

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL  
SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN,  
TACNA - 2024**

**TESIS**

Presentada por:

Bach. RODRIGO JHOSEP COILA MAMANI

Bach. KEVIN ARNOLD CONDORI ALEJO

Para optar por el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

TACNA-PERÚ

2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN, TACNA - 2024”

Tesis sustentada y aprobada el día 07 de febrero del 2025 estando integrado el Jurado Calificador por:

**PRESIDENTE**

:  .....

Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero

**SECRETARIO**

:  .....

Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

**VOCAL**

:  .....

Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez

**ASESOR DE TESIS**

:  .....

Dr. Ing. Martin Paucara Rojas

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Martin Paucara Rojas, en mi condición de ASESOR acreditado con Resolución de Facultad N° 661-2024-FIAG/UNJBG del 10 de setiembre del 2024, del Trabajo de Tesis titulado: "DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN, TACNA - 2024". Presentado por el Bach. Rodrigo Jhosep Coila Mamani y Bach. Kevin Arnold Condori Alejo. Para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG; considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 06 %. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis enunciada líneas arriba, la cual esta expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de Ingeniero Civil, según corresponda para su publicación en el Repositorio Institucional.

Tacna, 07 de febrero del 2025.



FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos: Dr. Ing. Martin Paucara Rojas

DNI: 00451289



Huella dactilar



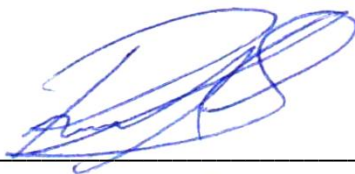
FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Kevin Arnold Condori Alejo

DNI: 70853562



Huella dactilar



FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Rodrigo Jhosep Coila Mamani

DNI: 70246155



Huella dactilar

## DEDICATORIA

Dedico este logro a mi familia, cuyo amor y sacrificio me impulsan; y a todos quienes creyeron en mi potencial, motivándome a superar cada desafío con determinación

Bach. RODRIGO JHOSEP COILA MAMANI

Dedico este logro a mi familia, cuyo amor incondicional y sacrificio constante han sido mi mayor fuente de inspiración, y a todas aquellas personas que confiaron en mi potencial, alentándome a enfrentar cada desafío con determinación y perseverancia

Bach. KEVIN ARNOLD CONDORI ALEJO

## AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres por su apoyo incondicional, a mis docentes por su guía invaluable, y a mis compañeros por su colaboración durante esta etapa crucial de mi formación

Bach. RODRIGO JHOSEP COILA MAMANI

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres por su amor incondicional y constante apoyo, al Dr. Ing. Martin Paucara Rojas, mi asesor de tesis, por su guía experta y compromiso durante este proceso, a mis docentes por compartir su valioso conocimiento, y a mis compañeros por su colaboración y motivación en esta etapa trascendental de mi formación profesional.

Bach. KEVIN ARNOLD CONDORI ALEJO

## ÍNDICE GENERAL

	Página
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Resumen .....	x
Abstract .....	xii
Introducción .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problemas específicos .....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.4 OBJETIVOS .....	8
1.4.1 Objetivo general .....	8
1.4.2 Objetivos específicos .....	8
1.5 HIPÓTESIS .....	9
1.5.1 Hipótesis general .....	9

1.5.2 Hipótesis específicas.....	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	12
2.2 BASES TEÓRICAS .....	19
2.2.1 CONCRETO PERMEABLE .....	19
2.2.1.1 ACI 522R-10.....	22
2.2.1.2 Propiedades del concreto permeable en estado fresco.....	23
2.2.1.3 Propiedades del concreto en estado endurecido .....	24
2.2.1.4 Características de los agregados .....	25
2.2.1.5 Resistencia a la compresión.....	28
2.2.1.6 Dosificación .....	30
2.2.2 DRENAJE FLUVIAL.....	31
2.2.2.1 Colmatación.....	33
2.2.2.2 Embalsamiento.....	35
2.2.2.3 Surgencia .....	36
2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.....	38
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>41</b>
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	41

3.1.1	Tipo de investigación.....	41
3.1.2	Diseño de la investigación .....	41
3.1.3	Nivel de la investigación.....	44
3.2	POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO .....	42
3.2.1	Población .....	42
3.2.2	Muestra .....	43
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	47
3.3.1	Variable dependiente .....	47
3.3.2	Variable independiente .....	45
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	47
3.4.1	Técnicas .....	47
3.4.2	Materiales.....	47
3.4.3	Instrumentos.....	48
3.5	ANÁLISIS DE DATOS .....	55
	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
4.1	Resultados del ensayo de Índice de vacíos .....	56
4.2	Resultados de la Permeabilidad en concreto permeable.....	58
4.3	Resultados de la Resistencia a la Compresión.....	60

