00 | 20.80 |
| D | % que pasa el tamiz N° 200 D = (C / A) * 100 | % | 4.08 | 4.00 | 4.16 |
| PROMEDIO | | | | | 4.08 |

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado fino.

Tabla 20

Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso 3/4".

| CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 | | | | | |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Peso de la muestra | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 |
| B | Peso de la muestra lavada y seca | g | 490.30 | 491.30 | 490.80 |
| C | Material que pasa el tamiz N° 200 C = A - B | g | 9.70 | 8.70 | 9.20 |
| D | % que pasa el tamiz N° 200 D = (C / A) * 100 | % | 1.94 | 1.74 | 1.84 |
| PROMEDIO | | | | | 1.84 |

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso de gradación 3/4".

Tabla 21

Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso 1/2".

| CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 | | | | | |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Peso de la muestra | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 |
| B | Peso de la muestra lavada y seca | g | 493.55 | 494.50 | 492.60 |
| C | Material que pasa el tamiz N° 200 C = A - B | g | 6.45 | 5.50 | 7.40 |
| D | % que pasa el tamiz N° 200 D = (C / A) * 100 | % | 1.29 | 1.10 | 1.48 |
| PROMEDIO | | | | | 1.29 |

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso de gradación 1/2".

Tabla 22

Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso 3/8".

| CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 | | | | | |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Peso de la muestra | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 |
| B | Peso de la muestra lavada y seca | g | 490.00 | 490.55 | 491.10 |
| C | Material que pasa el tamiz N° 200 C = A - B | g | 10.00 | 9.45 | 8.90 |
| D | % que pasa el tamiz N° 200 D = (C / A) * 100 | % | 2.00 | 1.89 | 1.78 |
| PROMEDIO | | | | | 1.89 |

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso de gradación 3/8".

4.2.2. Diseños De Mezcla

4.2.2.1. Relación Agua/Cemento.

Se eligió el valor 0.36 para la relación agua/cemento, valor que se encuentra dentro del intervalo recomendado por el ACI (0.26 – 0.45), y porque así se evitar la falta de adherencia de la pasta al agregado o la falta de resistencia y durabilidad del concreto drenante. También, se tomaron en consideración estudios pasados en los cuales se eligen valores semejantes.

- Relación agua/cemento: 0.36.

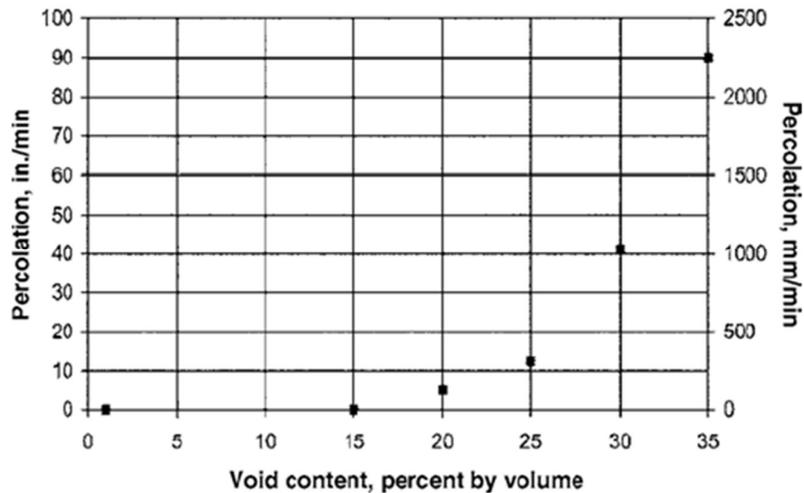
4.2.2.2. Porcentaje De Vacíos.

De acuerdo a ACI 522R-10 para asegurar que el agua filtre a través del concreto, el porcentaje de vacíos en el diseño de mezcla debe ser igual a 15% o mayor.

Con un contenido inferior al 15%, no hay un coeficiente de permeabilidad significativa en el concreto drenante, como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Contenido mínimo de porcentaje de vacíos para drenaje.



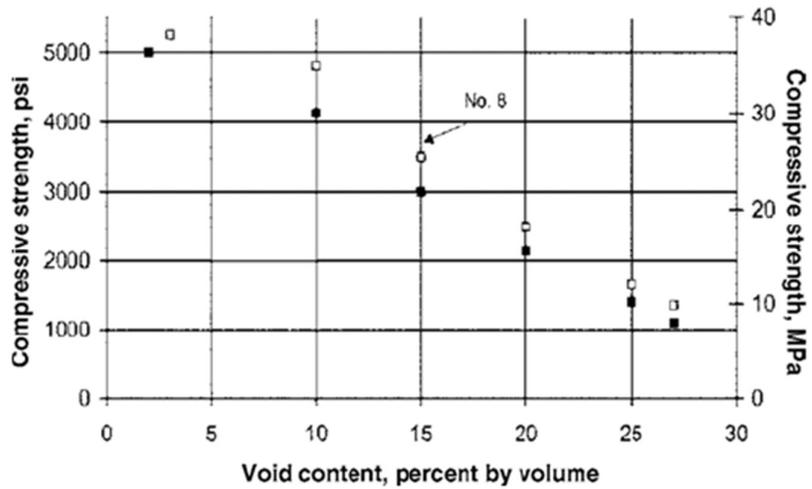
Nota. La figura 1 nos muestra la relación entre el contenido de vacíos y la permeabilidad.

La figura 2 nos muestra que a mayor el contenido de vacíos, mayor es el coeficiente de drenaje y menor la resistencia a compresión.

En este estudio se quiere conseguir valores de resistencia a compresión cercanos a los 210 kg/cm², para lo cual se elige un porcentaje de vacíos del 15%.

Figura 2

Relación entre el porcentaje de vacíos y la resistencia a la compresión a 28 días.



Nota. La figura 2 nos muestra la relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a compresión.

- Porcentaje de vacíos: 15%.

4.2.2.3. Porcentaje De Agregado Fino.

Se ha considerado un 10.00% de agregado fino incluido en la mezcla dados los ensayos previos de laboratorio.

- Porcentaje de agregado fino en el diseño de mezcla: 10.00%.

4.2.2.4. Valor Efectivo b/bo.

El valor efectivo de b/bo se elige de acuerdo a la información que nos brinda el ACI 522R-10.

Figura 3

Determinación del valor efectivo b/b_o según el porcentaje de agregado fino.

| Percent fine aggregates | b/b_o | |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | ASTM C33/C33M Size No. 8 | ASTM C33/C33M Size No. 67 |
| 0 | 0.99 | 0.99 |
| 10 | 0.93 | 0.93 |
| 20 | 0.85 | 0.86 |

Nota. La figura 3 nos muestra que valor efectivo b/b_o elegir respecto al porcentaje de agregado fino.

➤ Valor efectivo b/b_o : 0.93.

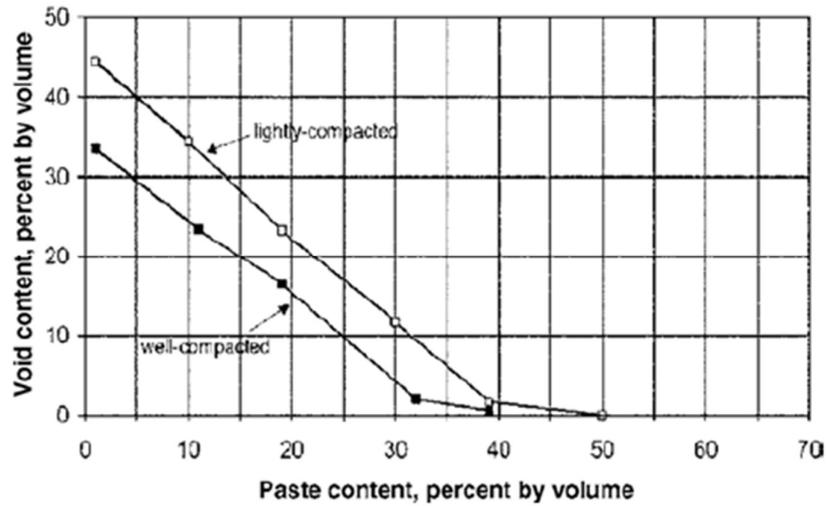
4.2.2.5. Porcentaje De Pasta.

De acuerdo al porcentaje de vacíos, el porcentaje de pasta se encuentra usando la figura 4, que nos brinda el ACI 522R-10.

El presente estudio se considera una compactación ligera, porque nos deja lograr porcentajes de pasta mayores y así garantizar un buen recubrimiento de materiales.

Figura 4

Relación entre el porcentaje de pasta y el porcentaje de vacíos.



Nota. La figura 4 nos muestra la relación entre el porcentaje de pasta y el porcentaje de vacíos.

- Porcentaje de pasta: 26.5%.

4.2.2.6. Dosificación Del Concreto Drenante Con Agregado Grueso De 3/4".

4.2.2.6.1. Características De Los Agregados De 3/4" Obtenidos En El Laboratorio.

- Cemento: Pacasmayo Portland tipo MS.
- Agua: Agua Potable de la ciudad de Sullana.

Tabla 23

Peso Específico del cemento y del agua.

| Propiedad | | Valor | Unidad |
|-----------------------------|-----|-------|-------------------|
| Peso específico del cemento | Pec | 2.98 | g/cm ³ |
| Peso específico del agua | Pea | 1.00 | g/cm ³ |

Nota. La tabla 23 nos muestra el peso específico del cemento y del agua.

- Agregado grueso: Cantera "Cerro Mocho".

Tabla 24

Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla de 3/4".

| Propiedades del Agregado | | Agregado Fino | Agregado Grueso | Unidad |
|----------------------------------|----------|---------------|-----------------|-------------------|
| Peso Específico de masa | Pe | 2.65 | 2.67 | g/cm ³ |
| Peso Específico de masa (S.S.S.) | Pe (sss) | 2.68 | 2.7 | g/cm ³ |
| Peso Unitario Suelto | PUS | 1467.68 | 1435.93 | kg/m ³ |
| Peso Unitario Compactado | PUC | 1573.48 | 1606.03 | kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | ch% | 1.00 | 0.6 | % |
| Absorción | a% | 1.13 | 1.08 | % |

Nota. La tabla 24 nos muestra los valores de las propiedades obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos de la gradación de 3/4".

4.2.2.6.2. **Peso Del Agregado Grueso.**

- Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso (PUSC):

$$PUSC = \frac{PUC}{ch\%}$$

$$PUSC = \frac{1606.03 \text{ Kg/m}^3}{1.006}$$

$$PUSC = 1596.45 \text{ Kg/m}^3$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag):

$$Pag = \frac{b}{bo} \times PUSC_{ag} \times 1m^3$$

$$Pag = 0.93 \times 1596.45 \text{ Kg/m}^3 \times 1m^3$$

$$Pag = 1480.70 \text{ Kg}$$

- Ajuste por absorción (S.S.S.):

$$Pag (SSS) = Pag \times a\%$$

$$Pag (SSS) = 1480.70 \text{ Kg} \times 1.0108$$

$$\text{Pag (SSS)} = 1500.73 \text{ Kg}$$

- Restando el % de agregado fino en la mezcla, tenemos:

$$\text{Pag (SSS)} = \text{Pag (SSS)} - 10.00\% \text{ de Paf (SSS)}$$

$$\text{Pag (SSS)} = 1500.73 \text{ Kg} \times (1 - 10.00\%)$$

$$\text{Pag (SSS)} = 1350.66 \text{ Kg}$$

4.2.2.6.3. **Peso Del Agregado Fino.**

- Peso del Peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$\text{Paf (SSS)} = 1500.73 \text{ Kg} - 1350.66 \text{ Kg}$$

$$\text{Paf (SSS)} = 150.07 \text{ Kg}$$

- Peso del agregado fino seco (Paf):

$$\text{Paf} = \frac{150.07 \text{ Kg}}{a\%}$$

$$\text{Paf} = \frac{150.07 \text{ Kg}}{1.0113}$$

$$\text{Paf} = 148.40 \text{ Kg}$$

4.2.2.6.4. **Contenido De Cemento y Agua.**

- Volumen de Pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$V_p = \frac{c}{P_{ec}} + \frac{a}{P_{ea}}$$

$$V_p = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{a}{1000}$$

- Con $a/c = 0.36$, tenemos:

$$V_p = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{0.36 \times c}{1000}$$

- Con el $V_p = 26.5\%$:

$$0.265 = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{0.36 \times c}{1000}$$

➤ Hallamos la cantidad de cemento:

$$c = 380.98 \text{ Kg/m}^3$$

➤ Agua de diseño:

$$\frac{a}{c} = 0.36$$

$$a = 0.36 \times c$$

$$a = 137.15 \text{ L}$$

4.2.2.6.5. Volúmenes Absolutos.

Tabla 25

Volúmenes absolutos de los materiales del concreto drenante de gradación 3/4".

| | Pesos SSS (kg) | Pe (SSS) (kg/m³) | Volumen (m³) |
|----------------|---------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| Cemento | 380.98 | 2980.00 | 0.128 |
| Agua de diseño | 137.15 | 1000.00 | 0.137 |
| A. Grueso | 1350.66 | 2700.00 | 0.500 |
| A. Fino | 150.07 | 2680.00 | 0.056 |
| | Volumen sólido | | 0.821 |

Nota. La tabla 25 nos muestra los valores absolutos de los materiales del concreto drenante de la gradación de 3/4".

4.2.2.6.6. Nuevo Porcentaje De Vacíos.

Tabla 26

Nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/4".

| | m3 |
|-----------------------|------|
| Volumen Total | 1.00 |
| Volumen Sólido | 0.82 |

Nota. La tabla 26 nos muestra los valores del nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/4".