4.4 Diseño de Mezcla del Concreto Permeable .....	64
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>69</b>
5.1 Análisis de los resultados del Concreto Permeable .....	69
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>78</b>
<b>ANEXO I MATRIZ DE CONSISTENCIA</b> .....	<b>84</b>
<b>ANEXO II REPORTE DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO GEOLOGÍA Y GEOTECNIA</b> .....	<b>85</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Página
Figura 1 Esquema del concreto permeable. ....	20
Figura 2 Concreto permeable. ....	21
Figura 3 American Concrete Institute .....	22
Figura 4 Esquema drenante del pavimento rígido con concreto permeable. ....	32
Figura 5 Investigadores. ....	49
Figura 6 Preparación de mezcla de concreto. ....	50
Figura 7 Elaboración de Briquetas. ....	50
Figura 8 Briqueta de concreto .....	51
Figura 9 Prueba de asentamiento SLUMP .....	51
Figura 10 Presentación de la briqueta para rotura. ....	54
Figura 11 Ensayo de rotura de briquetas. ....	54
Figura 12 Resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días .....	62
Figura 13 Tipo de falla determinado por probetas .....	63
Figura 14 Falla Tipo 3. ....	64
Figura 15 Falla Tipo 5. ....	64

**ÍNDICE DE TABLAS**

	Página
Tabla 1 Diseño de mezcla para el concreto permeable .....	43
Tabla 2 Muestras de concreto permeable consideradas .....	44
Tabla 3 Operacionalización de variables .....	47
Tabla 4 Índice de vacíos.....	57
Tabla 5 Resultados del Coeficiente de permeabilidad .....	59
Tabla 6 Resultados de la resistencia a la compresión .....	61
Tabla 7 Dosificación final del concreto permeable.....	68
Tabla 8 Resumen de resultados.....	70

## RESUMEN

Esta investigación se enfoca en el diseño de una mezcla de concreto permeable para mejorar el sistema de drenaje en zonas vulnerables a inundaciones en Tacna. El objetivo principal es desarrollar una solución eficiente que minimice la acumulación de agua en la superficie, un problema común en áreas urbanas propensas a inundaciones. Los objetivos específicos incluyen evaluar la efectividad del concreto permeable, analizar su impacto en la reducción de agua acumulada, determinar sus propiedades mecánicas con distintas proporciones de mezcla. La metodología empleada abarca ensayos de laboratorio para medir la permeabilidad y la resistencia a la compresión del concreto. Los resultados indican que el concreto permeable mejora significativamente la infiltración de agua y presenta propiedades mecánicas adecuadas para su uso en pavimentos urbanos. Las conclusiones destacan la viabilidad del concreto permeable como una alternativa efectiva para el drenaje urbano, sugiriendo que su implementación puede reducir los riesgos de inundaciones y mejorar la infraestructura vial. Esta investigación avanza hacia soluciones innovadoras en la gestión del agua pluvial y el diseño urbano.

**Palabras Claves:** Concreto permeable, Porosidad, Drenaje urbano y Diseño de mezcla.

## **ABSTRACT**

This research focuses on the design of a permeable concrete mix to improve the drainage system in flood-prone areas of Tacna. The main objective is to develop an efficient solution that minimizes surface water accumulation, a common problem in urban areas susceptible to flooding. Specific objectives include evaluating the effectiveness of permeable concrete, analyzing its impact on reducing accumulated water, and determining its mechanical properties with different mixing ratios. The methodology involves laboratory tests to measure the permeability and compressive strength of the concrete. Results indicate that permeable concrete significantly enhances water infiltration and exhibits adequate mechanical properties for use in urban pavements. Conclusions highlight the feasibility of permeable concrete as an effective alternative for urban drainage, suggesting that its implementation could reduce flood risks and improve road infrastructure. This research advances toward innovative solutions in stormwater management..