➤ Usando la siguiente expresión:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(V_{\text{total}} - V_{\text{sólido}})}{V_{\text{total}}} \times 100$$

$$\% \text{ Vacíos} = 17.88\%$$

4.2.2.6.7. Agregado Corregido por Humedad y Absorción.

Tabla 27

Materiales corregidos por Humedad y Absorción de los materiales para el concreto drenante de gradación 3/4".

| | Pesos secos (kg) | Humedad (ch%) | Absorción (a%) |
|----------------|------------------|---------------|----------------|
| Cemento | 380.98 | - | - |
| Agua de diseño | 137.15 | - | - |
| A. Grueso | 1336.23 | 0.60 | 1.080 |
| A. Fino | 148.40 | 1.00 | 1.130 |

Nota. La tabla 27 nos muestra los valores del agregado corregido por humedad y absorción del concreto drenante de gradación 3/4".

➤ Agua efectiva:

Agregado grueso:

$$\text{Adición de agua} = (\%a - \text{ch}\%) \times \text{A. grueso}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.48\% \times 1336.23 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 6.41 \text{ Kg}$$

Agregado fino:

$$\text{Adición de agua} = (\%a - \text{ch}\%) \times \text{A. fino}$$

$$\text{Adición de agua} = 13\% \times 148.40 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 19.29 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 162.64 \text{ Kg}$$

➤ Agregado corregido por humedad:

Tabla 28

Agregados corregidos por humedad para el concreto drenante con gradación 3/4".

| | Pesos secos (Kg) | Humedad (ch%) | Pesos corregidos |
|-----------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| A. Grueso | 1336.23 | 0.60 | 1344.25 |
| A. Fino | 148.40 | 1.00 | 149.88 |

Nota. La tabla 28 nos muestra los valores de los agregados corregidos por humedad para el concreto drenante de gradación 3/4".

4.2.2.6.8. Valores Del Diseño De Mezcla.

Tabla 29

Valores del diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/4".

| Material | Pesos por m3 (Kg) | Dosificación en Volumen |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------|
| Cemento | 380.98 | 1.00 |
| Agua Efectiva | 162.86 | 0.14 |
| A. Grueso | 1344.25 | 3.20 |
| A. Fino | 149.88 | 0.35 |
| TOTAL | 2037.97 | |

Nota. La tabla 28 nos muestra los valores de los agregados corregidos por humedad para el concreto drenante de gradación 3/4".

4.2.2.7. Dosificación Del Concreto Drenante Con Agregado Grueso De 1/2".

4.2.2.7.1. Características De Los Agregados De 1/2" Obtenidos En El Laboratorio.

Tabla 30

Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla de 1/2".

| Propiedades del Agregado | | Agregado Fino | Agregado Grueso | Unidad |
|----------------------------------|----------|---------------|-----------------|-------------------|
| Peso Específico de masa | Pe | 2.65 | 2.65 | g/cm ³ |
| Peso Específico de masa (S.S.S.) | Pe (sss) | 2.68 | 2.69 | g/cm ³ |
| Peso Unitario Suelto | PUS | 1467.68 | 1400.91 | kg/m ³ |
| Peso Unitario Compactado | PUC | 1573.48 | 1543.00 | kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | ch% | 1.00 | 0.55 | % |
| Absorción | a% | 1.13 | 1.18 | % |

Nota. La tabla 30 nos muestra los valores de las propiedades obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos de la gradación de 1/2".

4.2.2.7.2. Peso Del Agregado Grueso.

➤ Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso (PUSC):

$$PUSC = \frac{PUC}{ch\%}$$

$$PUSC = \frac{1543.00 \text{ Kg/m}^3}{1.0055}$$

$$PUSC = 1534.56 \text{ Kg/m}^3$$

➤ Peso del agregado grueso seco (Pag):

$$Pag = \frac{b}{bo} \times PUSC \times 1m^3$$

$$Pag = 0.93 \times 1534.56 \text{ Kg/m}^3 \times 1\text{m}^3$$

$$Pag = 1427.14 \text{ Kg}$$

- Ajuste por absorción (S.S.S.):

$$Pag (SSS) = Pag \times a\%$$

$$Pag (SSS) = 1427.14 \text{ Kg} \times 1.0118$$

$$Pag (SSS) = 1443.98 \text{ Kg}$$

- Restando el % de agregado fino en la mezcla, tenemos:

$$Pag (SSS) = Pag (SSS) - 10.00\% \text{ de } Paf (SSS)$$

$$Pag (SSS) = 1443.98 \text{ Kg} \times (1 - 10.00\%)$$

$$Pag (SSS) = 1299.58 \text{ Kg}$$

4.2.2.7.3. Peso Del Agregado Fino.

- Peso del Peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Paf (SSS) = 1443.98 \text{ Kg} - 1299.58 \text{ Kg}$$

$$Paf (SSS) = 144.40 \text{ Kg}$$

- Peso del agregado fino seco (Paf):

$$Paf = \frac{144.40 \text{ Kg}}{a\%}$$

$$Paf = \frac{144.40 \text{ Kg}}{1.0113}$$

$$Paf = 142.79 \text{ Kg}$$

4.2.2.7.4. Contenido De Cemento y Agua.

- Volumen de Pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$Vp = \frac{c}{Pec} + \frac{a}{Pea}$$

$$Vp = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{a}{1000}$$

- Con $a/c = 0.36$, tenemos:

$$V_p = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{0.36 \times c}{1000}$$

- Con el $V_p = 26.5\%$:

$$0.265 = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{0.36 \times c}{1000}$$

- Hallamos la cantidad de cemento:

$$c = 380.98 \text{ Kg/m}^3$$

- Agua de diseño:

$$\frac{a}{c} = 0.36$$

$$a = 0.36 \times c$$

$$a = 137.15 \text{ L}$$

4.2.2.7.5. Volúmenes Absolutos.

Tabla 31

Volúmenes absolutos de los materiales del concreto drenante de gradación 1/2".

| | Pesos SSS (kg) | Pe (SSS) (kg/m³) | Volumen (m³) |
|----------------|---------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| Cemento | 380.36 | 2980.00 | 0.128 |
| Agua de diseño | 137.15 | 1000.00 | 0.137 |
| A. Grueso | 1299.58 | 2690.00 | 0.483 |
| A. Fino | 144.40 | 2680.00 | 0.054 |
| | Volumen sólido | | 0.802 |

Nota. La tabla 31 nos muestra los valores absolutos de los materiales del concreto drenante de la gradación de 1/2".

4.2.2.7.6. Nuevo porcentaje de vacíos.

Tabla 32

Nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 1/2".

| | m3 |
|-----------------------|------|
| Volumen Total | 1.00 |
| Volumen Sólido | 0.80 |

Nota. La tabla 32 nos muestra los valores del nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 1/2".

➤ Usando la siguiente expresión:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(V_{\text{total}} - V_{\text{sólido}})}{V_{\text{total}}} \times 100$$

$$\% \text{ Vacíos} = 19.80\%$$

4.2.2.7.7. Agregado Corregido por Humedad y Absorción.

Tabla 33

Materiales corregidos por Humedad y Absorción de los materiales para el concreto drenante de gradación 1/2".

| | Pesos secos (kg) | Humedad (ch%) | Absorción (a%) |
|----------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Cemento | 380.36 | - | - |
| Agua de diseño | 137.15 | - | - |
| A. Grueso | 1284.43 | 0.55 | 1.180 |
| A. Fino | 142.78 | 1.00 | 1.130 |

Nota. La tabla 33 nos muestra los valores del agregado corregido por humedad y absorción del concreto drenante de gradación 1/2".

➤ Agua efectiva:

Agregado grueso:

$$\text{Adición de agua} = (\%a - \text{ch}\%) \times \text{A. grueso}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.63\% \times 1284.43 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 8.09 \text{ Kg}$$

Agregado fino:

$$\text{Adición de agua} = (\%a - \text{ch}\%) \times \text{A. fino}$$

$$\text{Adición de agua} = 13\% \times 142.78 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 18.56 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 163.81 \text{ Kg}$$

➤ Agregado corregido por humedad:

Tabla 34

Agregados corregidos por humedad para el concreto drenante con gradación 1/2".

| | Pesos secos (Kg) | Humedad (ch%) | Pesos corregidos |
|-----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| A. Grueso | 1284.43 | 0.55 | 1291.49 |
| A. Fino | 142.78 | 1.00 | 144.21 |

Nota. La tabla 34 nos muestra los valores de los agregados corregidos por humedad para el concreto drenante de gradación 1/2".

4.2.2.7.8. Valores Del Diseño De Mezcla.

Tabla 35

Valores del diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 1/2".

| Material | Pesos por m3 (Kg) | Dosificación en Volumen |
|---------------|-------------------|-------------------------|
| Cemento | 380.36 | 1.00 |
| Agua Efectiva | 163.81 | 0.14 |
| A. Grueso | 1291.49 | 3.06 |
| A. Fino | 144.21 | 0.34 |
| TOTAL | 1980.49 | |

Nota. La tabla 35 nos muestra los valores de los agregados corregidos por humedad para el concreto drenante de gradación 1/2".

4.2.2.8. Dosificación Del Concreto Drenante Con Agregado Grueso De 3/8".

4.2.2.8.1. Características De Los Agregados De 3/8" Obtenidos En El Laboratorio.

Tabla 36

Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla de 3/8".

| Propiedades del Agregado | | Agregado Fino | Agregado Grueso | Unidad |
|----------------------------------|----------|---------------|-----------------|--------|
| Peso Específico de masa | Pe | 2.65 | 2.65 | g/cm3 |
| Peso Específico de masa (S.S.S.) | Pe (sss) | 2.68 | 2.68 | g/cm3 |
| Peso Unitario Suelto | PUS | 1467.68 | 1373.76 | kg/m3 |
| Peso Unitario Compactado | PUC | 1573.48 | 1510.75 | kg/m3 |
| Contenido de Humedad | ch% | 1.00 | 0.88 | % |
| Absorción | a% | 1.13 | 1.07 | % |

Nota. La tabla 36 nos muestra los valores de las propiedades obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos de la gradación de 3/8".

4.2.2.8.2. **Peso del Agregado Grueso.**

- Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso (PUSC):

$$PUSC = \frac{PUC}{ch\%}$$
$$PUSC = \frac{1510.75 \text{ Kg/m}^3}{1.0088}$$
$$PUSC = 1497.57 \text{ Kg/m}^3$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag):

$$Pag = \frac{b}{bo} \times PUSC_{ag} \times 1m^3$$
$$Pag = 0.93 \times 1497.57 \text{ Kg/m}^3 \times 1m^3$$
$$Pag = 1392.74 \text{ Kg}$$

- Ajuste por absorción (S.S.S.):

$$Pag (SSS) = Pag \times a\%$$
$$Pag (SSS) = 1392.74 \text{ Kg} \times 1.0107$$
$$Pag (SSS) = 1407.64 \text{ Kg}$$

- Restando el % de agregado fino en la mezcla, tenemos:

$$Pag (SSS) = Pag (SSS) - 10.00\% \text{ de Paf (SSS)}$$
$$Pag (SSS) = 1407.64 \text{ Kg} \times (1 - 10.00\%)$$
$$Pag (SSS) = 1266.88 \text{ Kg}$$

4.2.2.8.3. **Peso Del Agregado Fino.**

- Peso del Peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Paf (SSS) = 1407.64 \text{ Kg} - 1266.88 \text{ Kg}$$
$$Paf (SSS) = 140.76 \text{ Kg}$$

- Peso del agregado fino seco (Paf):

$$Paf = \frac{140.76 \text{ Kg}}{a\%}$$

$$Paf = \frac{144.40 \text{ Kg}}{1.0113}$$

$$Paf = 139.19 \text{ Kg}$$

4.2.2.8.4. Contenido De Cemento y Agua.

- Volumen de Pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$Vp = \frac{c}{Pec} + \frac{a}{Pea}$$

$$Vp = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{a}{1000}$$

- Con $a/c = 0.36$, tenemos:

$$Vp = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{0.36 \times c}{1000}$$

- Con el $Vp = 26.5\%$:

$$0.265 = \frac{c}{2.98 \times 1000} + \frac{0.36 \times c}{1000}$$

- Hallamos la cantidad de cemento:

$$c = 380.98 \text{ Kg/m}^3$$

- Agua de diseño:

$$\frac{a}{c} = 0.36$$

$$a = 0.36 \times c$$

$$a = 137.15 \text{ L}$$

4.2.2.8.5. Volúmenes Absolutos.

Tabla 37

Volúmenes absolutos de los materiales del concreto drenante de gradación 3/8".

| | Pesos SSS (kg) | Pe (SSS) (kg/m3) | Volumen (m3) |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Cemento | 380.36 | 2980.00 | 0.128 |
| Agua de diseño | 137.15 | 1000.00 | 0.137 |
| A. Grueso | 1266.88 | 2680.00 | 0.473 |
| A. Fino | 140.76 | 2680.00 | 0.053 |
| | Volumen sólido | | 0.790 |

Nota. La tabla 37 nos muestra los valores absolutos de los materiales del concreto drenante de la gradación de 3/8".

4.2.2.8.6. Nuevo Porcentaje De Vacíos.

Tabla 38

Nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/8".

| | m3 |
|-----------------------|-----------|
| Volumen Total | 1.00 |
| Volumen Sólido | 0.79 |

Nota. La tabla 38 nos muestra los valores del nuevo porcentaje de vacíos para el diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/8".

➤ Usando la siguiente expresión:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(V_{\text{total}} - V_{\text{sólido}})}{V_{\text{total}}} \times 100$$

$$\% \text{ Vacíos} = 20.98\%$$

4.2.2.8.7. Agregado Corregido Por Humedad y Absorción.

Tabla 39

Materiales corregidos por Humedad y Absorción de los materiales para el concreto drenante de gradación 3/8".

| | Pesos secos (kg) | Humedad (ch%) | Absorción (a%) |
|----------------|------------------|---------------|----------------|
| Cemento | 380.98 | - | - |
| Agua de diseño | 137.15 | - | - |
| A. Grueso | 1253.47 | 0.88 | 1.070 |
| A. Fino | 139.19 | 1.00 | 1.130 |

Nota. La tabla 39 nos muestra los valores del agregado corregido por humedad y absorción del concreto drenante de gradación 3/8".

➤ Agua efectiva:

Agregado grueso:

$$\text{Adición de agua} = (\%a - \text{ch}\%) \times \text{A. grueso}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.19\% \times 1253.47 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 2.38 \text{ Kg}$$

Agregado fino:

$$\text{Adición de agua} = (\%a - \text{ch}\%) \times \text{A. fino}$$

$$\text{Adición de agua} = 13\% \times 139.19 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 18.09 \text{ Kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 157.63 \text{ Kg}$$

- Agregado corregido por humedad:

Tabla 40

Agregados corregidos por humedad para el concreto drenante con gradación 3/8".

| | Pesos secos (Kg) | Humedad (ch%) | Pesos corregidos |
|-----------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| A. Grueso | 1253.47 | 0.88 | 1264.50 |
| A. Fino | 139.19 | 1.00 | 140.58 |

Nota. La tabla 40 nos muestra los valores de los agregados corregidos por humedad para el concreto drenante de gradación 3/8".

4.2.2.8.8. Valores Del Diseño De Mezcla.

Tabla 41

Valores del diseño de mezcla del concreto drenante de gradación 3/8".

| Material | Pesos por m3 (Kg) | Dosificación en Volumen |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------|
| Cemento | 380.98 | 1.00 |
| Agua Efectiva | 157.63 | 0.14 |
| A. Grueso | 1264.50 | 2.98 |
| A. Fino | 140.58 | 0.33 |
| TOTAL | 1943.69 | |

Nota. La tabla 41 nos muestra los valores de los agregados corregidos por humedad para el concreto drenante de gradación 3/8".

4.2.3. Ensayos Al concreto Drenante En Estado Fresco

4.2.3.1. Asentamiento del concreto.

Tabla 42

Consistencia y Slump del concreto drenante.

| ASENTAMIENTO DEL CONCRETO | | | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| GRADACIÓN | 3/4" | 1/2" | 3/8" |
| SLUMP (cm) | 0.50 | 0.70 | 1.00 |
| CONSISTENCIA | SECA | SECA | SECA |

Nota. La tabla 42 nos muestra los valores del Slump de los concretos drenantes de cada gradación y sus consistencias.

4.2.3.2. Densidad y Contenido De Vacíos Del Concreto Drenante En Estado Fresco.

Tabla 43

Peso Unitario del concreto 3/4" en estado fresco.

| PESO UNITARIO EN ESTADO FRESCO | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| A | Masa de concreto + masa de la olla Washington | Kg | 17.59 | 17.53 | 17.56 |
| B | Masa de la olla Washington | Kg | 3.47 | 3.47 | 3.47 |
| C | Volumen de la olla Washington | m3 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| D | Peso unitario del concreto $D = (A - B) / C$ | Kg/m3 | 2017.14 | 2008.57 | 2012.86 |
| PROMEDIO DEL PESO UNITARIO | | Kg/m3 | 2012.86 | | |

Nota. La tabla 43 nos muestra el valor promedio del ensayo de peso unitario del concreto drenante en estado fresco con agregado de gradación 3/4".

Tabla 44

Contenido de Vacíos del concreto 3/4" en estado fresco.

| CONTENIDO DE VACÍOS EN ESTADO FRESCO | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|--------------|-----------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| A | Masa total de todos los materiales de la mezcla | Kg | 2037.97 | 2037.97 | 2037.97 |
| B | Volumen absoluto de cada material | m3 | 0.82 | 0.82 | 0.82 |
| C | Densidad teórica el concreto $C = A / B$ | Kg/m3 | 2485.33 | 2485.33 | 2485.33 |
| D | Peso unitario del concreto | Kg/m3 | 2017.14 | 2008.57 | 2012.86 |
| %V | Porcentaje de vacíos, $\%V = (C - D) / C$ | % | 18.84 | 19.18 | 19.01 |
| PROMEDIO DEL % DE VACÍOS | | % | 19.01 | | |

Nota. La tabla 44 nos muestra el valor promedio del ensayo del contenido de vacíos del concreto drenante en estado fresco con agregado de gradación 3/4".

Tabla 45*Peso Unitario del concreto 1/2" en estado fresco.*

| PESO UNITARIO EN ESTADO FRESCO | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| A | Masa de concreto + masa de la olla Washington | Kg | 17.63 | 17.62 | 17.62 |
| B | Masa de la olla Washington | Kg | 3.47 | 3.47 | 3.47 |
| C | Volumen de la olla Washington | m3 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| D | Peso unitario del concreto $D = (A - B) / C$ | Kg/m3 | 2022.86 | 2021.43 | 2022.14 |
| PROMEDIO DEL PESO UNITARIO | | Kg/m3 | 2022.14 | | |

Nota. La tabla 45 nos muestra el valor promedio del ensayo de peso unitario del concreto drenante en estado fresco con agregado de gradación 1/2".

Tabla 46*Contenido de Vacíos del concreto 1/2" en estado fresco.*

| CONTENIDO DE VACÍOS EN ESTADO FRESCO | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|--------------|-----------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| A | Masa total de todos los materiales de la mezcla | Kg | 1980.49 | 1980.49 | 1980.49 |
| B | Volumen absoluto de cada material | m3 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| C | Densidad teórica el concreto $C = A / B$ | Kg/m3 | 2475.61 | 2475.61 | 2475.61 |
| D | Peso unitario del concreto | Kg/m3 | 2022.86 | 2021.43 | 2022.14 |
| %V | Porcentaje de vacíos, $\%V = (C - D) / C$ | % | 18.29 | 18.35 | 18.32 |
| PROMEDIO DEL % DE VACÍOS | | % | 18.32 | | |

Nota. La tabla 46 nos muestra el valor promedio del ensayo del contenido de vacíos del concreto drenante en estado fresco con agregado de gradación 1/2".

Tabla 47*Peso Unitario del concreto 3/8" en estado fresco.*

| PESO UNITARIO EN ESTADO FRESCO | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| A | Masa de concreto + masa de la olla Washington | Kg | 17.72 | 17.76 | 17.74 |
| B | Masa de la olla Washington | Kg | 3.47 | 3.47 | 3.47 |
| C | Volumen de la olla Washington | m3 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| D | Peso unitario del concreto $D = (A - B) / C$ | Kg/m3 | 2035.71 | 2041.43 | 2038.57 |
| PROMEDIO DEL PESO UNITARIO | | Kg/m3 | 2038.57 | | |

Nota. La tabla 47 nos muestra el valor promedio del ensayo de peso unitario del concreto drenante en estado fresco con agregado de gradación 3/8".

Tabla 48

Contenido de Vacíos del concreto 3/8" en estado fresco.

| CONTENIDO DE VACÍOS EN ESTADO FRESCO | | | | | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|------------------|------------------|------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| A | Masa total de todos los materiales de la mezcla | Kg | 1958.90 | 1957.30 | 1959.70 |
| B | Volumen absoluto de cada material | m3 | 0.79 | 0.79 | 0.79 |
| C | Densidad teórica el concreto C = A / B | Kg/m3 | 2479.62 | 2477.59 | 2480.63 |
| D | Peso unitario del concreto | Kg/m3 | 2035.71 | 2041.43 | 2038.57 |
| %V | Porcentaje de vacíos, %V = (C - D) / C | % | 17.90 | 17.60 | 17.82 |
| PROMEDIO DEL % DE VACÍOS | | % | 17.78 | | |

Nota. La tabla 48 nos muestra el valor promedio del ensayo del contenido de vacíos del concreto drenante en estado fresco con agregado de gradación 3/8".

4.2.4. Ensayos Al Concreto Drenante En Estado Endurecido.

4.2.4.1. Resistencia a La Compresión.

Tabla 49

Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/4".

| COMPRESIÓN 7 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 3/4" | | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 9.50 | 10.10 | 8.90 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 10322.00 | 10455.00 | 9887.00 |
| F | Tipo de Falla | - | B | B | B |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 131.49 | 133.18 | 125.95 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 130.21 | | |

Nota. La tabla 49 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado de gradación 3/4".

Tabla 50

Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".

| COMPRESIÓN 7 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 1/2" | | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 9.70 | 10.30 | 8.50 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 10985.00 | 10845.00 | 10422.00 |
| F | Tipo de Falla | - | D | C | D |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 139.94 | 138.15 | 132.76 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 136.95 | | |

Nota. La tabla 50 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado de gradación 3/4".

Tabla 51

Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".

| COMPRESIÓN 7 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 3/8" | | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 9.3 | 10.1 | 9.1 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 11855.00 | 11580.00 | 11012.00 |
| F | Tipo de Falla | - | C | C | C |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 151.02 | 147.52 | 140.28 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 146.27 | | |

Nota. La tabla 51 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 7 días del concreto drenante con agregado de gradación 1/2".

Tabla 52

Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/4".

| COMPRESIÓN 14 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 3/4" | | | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 9.5 | 9.8 | 9.2 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 12210.00 | 12015.00 | 11773.00 |
| F | Tipo de Falla | - | D | D | C |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 155.54 | 153.06 | 149.97 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 152.86 | | |

Nota. La tabla 52 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado de gradación 3/4".

Tabla 53

Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".

| COMPRESIÓN 14 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 1/2" | | | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 10.4 | 9.7 | 8.4 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 12695.00 | 12376.00 | 12645.00 |
| F | Tipo de Falla | - | E | D | D |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 161.72 | 157.66 | 161.08 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 160.15 | | |

Nota. La tabla 53 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado de gradación 1/2".

Tabla 54

Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/8".

| COMPRESIÓN 14 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 3/8" | | | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 9.2 | 10.6 | 8.7 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 13550.00 | 13433.00 | 13180.00 |
| F | Tipo de Falla | - | E | C | C |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 172.61 | 171.12 | 167.90 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 170.54 | | |

Nota. La tabla 54 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 14 días del concreto drenante con agregado de gradación 3/8".

Tabla 55

Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/4".

| COMPRESIÓN 28 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 3/4" | | | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 10.9 | 9.3 | 8.3 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 13777.00 | 13518.00 | 13402.00 |
| F | Tipo de Falla | - | E | D | D |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 175.50 | 172.20 | 170.73 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 172.81 | | |

Nota. La tabla 55 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado de gradación 3/4".

Tabla 56

Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado grueso de 1/2".

| COMPRESIÓN 28 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 1/2" | | | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 10.5 | 9.2 | 8.8 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 14489.00 | 14604.00 | 14630.00 |
| F | Tipo de Falla | - | E | E | E |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 184.57 | 186.04 | 186.37 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 185.66 | | |

Nota. La tabla 56 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado de gradación 1/2".

Tabla 57

Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado grueso de 3/8".

| COMPRESIÓN 28 DÍAS PARA GRADACIÓN DE 3/8" | | | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Altura | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| D | Masa | Kg | 8.9 | 10.1 | 9.5 |
| E | Carga de Ruptura | Kg | 15282.00 | 15117.00 | 15348.00 |
| F | Tipo de Falla | - | B | D | B |
| G | Área de Contacto | cm2 | 78.50 | 78.50 | 78.50 |
| H | Resistencia (H = E / G) | Kg/cm2 | 194.68 | 192.57 | 195.52 |
| Resistencia Promedio | | Kg/cm2 | 194.25 | | |

Nota. La tabla 57 nos muestra el valor promedio del ensayo de resistencia a compresión a los 28 días del concreto drenante con agregado de gradación 3/8".

4.2.4.2. Permeabilidad.

Tabla 58

Coefficiente de permeabilidad del concreto drenante de agregado grueso 3/4".

| Gradación | Probeta | C | Tiempo (s) | Altura de agua (cm) | K (cm/s) | K medio (cm/s) |
|-----------|---------|-------|------------|---------------------|----------|----------------|
| 3/4" | 1 | 19.20 | 15.87 | 22.00 | 1.21 | 1.26 |
| | 2 | 19.20 | 15.36 | 22.00 | 1.25 | |
| | 3 | 19.20 | 14.66 | 22.00 | 1.31 | |

Nota. La tabla 58 nos muestra el valor promedio del ensayo de coeficiente de permeabilidad del concreto drenante con agregado de gradación 3/4".

Tabla 59

Coefficiente de permeabilidad del concreto drenante de agregado grueso 1/2".

| Gradación | Probeta | C | Tiempo (s) | Altura de agua (cm) | K (cm/s) | K medio (cm/s) |
|-----------|---------|-------|------------|---------------------|----------|----------------|
| 1/2" | 1 | 19.20 | 16.99 | 22.00 | 1.13 | 1.13 |
| | 2 | 19.20 | 16.00 | 22.00 | 1.20 | |
| | 3 | 19.20 | 18.29 | 22.00 | 1.05 | |

Nota. La tabla 59 nos muestra el valor promedio del ensayo de coeficiente de permeabilidad del concreto drenante con agregado de gradación 1/2".