**Keywords:** Permeable concrete, Porosity, Urban drainage, and Mix design.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en el diseño de una mezcla de concreto permeable como una solución para mejorar los sistemas de drenaje en áreas propensas a inundaciones en Tacna, donde la acelerada urbanización y el incremento de las precipitaciones, han intensificado los problemas de acumulación de agua en las vías, afectando negativamente la infraestructura vial y la calidad de vida de los ciudadanos. Esta investigación busca abordar estos desafíos mediante la aplicación de concreto permeable, un material que facilita una mayor infiltración de agua y reduce la escorrentía superficial.

El objetivo principal es desarrollar una mezcla optimizada de concreto permeable. La investigación se estructura en diversos capítulos, que abarcan desde; El Capítulo I, Introduce el planteamiento del problema, formulando tanto el problema general como los específicos, y establece la justificación e importancia de la investigación. En el Capítulo II, se presenta el marco teórico que sustenta el estudio, abordando conceptos clave relacionados con el concreto permeable, y drenaje fluvial. El Capítulo III, se describe la metodología empleada, incluyendo el tipo de investigación, la operacionalización de variables y técnicas de recolección de datos. En el Capítulo IV, se analizan los resultados obtenidos a partir de las ensayos de laboratorio. Finalmente, el Capítulo V, discute los resultados y ofreciendo conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones y mejoras en la gestión fluvial e infraestructura vial.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A nivel internacional, un problema frecuente en los pavimentos es causado por las lluvias y precipitaciones, impactando especialmente al pavimento flexible debido a su impermeabilidad. Esta característica provoca la acumulación de agua en diferentes áreas urbanas del mundo, lo que daña el pavimento y aumenta los costos de mantenimiento, especialmente en lugares donde no se cuenta con un sistema de drenaje adecuado (Mero y Pico, 2024).

Además, en varios países, las lluvias intensas generan acumulaciones de agua en las vías públicas, dañando la infraestructura vial y causando pérdidas económicas. Un ejemplo de esto es la Avenida Caracas con calle 26 en Venezuela, donde las inundaciones son frecuentes debido a las precipitaciones que desbordan el río Fucha. Según Guzmán (2016), “Este problema se agrava por la obstrucción del sistema de alcantarillado debido a la gran cantidad de desechos, lo que impide la rápida evacuación del agua” (p.9).

Siguiendo los estándares internacionales en la ejecución de proyectos, se identificó la necesidad de desarrollar una mezcla específica para el concreto permeable, como respuesta a la saturación de agua en pavimentos flexibles causada por la infiltración de aguas pluviales. Este problema es común en países como

México, El Salvador y Colombia, por lo que motivo a la implementación de un sistema de drenaje subyacente al concreto permeable para abordar eficazmente el problema de las aguas pluviales (Mendoza y Ospina, 2018).

En el ámbito nacional, no existen registros precisos sobre la aplicación del concreto permeable como principal componente de los pavimentos rígidos, sin embargo, se está promoviendo su adopción en la normativa establecida en el "Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción", específicamente en la Sección 438, utilizando el nombre de Pavimento de Concreto Hidráulico, aunque limitados, se han llevado a cabo algunos estudios independientes en universidades nacionales, estos estudios afirman que el concreto permeable puede actuar como una opción eficiente para el manejo controlado de las aguas pluviales acumuladas en las vías locales y otros tipos de pavimentos especiales, presentándose como un sistema alternativo viable y efectivo, como mencionan en (Guizado, B., Agneth, X., Curi, G. y Elvis, R., 2017).

No obstante, se debe resaltar también, las deficiencias de la aplicación del pavimento flexible en relación a los daños causados por fenómenos de máximas avenidas fluviales y pluviales. Campos e Irigoín (2020) mencionan que:

En el Perú, generalmente el pavimento flexible tiende a deteriorarse en muy poco tiempo sin cumplir su periodo de vida útil para el cuál fue diseñado, en su estudio en el periodo 2015-2019 se concluyó que más del 40% de

jirones en la ciudad de Chota se encuentran en mal estado según su índice de condición de pavimento (PCI). (p.96)

Por otro lado, es importante destacar las limitaciones del uso del pavimento flexible en relación a los daños provocados por eventos extremos de inundaciones fluviales y lluvias intensas. Campos e Irigoín (2020) mencionan que:

En el contexto peruano, los pavimentos flexibles tienden a deteriorarse rápidamente, sin llegar a alcanzar su tiempo de vida útil de diseño, según su estudio realizado durante el período 2015-2019 en la ciudad de Chota, se llegó a la conclusión de que más del 40% de las calles presentaban un mal estado, según el índice de condición de pavimento (PCI). (p.102)

A nivel local, no hay datos de específicos de algún tipo de pavimento rígido con concreto permeable, sin embargo, se realizaron algunos trabajos relacionados al empleo de sistemas de drenaje de agua con propuestas de empleo del pavimento rígido con concreto permeable, como es el caso de Ticahuanca (2022):

La aplicación del concreto permeable demostró es un medio eficaz para mejorar los sistemas de drenaje de forma sostenible, y, asimismo complementándose con zanjas de infiltración o barriles de infiltración, se obtiene un sistema eficiente y baja afectación peatonal y vehicular, ante los posibles sucesos de máximas avenidas pluviales. El problema principal que afecta a los pavimentos y que aumentó su probabilidad de ocurrencia en

Tacna, son los fenómenos de máximas avenidas pluviales, eventos suscitados específicamente desde el año 2020, en el que se registraron valores máximos de acumulación de lluvias en la estación meteorológica Jorge Basadre entre las 7a.m. y 7p.m. el 21 de febrero, tal como lo indica el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Del mismo modo, como casi la totalidad de pavimentos urbanos en la ciudad de Tacna son flexibles, estos son más susceptibles a dañarse por la presencia de agua, tal como indican algunas investigaciones como la de Miranda (2018), “La retención de agua en pavimentos flexibles genera el endurecimiento del ligante asfáltico y la separación del agregado grueso, generando grietas por dónde se infiltrará el agua dañando la estructura del pavimento, este fenómeno es conocido como "stripping"”. (p.15)

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo el diseño de concreto permeable puede mejorar el sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la efectividad del concreto permeable en la infiltración de agua en comparación con otros materiales de pavimentación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024?
- b) ¿Qué impacto tiene el uso de concreto permeable en la reducción de la acumulación de agua en superficie para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?
- c) ¿Cómo varían las propiedades mecánicas del concreto permeable con diferentes proporciones de mezcla para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?
- d) ¿Qué criterios deben considerarse para la implementación del diseño de mezcla del concreto permeable como alternativa para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Dada la necesidad de desarrollar nuevos métodos constructivos que impulsen el progreso de nuestra sociedad, se han realizado varios estudios en todo el país, como la investigación sobre el uso de concreto permeable. Este método constructivo, al ser novedoso, aún no está incluido en el Reglamento Nacional de Edificaciones, y en nuestra ciudad, el término concreto permeable es poco conocido y raramente aplicado. Frente a esta situación, se propuso estudiar los agregados más

comercializados en la ciudad de Tacna para diseñar un concreto permeable adecuado para pavimentos de bajo volumen de tránsito.

La justificación social implica la solución de la problemática de máximas avenidas pluviales propensas a suceder en la región de Tacna, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], las precipitaciones pluviales en Tacna, llegaron a su punto pico en el año 2020.

Desde una perspectiva normativa, los estándares internacionales que se utilizan para el diseño de pavimento rígido permeable incluyen las normativas ASTM C1701, ASTM C1781 y AASHTO MP 16, las cuales establecen los métodos de evaluación y diseño del pavimento permeable de acuerdo con parámetros que varían según la región. En Perú, no existen normas específicas que regulen su diseño; sin embargo, es viable aplicar normativas internacionales, considerando datos nacionales y las buenas prácticas de otros investigadores. Los procesos para determinar los periodos de máximas lluvias en Tacna, que son necesarios para el diseño, serán fundamentados mediante el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, publicado por la ANA en 2011.

En el aspecto económico, se puede destacar el ahorro de costos, ya que no se requiere un sistema de drenaje adicional, dado que el propio pavimento permeable cumple con esta función. Además, el uso de pavimento permeable contribuye a la disminución de impactos ambientales y reduce la necesidad de mantenimiento, pues la infiltración del agua en el pavimento minimiza la formación de pequeños charcos

y la acumulación de aguas resultantes de desbordes de ríos y de precipitación. Asimismo, el concreto permeable en pavimentos ofrece una mayor vida útil y mejor resistencia, y su composición, con una baja cantidad de agregado fino, permite que el concreto mantenga su capacidad de permeabilidad.

La implementación de concreto permeable en zonas de inundación puede proporcionar una solución efectiva para mejorar el sistema de drenaje, reduciendo la acumulación de agua en superficie y minimizando los daños causados por inundaciones. Este estudio busca proporcionar datos empíricos y recomendaciones prácticas que puedan ser adoptadas por las autoridades locales y los ingenieros civiles en Tacna para mejorar la infraestructura urbana y aumentar la resiliencia ante eventos de inundación.