Tabla 60

Coefficiente de permeabilidad del concreto drenante de agregado grueso 3/8".

| Gradación | Probeta | C | Tiempo (s) | Altura de agua (cm) | K (cm/s) | K medio (cm/s) |
|-----------|---------|-------|------------|---------------------|----------|----------------|
| 3/8" | 1 | 19.20 | 19.94 | 22.00 | 0.96 | 0.95 |
| | 2 | 19.20 | 22.02 | 22.00 | 0.87 | |
| | 3 | 19.20 | 18.82 | 22.00 | 1.02 | |

Nota. La tabla 60 nos muestra el valor promedio del ensayo de coeficiente de permeabilidad del concreto drenante con agregado de gradación 3/8".

4.2.4.3. Densidad y Contenido De Vacíos Del Concreto Drenante En Estado Endurecido.

Tabla 61

Peso Unitario del concreto 3/4" en estado endurecido.

| PESO UNITARIO EN ESTADO ENDURECIDO | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------|----------------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| - | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 99.98 | 100.00 |
| - | Diámetro 2 | mm | 99.90 | 99.99 | 99.97 |
| Ø | Diámetro promedio | mm | 99.95 | 99.99 | 99.99 |
| - | Longitud 1 | mm | 149.70 | 149.00 | 150.00 |
| - | Longitud 2 | mm | 149.50 | 148.80 | 149.70 |
| L | Longitud promedio | mm | 149.60 | 148.90 | 149.85 |
| A | Peso Seco | g | 2318.00 | 2312.00 | 2325.00 |
| D | Peso Unitario | Kg/m3 | 1974.81 | 1977.58 | 1976.09 |
| | PROMEDIO PESO UNITARIO | Kg/m3 | | 1976.16 | |

Nota. La tabla 61 nos muestra el valor promedio del ensayo de peso unitario del concreto drenante en estado endurecido con agregado de gradación 3/4".

Tabla 62

Contenido de Vacíos del concreto 3/4" en estado endurecido.

| % DE VACÍOS EN ESTADO ENDURECIDO | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|----------|---------|--------------|---------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| B | Peso Sumergido | g | 1450.00 | 1455.00 | 1453.00 |
| °C | Temperatura Agua | °C | 23.90 | 23.90 | 23.90 |
| pw | Densidad Agua | Kg/m3 | 997.32 | 997.32 | 997.32 |
| % | Vacíos | % | 18.16 | 19.21 | 17.76 |
| | PROMEDIO % VACÍOS | % | | 18.38 | |

Nota. La tabla 62 nos muestra el valor promedio del ensayo del contenido de vacíos del concreto drenante en estado endurecido con agregado de gradación 3/4".

Tabla 63

Peso Unitario del concreto 1/2" en estado endurecido.

| PESO UNITARIO EN ESTADO ENDURECIDO | | | | | |
|-------------------------------------------|-------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| - | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 99.98 | 99.99 |
| - | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 99.98 | 100.00 |
| Ø | Diámetro promedio | mm | 100.00 | 99.98 | 100.00 |
| - | Longitud 1 | mm | 149.90 | 149.50 | 150.00 |
| - | Longitud 2 | mm | 150.00 | 149.00 | 149.50 |
| L | Longitud promedio | mm | 149.95 | 149.25 | 149.75 |
| A | Peso Seco | g | 2336.00 | 2331.00 | 2333.00 |
| D | Peso Unitario | Kg/m3 | 1983.52 | 1989.35 | 1983.82 |
| | PROMEDIO PESO UNITARIO | Kg/m3 | | 1985.56 | |

Nota. La tabla 63 nos muestra el valor promedio del ensayo de peso unitario del concreto drenante en estado endurecido con agregado de gradación 1/2".

Tabla 64

Contenido de Vacíos del concreto 1/2" en estado endurecido.

| % DE VACÍOS EN ESTADO ENDURECIDO | | | | | |
|-----------------------------------------|--------------------------|------------|------------------|------------------|------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| B | Peso Sumergido | g | 1384.00 | 1359.00 | 1379.00 |
| °C | Temperatura Agua | °C | 23.90 | 23.90 | 23.90 |
| pw | Densidad Agua | Kg/m3 | 997.32 | 997.32 | 997.32 |
| % | Vacíos | % | 18.95 | 16.82 | 18.66 |
| | PROMEDIO % VACÍOS | % | | 18.14 | |

Nota. La tabla 64 nos muestra el valor promedio del ensayo del contenido de vacíos del concreto drenante en estado endurecido con agregado de gradación 1/2".

Tabla 65

Peso Unitario del concreto 3/8" en estado endurecido.

| PESO UNITARIO EN ESTADO ENDURECIDO | | | | | |
|-------------------------------------------|-------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| - | Diámetro 1 | mm | 99.70 | 100.00 | 99.95 |
| - | Diámetro 2 | mm | 99.90 | 99.98 | 99.96 |
| Ø | Diámetro promedio | mm | 99.80 | 99.99 | 99.96 |
| - | Longitud 1 | mm | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| - | Longitud 2 | mm | 149.90 | 150.00 | 149.98 |
| L | Longitud promedio | mm | 149.95 | 150.00 | 149.99 |
| A | Peso Seco | g | 2343.00 | 2352.00 | 2350.00 |
| D | Peso Unitario | Kg/m3 | 1997.45 | 1996.84 | 1996.67 |
| | PROMEDIO PESO UNITARIO | Kg/m3 | | 1996.99 | |

Nota. La tabla 65 nos muestra el valor promedio del ensayo de peso unitario del concreto drenante en estado endurecido con agregado de gradación 3/8".

Tabla 66

Contenido de Vacíos del concreto 3/8" en estado endurecido.

| % DE VACÍOS EN ESTADO ENDURECIDO | | | | | |
|-----------------------------------------|--------------------------|------------|------------------|------------------|------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 |
| B | Peso Sumergido | g | 1382.00 | 1379.00 | 1380.00 |
| °C | Temperatura Agua | °C | 23.90 | 23.90 | 23.90 |
| pw | Densidad Agua | Kg/m3 | 997.32 | 997.32 | 997.32 |
| % | Vacíos | % | 17.85 | 17.17 | 17.36 |
| | PROMEDIO % VACÍOS | % | | 17.46 | |

Nota. La tabla 66 nos muestra el valor promedio del ensayo del contenido de vacíos del concreto drenante en estado endurecido con agregado de gradación 3/8".

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los agregados utilizados en el presente trabajo de investigación provienen de la cantera “Cerro Mocho”, ubicada a 25 Km de Sullana – Piura, cumpliendo estos con las especificaciones técnicas según la Norma Técnica Peruana NTP 400.012, brindando así la calidad y seguridad requerida. Los ensayos físicos a los materiales en el laboratorio brindaron los siguientes resultados, están son detalladas en las siguientes tablas resumen, las cuales sirvieron para los tres diseños de mezcla en estudio.

Tabla 67

Resultados del estudio de los materiales en laboratorio del agregado fino.

| Características | Unidad | Agregado fino | Norma |
|-------------------------------------------------------|-------------------|---------------|-----------|
| Módulo de finura | - | 3.16 | ASTM C136 |
| Peso específico | g/cm ³ | 2.65 | ASTM C128 |
| Peso específico (SSS) | g/cm ³ | 2.68 | ASTM C128 |
| Peso específico aparente | g/cm ³ | 2.73 | ASTM C128 |
| Absorción | % | 1.13 | ASTM C128 |
| Peso unitario suelto | Kg/m ³ | 1467.68 | ASTM C29 |
| Peso unitario compactado | Kg/m ³ | 1573.48 | ASTM C29 |
| Contenido de humedad | % | 1.63 | ASTM C566 |
| Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 | % | 4.08 | ASTM C117 |

Nota. La tabla 67 nos muestra los valores obtenidos en los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos del agregado fino.

Tabla 68*Resultados del estudio de los materiales en laboratorio del agregado grueso.*

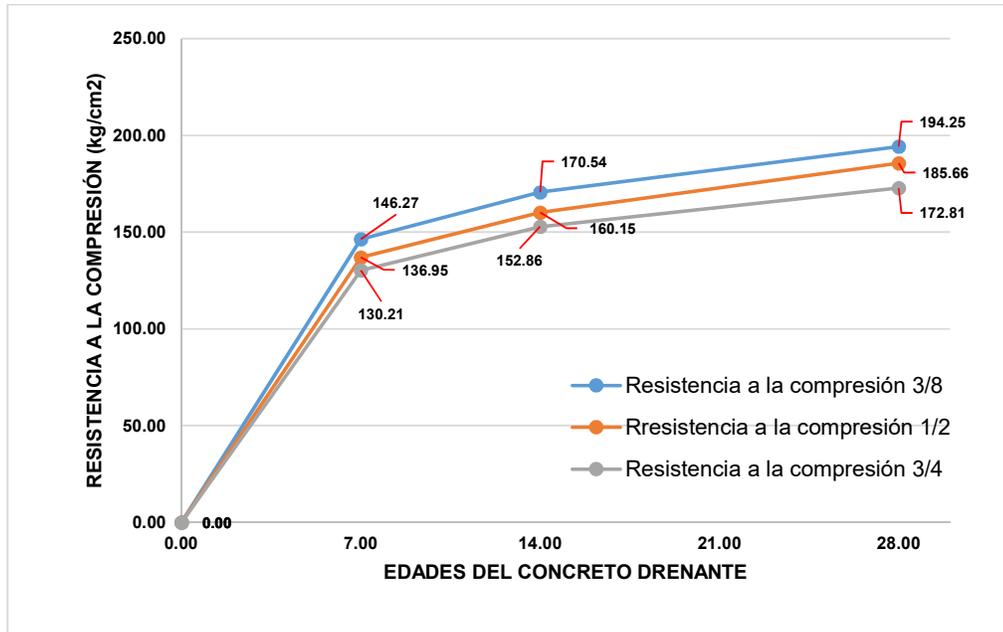
| Características | Unidad | Agregado grueso | | | Norma |
|-------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|---------|---------|-----------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | |
| Peso específico | g/cm ³ | 2.67 | 2.65 | 2.65 | ASTM C127 |
| Peso específico (SSS) | g/cm ³ | 2.70 | 2.69 | 2.68 | ASTM C127 |
| Peso específico aparente | g/cm ³ | 2.75 | 2.74 | 2.73 | ASTM C127 |
| Absorción | % | 1.08 | 1.18 | 1.07 | ASTM C127 |
| Peso unitario suelto | Kg/m ³ | 1435.93 | 1400.91 | 1373.76 | ASTM C29 |
| Peso unitario compactado | Kg/m ³ | 1606.03 | 1543.00 | 1510.75 | ASTM C29 |
| Contenido de humedad | % | 0.60 | 0.55 | 0.88 | ASTM C566 |
| Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 | % | 1.84 | 1.29 | 1.89 | ASTM C117 |

Nota. La tabla 68 nos muestra los valores obtenidos en los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos del agregado grueso.

Los resultados nos permitieron realizar los diseños de mezcla para obtener las dosificaciones adecuadas y así determinar las características mecánicas e hidráulicas del concreto drenante con gradaciones de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8". Los diseños de mezcla fueron según ACI 522R-10, en el procedimiento se utilizaron gráficos y tablas que nos permiten dosificar los materiales, garantizando las características requeridas.

Figura 5

Valores de resistencia a la compresión del concreto drenante en función de su edad, que van desde 7 hasta 28 días.



Nota. La figura 5 nos muestra los valores de resistencia a compresión del concreto drenante en los días 7, 14 y 28 desde su elaboración.

Las curvas marcan una tendencia de incremento constante y significativo hasta el día séptimo de curado, por lo que el concreto drenante con los diferentes tamaños de agregado grueso adquieren cerca del 73% a 75% de su resistencia en su última etapa de curado. Por lo que el aumento de resistencia de los tres diseños de mezcla puede certificarse como natural, como se emplea una relación de a/c de 0.36, se refleja altas resistencias iniciales.

Se visualiza que la máxima resistencia a compresión es de 195.52 kg/cm², esta se consigue usando el tamaño de agregado N° 3/8", cuyo resultado se asimila a las resistencias que se consiguen con concretos tradicionales f'c 210 kg/cm². Por otro lado, esta misma gradación es la que tiene el mayor promedio de resistencia con 194.26 kg/cm², con respecto al agregado de gradación 1/2" se consigue una resistencia promedio de 185.66 kg/cm² y por último el agregado con mayor tamaño 3/4" se obtuvo una resistencia con un promedio de 172.81 kg/cm², estos resultados

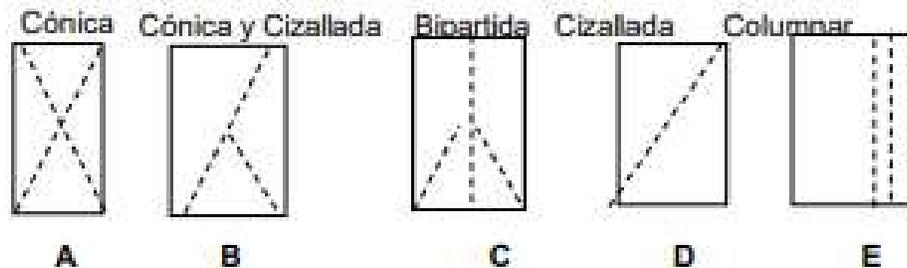
se dieron cuando el concreto drenante tuvo un curado de 28 días. Por lo que se demuestra que, entre el agregado de 1/2" y el de 3/8" existe un incremento de 4.43%, así mismo, entre el agregado de 3/8" y el 3/4" el aumento es de 11.04%.