La investigación contribuirá al conocimiento científico y técnico sobre el uso de concreto permeable como material de pavimentación en zonas urbanas propensas a inundaciones. Los resultados ofrecerán una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en la tecnología de materiales permeables, así como su aplicación en otras regiones con problemas similares de drenaje.

## **1.4 OBJETIVOS**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Diseñar una mezcla de concreto permeable para mejorar el sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- a) Evaluar la efectividad del concreto permeable en la infiltración de agua en comparación con otros materiales de pavimentación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.
- b) Analizar el impacto del uso de concreto permeable en la reducción de la acumulación de agua en superficie en zonas de inundación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.
- c) Determinar las propiedades mecánicas del concreto permeable con diferentes proporciones de mezcla para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.

- d) Establecer los criterios para la implementación del diseño de mezcla del concreto permeable como alternativa para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.

## **1.5 HIPÓTESIS**

### ***1.5.1 Hipótesis general***

El diseño de concreto permeable puede mejorar significativamente el sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024.

### ***1.5.2 Hipótesis específicas***

- a) El concreto permeable es más efectivo en la infiltración de agua que otros materiales de pavimentación en zonas de inundación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.
  
- b) El uso de concreto permeable reduce significativamente la acumulación de agua en superficie en zonas de inundación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.

- c) Las propiedades mecánicas del concreto permeable varían significativamente con diferentes proporciones de mezcla para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.
  
- d) Existen criterios específicos que permiten el diseño de mezcla del concreto permeable como alternativa para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

##### a) **Revista Científica**

En el artículo científico titulado “Aplicación de una mezcla de hormigón permeable combinado con agregado de caucho en la construcción de ciudades esponja”, evalúa al hormigón permeable, como un innovador material de pavimentación, es crucial para mejorar los sistemas de drenaje urbano y apoyar la construcción de ciudades esponja. Para maximizar su eficacia, se ha propuesto la incorporación de agregado de caucho en la mezcla, optimizando así su aplicación en la ingeniería de carreteras. En la provincia de Hunan, un diseño específico—con una relación agua-cemento de 0,3, porosidad del 15%, partículas de caucho de 16 mallas, y un contenido de caucho del 15%—demostró un rendimiento superior. Este hormigón permeable mejorado mostró mayores tasas de eliminación de sólidos suspendidos y contaminantes metálicos en comparación con el hormigón tradicional. Estos resultados no solo incrementan los beneficios ecológicos y económicos, sino que también contribuyen significativamente a la reducción de costos en la construcción urbana sostenible (Qi, B., Gao, S. y Xu, P., 2023).

En el artículo científico titulado “Estudio de las propiedades mecánicas básicas y simulación por el método de elementos discretos del hormigón permeable” concluye que el hormigón permeable es un material con alta porosidad y con buena permeabilidad al agua, lo que ayuda a reducir la escorrentía superficial, mitigar inundaciones urbanas, y ofrecer beneficios como la recarga de agua subterránea, purificación del agua, y reducción del efecto de isla de calor. Sin embargo, su alta porosidad también afecta su resistencia. Este estudio analiza cómo el tamaño del agregado, la relación pasta-hueso, y el coeficiente de pavimento suelto influyen en las propiedades mecánicas y permeabilidad del hormigón permeable. Usando un modelo numérico basado en elementos discretos, se verificó que el modelo puede simular eficazmente el comportamiento del hormigón, incluyendo el desarrollo de grietas y fallos bajo compresión, con un error de simulación inferior al 3% (Xiao, Q., Hu, X., Li, X., Zhang, G. y Zhao, J., 2023).

En el artículo científico titulado “Utilización de puzolanas naturales para sustituir parcialmente el cemento en hormigones permeables: ¿una alternativa sostenible?” publicado en la revista Sostenibilidad, esto muestra que el hormigón, ampliamente utilizado en la construcción, contribuye a la impermeabilización urbana y a las islas de calor, además de ser una fuente significativa de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la producción de cemento. Este estudio explora una alternativa más sostenible: el hormigón permeable con sustitución parcial de cemento por

puzolanas naturales como zeolita y pumicita. Se evaluaron propiedades mecánicas e hidráulicas con diferentes porcentajes de sustitución (0% a 20%). Los resultados indican que una mezcla con 10% de pumicita y un aditivo plastificante mejora significativamente las propiedades del hormigón. La pumicita mostró un mejor desempeño que la zeolita, y se recomienda su uso para lograr un hormigón más sostenible y eficiente (Oviedo, I., Pradena, M., Link, Ó., & Balbo, J. , 2022).