Esto quiere decir que cuando la gradación del agregado grueso reduce, aumenta la resistencia a la compresión. En conclusión, mientras más reducido sea la gradación de agregado grueso, mayor se amolda en la mezcla, existiendo una mejor adherencia entre los materiales.

En el momento de efectuar esta prueba, se lograron visualizar los tipos de fallas en los testigos, se manifestaron distintos tipos de falla y no se detectó una relación precisa para poder analizar. El tipo de fractura que se presentaron fueron Cónica cizallada (B) para gradación de 1/8", Columnar (E) para gradación de 1/2" y Cizallada (D) para gradación de 3/4" a los 28 días de alcanzar su máxima resistencia, siendo la falla de clase Cizallada (D) la que se presentó en repetidas ocasiones en las distintas edades del concreto con un 44.44% del total de probetas.

Figura 6

Tipos de fracturas en probetas cilíndricas.



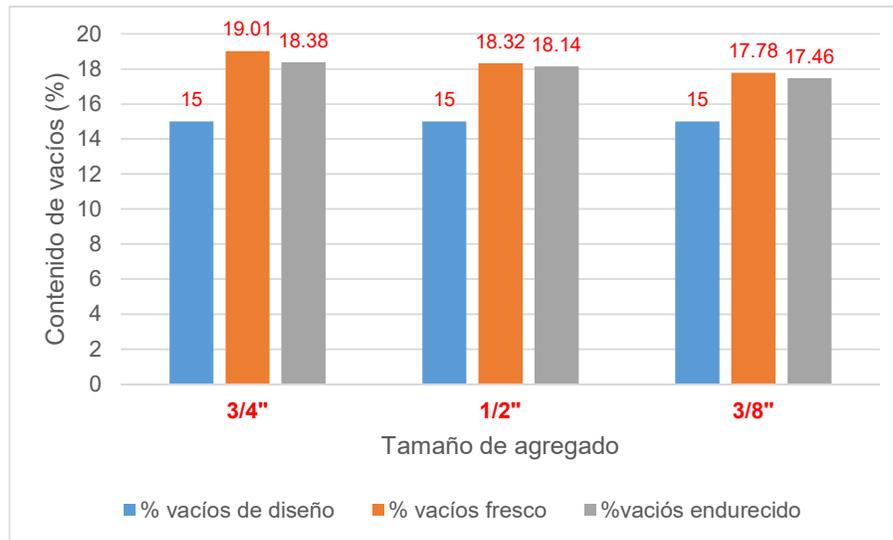
Nota. La figura 6 nos muestra los tipos de fracturas en probetas cilíndricas en el ensayo de resistencia a la compresión.

Asimismo, los resultados logrados en este estudio están relacionados con los parámetros asignados en la normativa nacional RNE CE 0.10 (Pavimentos Urbanos), los agregados con gradación 1/2" y 3/8" puede ser empleado en pavimentos especiales como aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías debido que cumplen la condición de que su $f'c \geq 175 \text{ kg/cm}^2$ (17,5 MPa).

Luego de analizar la resistencia a compresión y su relación, se evalúa el contenido de vacíos de los concretos drenantes utilizados en este estudio, estos se obtuvieron por medio de ensayos de laboratorio.

Figura 7

Contenido de vacíos de los concretos drenantes de acuerdo al diseño, estado fresco y estado endurecido.



Nota. La figura 7 nos muestra la relación que tiene el contenido de vacíos tanto en el diseño, estado fresco y estado endurecido de los diferentes concretos drenantes.

Los porcentajes de vacíos en estado fresco y endurecido son ligeramente mayores de los porcentajes de vacíos que se escogió para las tres mezclas como parámetro de diseño, que fue del 15%, este porcentaje lo brinda la norma ACI 522R-10 para que un concreto sea considerado drenante, eso quiere decir, que los valores que se encuentren por debajo de este porcentaje no representan tasas de percolación relevantes. Por lo tanto, partiendo de esta idea, se puede deducir que los concretos analizados en este estudio son drenantes.

Al analizar el concreto drenante en estado fresco se puede ver claramente la tendencia que sigue el contenido de vacíos. El porcentaje disminuye a medida que el tamaño del agregado grueso presenta un menor diámetro, el contenido de

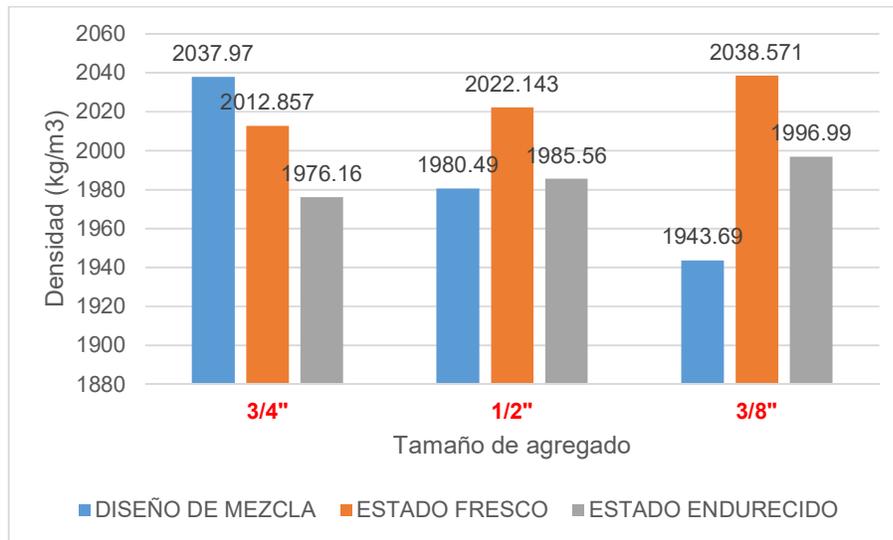
vacíos superior en estado fresco lo presenta el tamaño 3/4", con un valor de 19.01%, seguido del agregado 1/2", el cual es de 18.32%, finalmente el agregado 3/8", con un valor de 17.78% menor a los anteriores concretos drenantes.

Para el contenido de vacíos del concreto en estado endurecido, los valores suelen disminuir a medida que baja la gradación del agregado grueso; no obstante, el grafico muestra que el agregado de 3/4" es ligeramente mayor al del agregado grueso de 1/2", con valores de 18.38% y 18.14%, y por último, el agregado de 3/8" es el que presenta un menor valor, siendo este el 17.46%, respectivamente. Esto quiere decir que el contenido de vacíos final supera al porcentaje de vacíos de diseño.

Una característica relacionada al contenido de vacíos del concreto drenante es su densidad y debe ser analizado porque afecta las resistencias mecánicas, la proporción de agregados a utilizarse en la mezcla, además de los precios generados en su producción. Las densidades de los concretos tradicionales suele estar entre 2200 y 2400 kg/m³; para concretos drenantes, el ACI 522R-10 proporciona un intervalo de densidades de 1,600 a 2,000; no obstante, se han observado densidades superiores en diferentes estudios, pero todavía cumplían con las características de ser drenantes, es decir, mostraban una tasa de percolación considerable.

Figura 8

Densidades de los concretos drenantes de acuerdo al diseño, estado fresco y estado endurecido.



Nota. La figura 8 nos muestra la relación que tiene la densidad tanto en el diseño, estado fresco y estado endurecido de los diferentes concretos drenantes.

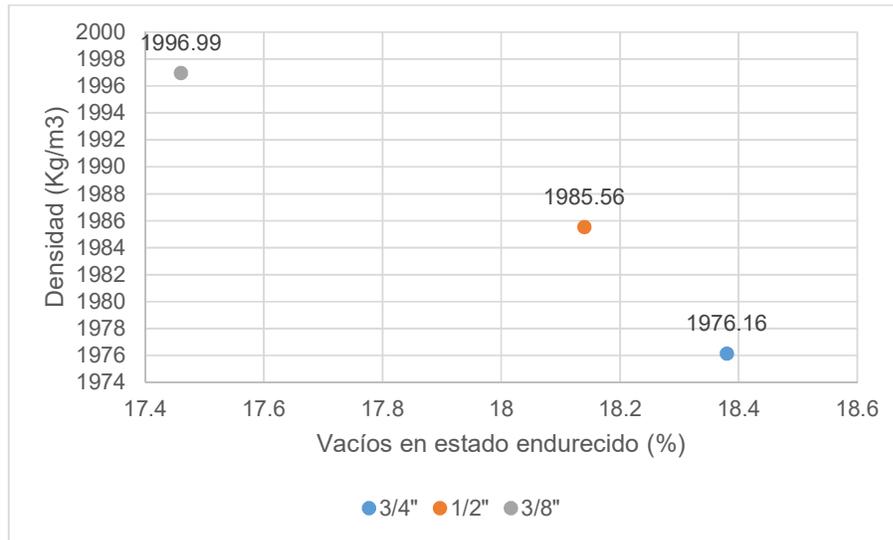
Según la figura anterior, se obtuvo un peso unitario de diseño de acuerdo con las características de cada tamaño de agregado. Estos valores están fuera de la densidad de diseño, el peso unitario en estado fresco disminuye en 25.11 kg/m³ para la gradación de 3/4", mientras que aumenta en 41.65 kg/m³ para la gradación intermedia y 94.88 kg/m³ para la gradación de 3/8". Además, su densidad en estado fresco es más alta que su variación promedio de 38.29 kg/m³ en estado endurecido.

La razón principal de esta conducta deriva en el ensayo de laboratorio para obtener la densidad del concreto drenante en estado fresco, la mezcla fresca recibe compactación con el martillo del proctor, esta se considera compactación fuerte, se evidencia por la proporción de mezcla utilizada, que es superior que el volumen de mezcla utilizado en las otras pruebas. Es importante destacar que se utilizó una compactación ligera, que se recomienda por la ACI 522R-10, para la conformación de las probetas.

Según lo mencionado líneas arriba, la densidad del concreto drenante es inversamente proporcional al contenido de vacíos.

Figura 9

Relación entre la densidad y el contenido de vacíos del concreto drenante.



Nota. La figura 9 nos muestra la relación que tiene la densidad y el contenido de vacíos de los diferentes concretos drenantes.

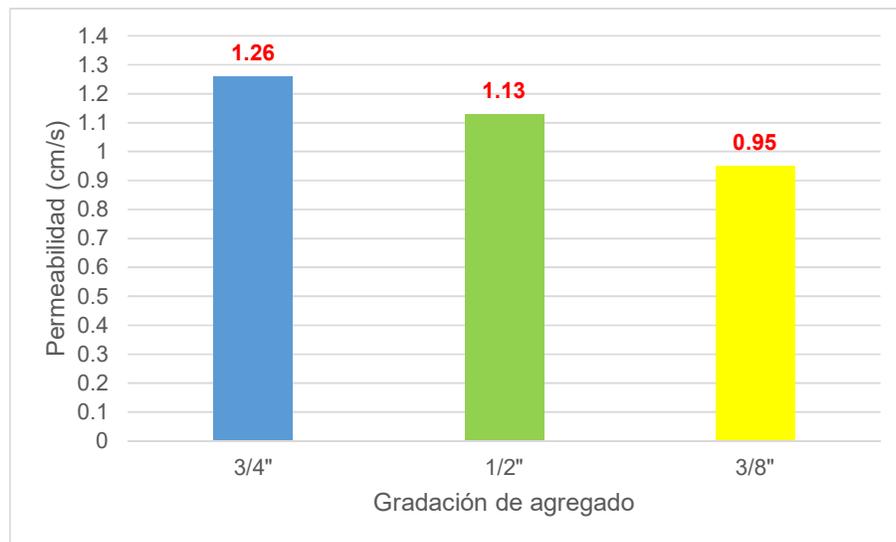
Como se visualiza en la anterior figura, la conducta del agregado 3/4", 1/2" y 3/8", se puede apreciar que a mayor densidad, menor el contenido de vacíos. Para el agregado 3/4" su densidad que es 1976.16 kg/m³ y su contenido de vacíos de 18.38%, relacionándolo con el tamaño de agregado de 1/2", esta tiene una densidad superior de 1985.56 kg/m³ y por lo cual un porcentaje de vacíos inferior de 18.14%, además el agregado grueso 3/8" presenta una densidad 1996.99 kg/m³ superior a ambas gradaciones con un contenido de vacío de 17.46% por debajo de estos.

El porcentaje de vacíos con el que se diseñaron los 3 diseños de mezcla del concreto drenante fue de 15%, el cambio de valores en la densidad como en el porcentaje de vacíos, depende de las características físicas de los tamaños de agregado grueso.

La característica más importante del concreto drenante, es influenciada por el peso unitario y el contenido de vacíos, nos referimos a la característica hidráulica del concreto de drenar agua mediante su estructura, la permeabilidad, quien además tendrá relación con el tamaño de agregado que se utiliza en un concreto drenante. En la siguiente figura se grafican los valores obtenidos.

Figura 10

Permeabilidad del concreto drenante según su gradación de agregado grueso.



Nota. La figura 10 nos muestra la permeabilidad de los diferentes concretos drenantes.

La proporción de agua que filtra mediante el concreto drenante en un intervalo de tiempo se determina con esta característica, el ACI nos brinda un intervalo de permeabilidad de 0.14 cm/s a 1.22 cm/s, en esta investigación se han obtenido los índices de permeabilidad dentro del rango establecido.

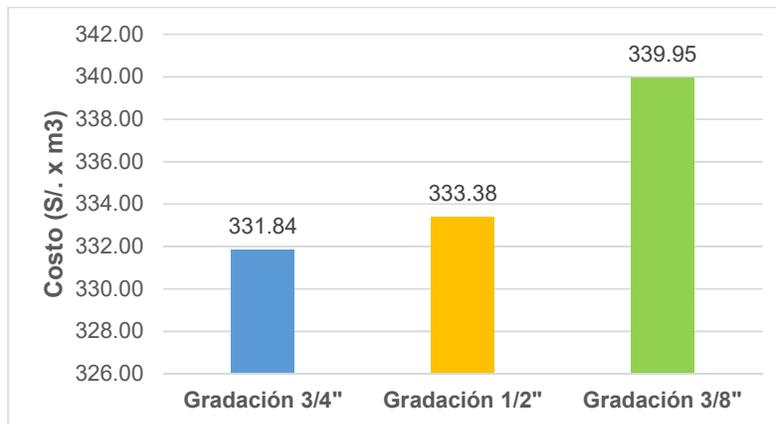
Se ha obtenido un valor máximo de 1.26 cm/s reflejado en el agregado 3/4", un valor intermedio entre el agregado 3/4" y 3/8", que es el de 1/2" con 1.13 cm/s. Por último, se tiene el agregado 3/8" con un coeficiente de permeabilidad de 0.95 cm/s, todos estos valores se encuentran dentro del rango establecido por la ACI, catalogando así a los concretos como drenantes.

Analizando los resultados, se deduce que la permeabilidad para los dos primeros tamaños de agregado grueso se reduce en 24% en el agregado 3/8". Esto tiene relación con la resistencia a compresión, donde el concreto de agregado grueso de 3/8" presenta un mejor comportamiento teniendo mayor resistencia en comparación con las otras gradaciones.

Por último, y un aspecto igualmente importante, es necesario analizar los costos, que son un criterio esencial en el progreso de cualquier construcción, los precios de los insumos para la realización de un concreto drenante se presentan mediante un gráfico, con los tres tipos de gradaciones de agregado grueso utilizadas en este estudio.

Figura 11

Costo por m3 de concreto drenante según su gradación.

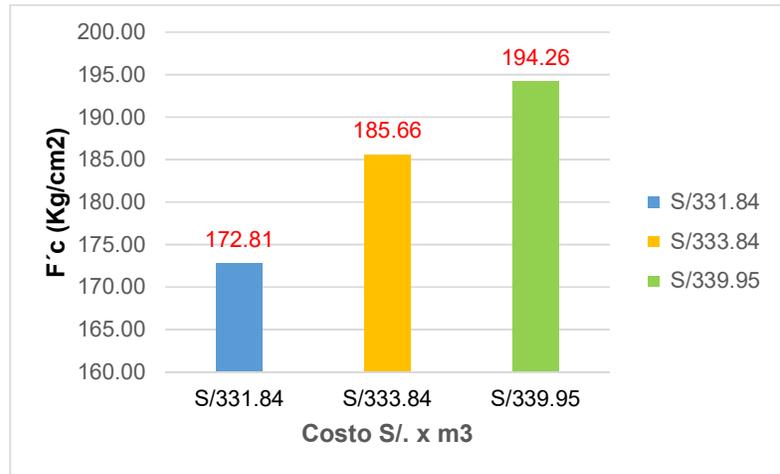


Nota. La figura 11 nos muestra el costo por m3 según la gradación de los concretos drenantes.

El precio de los agregados varía según el tamaño, viéndose reflejado en los análisis de costos, los precios son similares. Por lo cual la elección del mejor concreto drenante respecto a costos se vincula con otras características.

Figura 12

Costo por m3 del concreto drenante según la resistencia a compresión.

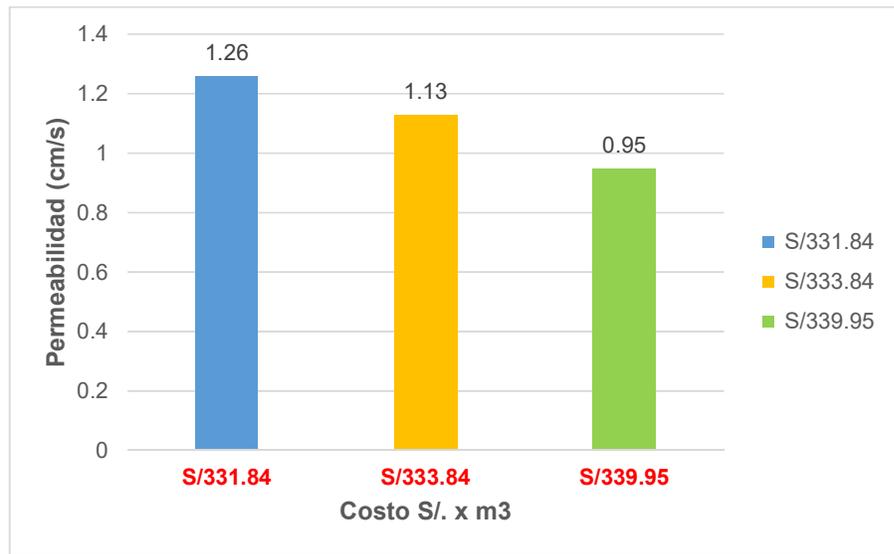


Nota. La figura 12 nos muestra el costo por m3 según la resistencia de los concretos drenantes.

Relacionando el costo con la resistencia a compresión, analizamos que el agregado 3/8" es el que muestra mayores beneficios por presentar mayor resistencia, pero su costo es el más elevado, por el contrario si comparamos los concretos drenantes respecto a costo/permeabilidad, el concreto con agregado de 3/4" sería el elegido, el cual cuesta ligeramente menos que el concreto de 3/8". Esta comparativa es de vital importancia, debido a que el concreto drenante se identifica por ofrecer mayores características hidráulicas, y a más permeabilidad tenga un concreto mayor será la captación de aguas pluviales.

Figura 13

Costo por m3 del concreto drenante según la permeabilidad.



Nota. La figura 13 nos muestra el costo por m3 según la permeabilidad de los concretos drenantes.

CONCLUSIONES

Se determinó el efecto del agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas de un concreto drenante, siendo el concreto de gradación 3/8" el que alcanza una mejor resistencia a compresión y un factor de permeabilidad favorable dentro de los parámetros de la norma ACI 522R-10, siendo la opción más viable en relación a los demás.

Se determinaron las características físicas de los agregados utilizados en la elaboración de los concretos drenantes; obteniendo el peso específico de masa, peso específico de masa (S.S.S.), peso unitario suelto, peso unitario compactado, contenido de humedad y absorción; valores requeridos para las proporciones en los diseños de mezcla con las tres gradaciones.

Las tres gradaciones de agregado grueso tuvieron el mismo diseño de mezcla, se definieron valores de diseño como la relación a/c de 0.36, porcentaje de vacíos de 15.00%, porcentaje de agregado fino de 10.00%, valor efectivo de b/bo de 0.93 y porcentaje de pasta de 26.50%. Obteniendo valores que se encuentran dentro los parámetros que nos brinda la norma ACI 522R-10 para la resistencia a compresión y coeficiente de permeabilidad.

Se determinaron las características mecánicas e hidráulicas de los concretos drenantes de los tamaños de agregado grueso 3/4", 1/2" y 3/8". El concreto drenante de 3/8" alcanza la mayor resistencia a compresión respecto a los demás, con un valor de 194.25 Kg/cm², mientras que el concreto de 3/4" y 1/2" lograron una resistencia de 172.81 Kg/cm² y 185.66 Kg/cm² respectivamente. Respecto a la permeabilidad el concreto drenante de 3/8" logra una permeabilidad de 0.95 cm/s, valor óptimo dentro de los parámetros ofrecidos por la norma ACI 522R-10, mientras los concretos de 3/4" y 1/2" arrojaron valores de 1.26 cm/s y 1.13 cm/s respectivamente.

Los concretos de gradación 3/8" y 1/2" pueden ser utilizados en pavimentos especiales; tales como aceras o veredas, pasajes peatonales, ciclovías ya que presentan una resistencia a compresión de 194.25 Kg/cm² y 185.66 Kg/cm²,

valores mayores a 175 Kg/cm² que es lo requerido por el RNE CE.010 Pavimentos Urbanos.

Los coeficientes de permeabilidad de los tres concretos están en los parámetros brindados por ACI 522R-10, pudiendo así ser denominados concretos drenantes.

Puesto que se han utilizado los mismos criterios para los diseños y fundamentalmente la misma proporción en cemento, siendo este el material con más impacto en el precio, los precios de los materiales utilizados para crear los concretos drenantes no han cambiado significativamente.

Los tres concretos drenantes muestran un contenido de vacíos en estado fresco y endurecido más alto que el contenido de vacíos de diseño del 15%. Además podemos afirmar que también depende de la compactación utilizada, de la forma y textura del agregado grueso.

El contenido de vacíos y la permeabilidad de un concreto drenante están directamente relacionados porque al aumentar uno, aumenta el otro.

Los pesos unitarios de concreto drenante encontrados en este estudio son superiores del intervalo 1600 - 2000 kg/m³. Además, se determina que esta característica obedece fundamentalmente del contenido de vacíos y las características físicas del agregado grueso.

RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear agregados de gradación de 3/8" para concretos permeables, ya que se ha comprobado que estos tienen mejor efecto en las características mecánicas y en las hidráulicas cumplen con los parámetros establecidos.

Las características físicas de los agregados tienen gran influencia en las propiedades del concreto drenante, por lo cual es de vital importancia realizar los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos para los diseños de mezcla.

Se recomienda a los profesionales dedicados a la construcción, empresas productoras de concreto y demás, hacer uso del reporte "Pervious Concrete" que nos brinda el ACI 522R-10 para el diseño de concretos drenantes.

Para aumentar las resistencias a compresión del concreto drenante sin afectar la permeabilidad, se recomienda el uso de aditivos y así hacerlo viable para su uso en diferentes tipos de estructuras.

Para tener total conformidad en el uso del concreto drenante respecto a su permeabilidad, se recomienda un estudio hidrológico con un pluviómetro que nos brinde la intensidad de las precipitaciones de la zona en donde se emplee para definir los criterios de diseño de mezcla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2010). Report on Pervious Concrete, ACI 522R-10. In *American Concrete Institute* (Vol. 10, Issue Reapproved).
- Aire, C. (2011). *Concreto permeable: alternativas sustentables*. https://scholar.google.com.mx/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=fBTmgVEAAAAJ&citation_for_view=fBTmgVEAAAAJ:Zph67rFs4hoC
- Arango, S. (2022). *Concreto permeable: desarrollo urbano de bajo impacto*. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-bajo-impacto/>
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2010). *Tecnología del Concreto*.
- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. (2016). *Riesgo de inundaciones en redes viales*. 2. [https://c4dcommunities.worldbank.org/content/usergenerated/asi/cloud/attachments/sites/collaboration-for-development/en/groups/cdrp/documents/_jcr_content/content/primary/blog/riesgo_de_inundacion-fulg/Riesgo de inundaciones en redes viales.pdf](https://c4dcommunities.worldbank.org/content/usergenerated/asi/cloud/attachments/sites/collaboration-for-development/en/groups/cdrp/documents/_jcr_content/content/primary/blog/riesgo_de_inundacion-fulg/Riesgo%20de%20inundaciones%20en%20redes%20viales.pdf)
- Cladera, A., Etxeberria, M., & Schiess, I. (2007). *Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo*. https://www.researchgate.net/publication/260189867_Tecnologias_y_materiales_de_construccion_para_el_desarrollo
- Córdova, H. (2020). *Vulnerabilidad y gestión del riesgo de desastres frente al cambio climático en Piura, Perú*. <https://doi.org/https://doi.org/10.22395/seec.v23n54a5>
- Dolz Ripollès, J., & Gómez, M. (1994). Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores. *Ingeniería Del Agua*, 1(1), 55–66. <https://doi.org/10.4995/ia.1994.2631>
- INDECI; OEA. (2009). Estudio: Mapa de peligros de la ciudad de Piura. *Instituto Nacional de Defensa Civil*, 320. [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA PUBLICAR/INDECI/INFORME PRINCIPAL DEL ESTUDIO MAPA DE PELIGROS DE PIURA \(VOLUMEN I\).pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/INDECI/INFORME_PRINCIPAL_DEL_ESTUDIO_MAPA_DE_PELIGROS_DE_PIURA_(VOLUMEN_I).pdf)
- INDECI. (2015). Principales zonas vulnerables por inundaciones en la ciudad de SULLANA - PIURA. *Instituto Nacional de Defensa Civil*, 46.

- <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201706290118211.pdf>
- Ivan, B., & Pacompia, A. (2015). *Ingeniero civil*.
- Játiva, F. W. (2014). *Desarrollo De Hormigones Permeables Enfocado Al Diseño De Mezclas, Construcción De Obras Y a La Protección Ambiental, Basado En Las Normas Aci, Astm E Inen*. 125.
- Jean, F. (2017). para la captación de agua de lluvias en zonas urbanas del norte del Perú. *Comparing Traditional Concrete to Permeable Concrete for a Community College Pavement Application*.
- Jimenez, H. (2019). *Evaluación del concreto permeable como una alternativa sostenible para el control de las aguas pluviales en la ciudad de Castilla, provincia Piura y departamento de Piura*. 168.
- León Altamirano, C. A., & Rosero Sangucho, G. E. (2016). *Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas graduaciones*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7870/1/T-UCE-0011-243.pdf>
- León, M., & Ramirez, F. (2010). *Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003
- Manturano, V. H. (2017). Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería. *Ucv*, 0–116.
- Naciones Unidas. (2021). *Cambio climático y medioambiente*. <https://news.un.org/es/story/2021/07/1494632>
- Ospina, M., & Erazo, B. (2007). *Resistencia mecánica y condiciones de obra del concreto poroso en los pavimentos, según el tipo de granulometría*.
- Pasquel carbajal, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú*. In *Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo departamental de Lima*.
- Paucar Curasma, Y., & Morales de la Cruz, F. W. (2018). Influencia del agregado grueso de la cantera del Río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - F' C 175 KG/CM². *Universidad Nacional de Huancavelica*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1642>
- Prahara, & Meilani. (2014). *Compressive Strength and Water Absorption of Pervious Concrete that Using the Fragments of Ceramics and Roof Tiles*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/epjconf/20146800015>
- Rivva, E. (1992). *Diseño de mezclas*. <https://issuu.com/geotav/docs/diseno-de>

mezclas-enrique-rivva-lo

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO. (2014). *Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto*.

https://issuu.com/sencico_documentosdigitales/docs/manual_de_preparaci_o_acute_n__coloc

Tennis, P. (2019). *Pervious Concrete Pavements* (Issue January 2004).

Toirac Corral, J. (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, 37(3), 293–334.

<https://doi.org/10.22206/cys.2012.v37i3.pp293-334>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2022). *Lluvias e inundaciones*.

[https://www.unam.mx/medidas-de-emergencia/lluvias-e-](https://www.unam.mx/medidas-de-emergencia/lluvias-e-inundaciones#:~:text=Inundaciones pluviales,horas o días sobre éste)

[inundaciones#:~:text=Inundaciones pluviales,horas o días sobre éste](https://www.unam.mx/medidas-de-emergencia/lluvias-e-inundaciones#:~:text=Inundaciones pluviales,horas o días sobre éste).

ANEXOS

ANEXO 1

Figura 1. Cantera Cerro Mocho, ubicada a 25 km de Sullana.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

Figura 2. Cantera Cerro Mocho, ubicada a 25 km de Sullana.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3

Figura 3. Cantera Cerro Mocho, ubicada a 25 km de Sullana.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4

Figura 4. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5

Figura 5. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 6

Figura 6. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 7

Figura 7. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 8

Figura 8. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 9

Figura 9. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 10

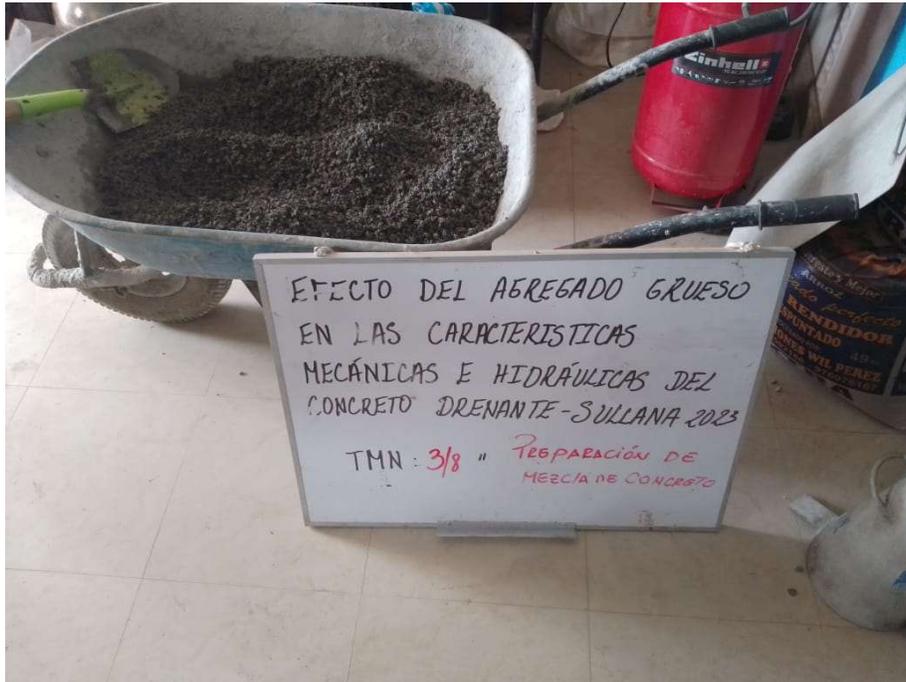
Figura 10. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 11

Figura 11. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 12

Figura 12. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 13

Figura 13. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 14

Figura 14. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 15

Figura 15. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 16

Figura 16. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 17

Figura 17. Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 18



CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

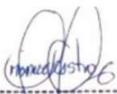
El que suscribe, Manuel Castro Gallo, hace constar por este medio de la presente que el Sr. Jherson Aldair Mendoza Arellano, identificado con D.N.I N° 71160294 ; Yems Antony Valdez Romero, identificado con D.N.I N° 76537983 , ha realizado ensayos de contenido de humedad, granulometria, abrasion, peso especifico de agregados y cemento, absorcion, peso unitario, densidad, asentamiento, porcentaje de vacios, resistencia a la compresion y permeabilidad en las instalaciones del laboratorio CONSULTGEOPAV , requeridos para la tesis "Efecto del agregado grueso en las características mecánicas e hidráulicas del concreto drenante, Sullana 2024"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivos y se compartieron con los señores.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Atentamente,

GERENCIA.

Piura, 11 de mayo del 2024.



Manuel Castro Gallo
GERENTE GENERAL
CONSULTGEOPAV S.A.C.
RUC. 20602407021

ANEXO 19

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-008-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

| | | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Expediente | 0205 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | |
| 3. Dirección | CAL. AREQUIPA NRO. 308 ---- CERCADO URBANO - PIURA SULLANA BELLAVISTA | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Instrumento calibrado | MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO) | CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Marca | PERUTEST | |
| Modelo | PC-120 | |
| N° de serie | 1101 | |
| Identificación | No indica | |
| Procedencia | Colombia | |
| Intervalo de indicación | 0 kgf a 120000 kgf | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Resolución | 10 kgf | |
| Clase de exactitud | No indica | |
| Modo de fuerza | Compresión | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| 5. Fecha de calibración | 2023-02-11 | |

Fecha de Emisión

2023-02-14

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

977 997 385 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventascalibratec@gmail.com
CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-008-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Nuevo Hospital de Apoyo II - 2 Sullana

8. Condiciones de calibración

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 28,5 °C | 28,9 °C |
| Humedad relativa | 67 % | 69 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|
| PUCP | Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 241 kg | INF-LE N° 042-22 (B) |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-008-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

| Indicación de la máquina de ensayo | | Indicación del transductor de fuerza patrón | | | | | Promedio | Error de medición |
|------------------------------------|-------|---------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|----------|-------------------|
| | | 1ra Serie | 2da Serie | 3ra Serie | | 4ta Serie Accesorios | | |
| % | kgf | Ascenso kgf | Ascenso kgf | Ascenso kgf | Descenso kgf | Ascenso kgf | kgf | kgf |
| 10 | 10000 | 10104,8 | 10094,8 | 10024,6 | -- | -- | 10074,7 | -74,7 |
| 20 | 20000 | 20073,5 | 20073,5 | 20073,5 | -- | -- | 20073,5 | -73,5 |
| 30 | 30000 | 30102,5 | 30112,5 | 30122,5 | -- | -- | 30112,5 | -112,5 |
| 40 | 40000 | 40141,8 | 40151,8 | 40141,8 | -- | -- | 40145,2 | -145,2 |
| 50 | 50000 | 50151,3 | 50181,4 | 50171,4 | -- | -- | 50168,0 | -168,0 |
| 60 | 60000 | 60181,2 | 60191,2 | 60171,2 | -- | -- | 60181,2 | -181,2 |
| 70 | 70000 | 70221,3 | 70201,2 | 70211,3 | -- | -- | 70211,3 | -211,3 |
| 80 | 80000 | 80231,6 | 80231,6 | 80211,5 | -- | -- | 80224,9 | -224,9 |
| 90 | 90000 | 90262,2 | 90212,1 | 90232,1 | -- | -- | 90235,5 | -235,5 |

| Indicación de la máquina de ensayo | | Errores relativos de medición | | | | | Incertidumbre de medición relativa |
|------------------------------------|-------|-------------------------------|---------------|----------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|
| | | Indicación | Repetibilidad | Reversibilidad | Resolución relativa | Error con accesorios | |
| % | kgf | q % | b % | v % | a % | % | % |
| 10 | 10000 | -0,74 | 0,79 | -- | 0,10 | -- | 0,79 |
| 20 | 20000 | -0,37 | 0,00 | -- | 0,05 | -- | 0,38 |
| 30 | 30000 | -0,37 | 0,07 | -- | 0,03 | -- | 0,32 |
| 40 | 40000 | -0,36 | 0,02 | -- | 0,03 | -- | 0,29 |
| 50 | 50000 | -0,33 | 0,06 | -- | 0,02 | -- | 0,28 |
| 60 | 60000 | -0,30 | 0,03 | -- | 0,02 | -- | 0,27 |
| 70 | 70000 | -0,30 | 0,03 | -- | 0,01 | -- | 0,26 |
| 80 | 80000 | -0,28 | 0,02 | -- | 0,01 | -- | 0,26 |
| 90 | 90000 | -0,26 | 0,06 | -- | 0,01 | -- | 0,26 |

| Clase de la escala de la máquina de ensayo | Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1) | | | | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|----------------|---------------------|---------|
| | Indicación | Repetibilidad | Reversibilidad | Resolución relativa | Cero f0 |
| | q % | b % | v % | a % | f0 % |
| 0,5 | ± 0,50 | 0,5 | ± 0,75 | ± 0,25 | ± 0,05 |
| 1 | ± 1,00 | 1,0 | ± 1,50 | ± 0,50 | ± 0,10 |
| 2 | ± 2,00 | 2,0 | ± 3,00 | ± 1,00 | ± 0,20 |
| 3 | ± 3,00 | 3,0 | ± 4,50 | ± 1,50 | ± 0,30 |

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-008-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

ANEXO 20

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0244-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

| | | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Expediente | 0205 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | |
| 3. Dirección | CAL. AREQUIPA NRO. 308 - CERCADO URBANO - PIURA - SULLANA - BELLAVISTA | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo calibrado | MOLDE DE CONCRETO | |
| Marca | No indica | |
| Número de Serie | No indica | CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Modelo | No indica | |
| Procedencia | No indica | |
| Identificación | 016 (*) | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| 5. Fecha de Calibración | 2023-08-10 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

2023-08-16



Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0244-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas del molde de concreto con patrones calibrados

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Obra de CONSULTGEOPAV S.A.C. ubicado en Av. Miguel Grau N° 323 - San Jacinto - Tumbes

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 31,0 °C | 31,5 °C |
| Humedad Relativa | 53 % | 54 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| KOSSOMET | Pie de rey con una incertidumbre de 29 µm | DM23-C-0131 |
| METROIL | Cinta métrica con una incertidumbre de 0,5 mm | 1AD-0829-2023 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al equipo.

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0244-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

| Diámetro mm | Altura mm | Volumen cm ³ |
|----------------|--------------|----------------------------|
| 153,20 | 304,75 | 5617,6 |

Incertidumbre expandida : 0,82 mm

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

ANEXO 21

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGIA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC -071



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0130-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Expediente | 0205 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | |
| 3. Dirección | CAL. AREQUIPA NRO. 308 - CERCADO URBANO - PIURA - SULLANA - BELLAVISTA | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Instrumento calibrado | BALANZA ELECTRONICA | CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Marca | OHAUS | |
| Modelo | PAJ3102 | |
| N° de serie | B419577375 | |
| Identificación | No indica | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Capacidad máxima: | 3100 g | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| División de escala (d) | 0,01 g | |
| Div. de verificación (e) | 0,1 g | |
| Capacidad mínima | 0,2 g | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| Clase de exactitud | II | |
| 5. Fecha de calibración | 2023-08-09 | |

Fecha de Emisión

2023-08-16



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16/08/2023 11:34:28-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0130-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Obra de CONSULTGEOPAV S.A.C. ubicado en Av. Miguel Grau N° 323 - San Jacinto - Tumbes

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 30,2 °C | 30,3 °C |
| Humedad relativa | 55 % | 56 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| ELICROM | Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1 | CCP-0870-002-23 |
| ELICROM | Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1 | CCP-0870-001-23 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 3000 g la balanza indicaba 2999,64 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 16 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-LM-0130-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

| | | | |
|------------------|----------|------------|----------|
| Ajuste a cero | Tiene | Escala | No tiene |
| Oscilación libre | Tiene | Cursor | No tiene |
| Plataforma | Tiene | Nivelación | Tiene |
| Sistema de traba | No tiene | | |

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Temperatura | Inicial | Final | Humedad | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | 30,3 °C | 30,3 °C | | 53,0 % | 53,0 % |

| Carga L1 | | | Carga L2 | | |
|---------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| I | ΔL | E | I | ΔL | E |
| g | g | g | g | g | g |
| 1 500,01 | 0,005 | 0,008 | 3 000,01 | 0,008 | 0,006 |
| 1 499,99 | 0,004 | -0,011 | 3 000,00 | 0,006 | -0,002 |
| 1 500,00 | 0,007 | -0,004 | 3 000,00 | 0,003 | 0,001 |
| 1 500,00 | 0,006 | -0,003 | 3 000,00 | 0,007 | -0,003 |
| 1 500,00 | 0,005 | -0,002 | 2 999,99 | 0,005 | -0,011 |
| 1 500,00 | 0,004 | -0,001 | 3 000,00 | 0,008 | -0,004 |
| 1 500,00 | 0,007 | -0,004 | 3 000,01 | 0,006 | 0,008 |
| 1 499,99 | 0,008 | -0,015 | 3 000,00 | 0,004 | 0,000 |
| 1 499,99 | 0,009 | -0,016 | 3 000,00 | 0,007 | -0,003 |
| 1 500,00 | 0,003 | 0,000 | 3 000,00 | 0,004 | 0,000 |
| Dif Máx. Encontrada | | 0,024 | Dif Máx. Encontrada | | 0,019 |
| EMP | | 0,20 | EMP | | 0,30 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Temperatura | Inicial | Final | Humedad | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | 30,3 °C | 30,3 °C | | 53,0 % | 53,0 % |

| Pos. Carga | Determinación del Error en Cero E ₀ | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | |
|------------------------------|------------------------------------------------|------|-------|----------------|--------------------------------------|----------|-------|--------|--------|
| | C. mínima | I | ΔL | E ₀ | Carga L | I | ΔL | E | Ec |
| | g | g | g | g | g | g | g | g | g |
| 1 | | 0,10 | 0,006 | -0,001 | | 1 000,00 | 0,005 | -0,002 | -0,001 |
| 2 | | 0,09 | 0,003 | -0,008 | | 1 000,00 | 0,004 | -0,001 | 0,007 |
| 3 | 0,100 | 0,10 | 0,004 | 0,001 | 1 000,002 | 1 000,01 | 0,007 | 0,006 | 0,005 |
| 4 | | 0,10 | 0,005 | 0,000 | | 1 000,00 | 0,006 | -0,003 | -0,003 |
| 5 | | 0,10 | 0,007 | -0,002 | | 1 000,00 | 0,008 | -0,005 | -0,003 |
| Error máximo permitido (±) | | | | | | | | | 0,20 |

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0130-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | | | | |
|-------------|--------------------|------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Temperatura | Inicial 30,4 °C | Final 30,4 °C | Humedad | Inicial 53,0 % | Final 54,0 % |
|-------------|--------------------|------------------|---------|-------------------|-----------------|

| Carga L g | Carga creciente | | | | Carga decreciente | | | | EMP g |
|----------------|-----------------|---------|--------|---------|-------------------|---------|--------|---------|----------|
| | l g | ΔL g | E g | Ec g | l g | ΔL g | E g | Ec g | |
| E ₀ | 0,100 | 0,10 | 0,007 | -0,002 | | | | | |
| 0,200 | 0,20 | 0,004 | 0,001 | 0,003 | 0,20 | 0,005 | 0,000 | 0,002 | 0,10 |
| 300,000 | 300,01 | 0,005 | 0,010 | 0,012 | 299,99 | 0,004 | -0,009 | -0,007 | 0,10 |
| 600,001 | 600,00 | 0,009 | -0,005 | -0,003 | 600,00 | 0,008 | -0,004 | -0,002 | 0,20 |
| 900,001 | 899,99 | 0,008 | -0,014 | -0,012 | 900,01 | 0,005 | 0,009 | 0,011 | 0,20 |
| 1 200,003 | 1 200,01 | 0,005 | 0,007 | 0,009 | 1 200,00 | 0,004 | -0,002 | 0,000 | 0,20 |
| 1 500,003 | 1 500,00 | 0,003 | -0,001 | 0,001 | 1 499,99 | 0,006 | -0,014 | -0,012 | 0,20 |
| 1 700,004 | 1 700,01 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 1 699,99 | 0,007 | -0,016 | -0,014 | 0,20 |
| 1 999,999 | 1 999,99 | 0,004 | -0,008 | -0,006 | 2 000,00 | 0,003 | 0,003 | 0,005 | 0,20 |
| 2 500,000 | 2 500,01 | 0,007 | 0,008 | 0,010 | 2 500,00 | 0,005 | 0,000 | 0,002 | 0,30 |
| 3 100,001 | 3 100,00 | 0,008 | -0,004 | -0,002 | 3 100,00 | 0,008 | -0,004 | -0,002 | 0,30 |

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

l: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,00011^2 \text{ g}^2 + 0,0000000021^2 \text{ R}^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000000094 \text{ R}$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

ANEXO 22

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC - 071



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Expediente | 0205 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | |
| 3. Dirección | CAL. AREQUIPA NRO. 308 - CERCADO URBANO - PIURA - SULLANA - BELLAVISTA | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Instrumento calibrado | BALANZA ELECTRÓNICA | CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Marca | OHAUS | |
| Modelo | R21PE30ZH | |
| N° de serie | 8356390750 | |
| Identificación | No indica | |
| Procedencia | China | |
| Capacidad máxima: | 30000 g | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| División de escala (d) | 1 g | |
| Div. de verificación (e) | 10 g | |
| Capacidad mínima | 200 g | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| Clase de exactitud | III | |
| 5. Fecha de calibración | 2023-08-21 | |

Fecha de Emisión

2023-08-28



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 28/08/2023 09:44:14-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Obra de CONSULTGEOPAV S.A.C. ubicado en Av. Miguel Grau N° 323 - San Jacinto - Tumbes

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 28,8 °C | 29,1 °C |
| Humedad relativa | 70 % | 70 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| ELICROM | Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1 | CCP-0870-002-23 |
| ELICROM | Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1 | CCP-1029-002-23 |
| PESATEC | Pesa de 10 kg de clase M1 | 0933-MPES-C-2023 |
| PESATEC | Pesa de 20 kg de clase M1 | 0944-MPES-C-2023 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 29989 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 14 °C.
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

| | | | |
|------------------|-------|------------|----------|
| Ajuste a cero | Tiene | Escala | No tiene |
| Oscilación libre | Tiene | Cursor | No tiene |
| Plataforma | Tiene | Nivelación | Tiene |
| Sistema de traba | Tiene | | |

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final | | |
|------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------------------|--------|------|-----|
| Temperatura | 29,0 °C | 29,2 °C | Humedad | 69,0 % | 69,0 % | | |
| Carga L1 - 15 000,1 g | | | Carga L2 - 30 000,2 g | | | | |
| | l | ΔL | E | | | | |
| | g | g | g | | | | |
| | 15 000 | 0,7 | -0,3 | 30 000 | 0,4 | -0,1 | |
| | 15 000 | 0,4 | 0,0 | 29 999 | 0,5 | -1,2 | |
| | 15 001 | 0,5 | 0,9 | 30 000 | 0,8 | -0,5 | |
| | 15 000 | 0,3 | 0,1 | 30 000 | 0,7 | -0,4 | |
| | 15 001 | 0,8 | 0,6 | 30 000 | 0,4 | -0,1 | |
| | 15 000 | 0,5 | -0,1 | 30 000 | 0,5 | -0,2 | |
| | 15 000 | 0,3 | 0,1 | 30 000 | 0,3 | 0,0 | |
| | 15 001 | 0,4 | 1,0 | 30 001 | 0,5 | 0,8 | |
| | 15 000 | 0,8 | -0,4 | 29 999 | 0,8 | -1,5 | |
| | 15 000 | 0,5 | -0,1 | 30 000 | 0,4 | -0,1 | |
| Dif Máx. Encontrada | | | 1,4 | Dif Máx. Encontrada | | | 2,3 |
| EMP | | | 20 | EMP | | | 30 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Temperatura | 29,2 °C | 29,2 °C | Humedad | 69,0 % | 69,0 % |

| Pos. Carga | Determinación del Error en Cero E ₀ | | | | Determinación del Error Corregido E _c | | | | |
|------------------------------|------------------------------------------------|-----|------|------------------|--------------------------------------------------|--------|------|------|------------------|
| | C. mínima g | l g | ΔL g | E ₀ g | Carga L g | l g | ΔL g | E g | E _c g |
| 1 | | 101 | 0,4 | 1,1 | | 10 000 | 0,4 | 0,0 | -1,1 |
| 2 | | 100 | 0,7 | -0,2 | | 10 000 | 0,7 | -0,3 | -0,1 |
| 3 | 100,0 | 100 | 0,8 | -0,3 | 10 000,1 | 10 001 | 0,5 | 0,9 | 1,2 |
| 4 | | 100 | 0,3 | 0,2 | | 10 000 | 0,8 | -0,4 | -0,6 |
| 5 | | 100 | 0,5 | 0,0 | | 10 001 | 0,6 | 0,8 | 0,8 |
| Error máximo permitido (±) | | | | | | | | | 20 |

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | | | | |
|-------------|--------------------|------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Temperatura | Inicial 29,2 °C | Final 29,3 °C | Humedad | Inicial 69,0 % | Final 69,0 % |
|-------------|--------------------|------------------|---------|-------------------|-----------------|

| Carga L g | Carga creciente | | | | Carga decreciente | | | | EMP g |
|----------------------|-----------------|---------|--------|---------|-------------------|---------|--------|---------|----------|
| | l g | ΔL g | E g | Ec g | l g | ΔL g | E g | Ec g | |
| E ₀ 100,0 | 100 | 0,5 | 0,0 | | | | | | |
| 200,0 | 200 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 201 | 0,3 | 1,2 | 1,2 | 10 |
| 3 000,0 | 3 001 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 3 000 | 0,7 | -0,2 | -0,2 | 10 |
| 6 000,0 | 6 000 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 6 001 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 20 |
| 9 000,0 | 9 001 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 9 000 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 20 |
| 12 000,1 | 12 000 | 0,7 | -0,3 | -0,3 | 11 999 | 0,3 | -0,9 | -0,9 | 20 |
| 15 000,1 | 15 000 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 15 001 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 20 |
| 17 000,1 | 17 000 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 16 999 | 0,8 | -1,4 | -1,4 | 20 |
| 20 000,1 | 20 001 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 20 000 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 20 |
| 25 000,1 | 25 000 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 25 000 | 0,5 | -0,1 | -0,1 | 30 |
| 30 000,2 | 30 000 | 0,7 | -0,4 | -0,4 | 30 000 | 0,7 | -0,4 | -0,4 | 30 |

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
l: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,77^2 \text{ g}^2 + 0,0000000068^2 \text{ R}^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,00000099 \text{ R}$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

ANEXO 23

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - T - 015 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 3

| | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Expediente | 0205 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | |
| 3. Dirección | CAL. AREQUIPA NRO. 308 - CERCADO URBANO - PIURA - SULLANA - BELLAVISTA | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Instrumento de medición | TERMOMETRO DIGITAL | |
| Alcance de Indicación | -50 °C a 300 °C | |
| Div. de escala / Resolución | 0,1 °C | CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Marca | EUROTECH | |
| Modelo | TBT-10H | |
| Número de Serie | No indica | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Procedencia | No indica | |
| Identificación | CI-0189 (*) | |
| 5. Fecha de Calibración | 2023-08-26 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

2023-08-28



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 28/08/2023 09:44:15-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - T - 015 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SNM/INDECOPI tomado como referencia el PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" Segunda edición - diciembre 2012 de INDECOPI/SNM.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Temperatura de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillon Lote 50B Chacracerro Lima - Comas - Trapiche

8. Condiciones Ambientales

| | Mínimo | Máximo |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 23,5 °C | 23,3 °C |
| Humedad Relativa | 62% | 60% |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| SAT S.A.C. | TERMOMETRO DE INDICACION DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO K | LT-0417-2023 |
| ELICROM | MEDIDOR DE TEMPERATURA (TERMOHIGRÓMETRO) | CCP-0102-001-23 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

(*) Identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherido al instrumento.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - T - 015 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| INDICACIÓN DEL TERMOMETRO (°C) | TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C) | CORRECCIÓN (°C) | INCERTIDUMBRE (K=2) (°C) |
|--------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 0,05 | 0,09 | 0,04 | 0,14 |
| 40,10 | 39,99 | -0,11 | 0,14 |
| 90,05 | 89,97 | -0,08 | 0,14 |

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

ANEXO 24



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
 Versión 03

CEMENTO MOCHICA ANTISALITRE

Cemento Portland Tipo MS

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
 Pacasmayo, 15 de Agosto del 2017

| PROPIEDADES FISICAS | | CPSAA (*) | Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157 |
|------------------------|--------------------|-----------|---------------------------------------|
| Contenido de Aire | % | 6 | NO ESPECIFICA |
| Expansión en Autoclave | % | 0.06 | Máximo 0.80 |
| Superficie Específica | cm ² /g | 4350 | NO ESPECIFICA |
| Retenido M325 | % | 3.6 | NO ESPECIFICA |
| Densidad | g/mL | 2.98 | NO ESPECIFICA |

Resistencia Compresión :

| | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Resistencia Compresión a 3días | MPa (kg/cm ²) | 20.5 (209) | Mínimo 11.0 (Mínimo 112) |
| Resistencia Compresión a 7días | MPa (kg/cm ²) | 29.3 (299) | Mínimo 18.0 (Mínimo 184) |
| Resistencia Compresión a 28días (*) | MPa (kg/cm ²) | 39.6 (404) | Mínimo 28.0 (Mínimo 286) |

Tiempo de Fraguado Vicat :

| | | | |
|------------------|-----|-----|------------|
| Fraguado Inicial | min | 179 | Mínimo 45 |
| Fraguado Final | min | 297 | Máximo 420 |

| | | | |
|--------------------------------------|---|-------|--------------|
| Expansión Barra de Mortero a 14 días | % | 0.007 | Máximo 0.020 |
| Expansión por Sulfato a 6 meses | % | 0.037 | Máximo 0.10 |

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-07-2017 al 31-07-2017.
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Junio 2017.
 La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Enero 2017.
 La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Junio 2017.
 (*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.