En el artículo científico titulado “Impacto del tipo y tamaño de agregado y de las adiciones minerales en las propiedades del hormigón permeable: una investigación experimental”, concluye que, para optimizar el hormigón permeable para pavimentos, es crucial equilibrar su permeabilidad con la resistencia a la compresión. En un estudio con 56 muestras utilizando distintos tipos y tamaños de agregados y aditivos minerales, se encontró que el hormigón con agregado de dolerita ofreció mayor resistencia a la compresión y permeabilidad comparado con el agregado de granito. Las condiciones óptimas fueron una porosidad del 18% y una relación agua/cemento de 0,25. Para el agregado de granito, la permeabilidad disminuyó con el tamaño de partícula y fue más baja en gradación combinada. La resistencia a la compresión aumentó con el reemplazo de humo de sílice, mientras que la permeabilidad máxima para humo de sílice y cenizas volantes se observó con 6% de humo de sílice y 0% de cenizas volantes (Huang, J., Luo, Z. y Khan, M., 2020).

En el artículo científico titulado “Influencia del tamaño de los agregados en la resistencia a la compresión del hormigón permeable”. La investigación concluye que el tamaño del agregado influye significativamente en la resistencia a la compresión del hormigón permeable. Este estudio examina cómo el tamaño del agregado afecta la resistencia a la compresión, la estructura de los poros, y el espesor de la pasta cementicia. Se prepararon ocho grupos de muestras con diferentes tamaños de agregado, pero similar porosidad. Las características de los poros y el espesor de la pasta cementicia se analizaron mediante imágenes de tomografía computarizada y mediciones manuales. Los resultados indican que la resistencia a la compresión aumenta inicialmente con el tamaño del agregado, pero se estabiliza cuando el tamaño supera los 7 mm. La resistencia es más sensible al contenido de poros pequeños y al espesor de la pasta cementicia, con un espesor superior a 1,15 mm mostrando resistencia estable (Yu, F., Sun, D., Wang, J. y Hu, M., 2019).

**b) Tesis**

En el ámbito internacional se puede destacar a Toro y Cayón (2021), ellos sostienen que:

Los pavimentos con baja impermeabilidad muestran una propuesta de solución integral que aborda los problemas de una mejor perspectiva a través de un desarrollo urbano de bajo impacto, consecuentemente a lo

mencionado, el pavimento permeable permite que sea usado como un sistema de drenaje por ende este permite conservar las condiciones hidrológicas que se presentan en distintas zonas del mundo, en los países de Panamá, México y Estados Unidos ya se realizó la aplicación en obras viales con el concreto permeable como en estacionamientos y en algunos tramos de vía urbana. (p.9)

Otros trabajos de investigación indican que, en el concreto para que llegue a una alta resistencia se debe realizar el proceso de curado tal como lo menciona (Morquencho, 2021) en su investigación que tiene el objetivo de optimizar drenajes para las aguas pluviales, por tal motivo propone que el concreto permeable es una mejor solución ante las aguas pluviales y fluviales; en este diseño de concreto aplicado en vía urbana sostiene que el tipo de curado que se le emplea es más especial que el concreto convencional debido a que el curado debe asegurar una hidratación suficiente a la pasta de cemento, este tipo de procedimiento iniciará dentro de los 20 minutos posteriores a la consolidación del material y debe continuar durante 7 días consecutivos.

También se puede mencionar a Beltrán y Villalba (2020), que exponen el objetivo de su investigación:

Encontrar la óptima dosificación de concreto permeable con fibra de vidrio, por tal motivo en la investigación realizan una comparación del concreto permeable con el concreto convencional lo cual el concreto permeable carece de agregado fino en su totalidad ya que los únicos materiales que usaron en la dosificación fueron: agua, cemento, agregado grueso y fibra de vidrio AR, en los resultados se puede notar que al añadir el material de vidrio a la dosificación del concreto permeable esta llega a tener una mayor resistencia en comparación con el concreto permeable que no cuenta con fibra de vidrio, pero ambas resistencias son aceptables para una vía urbana.  
(p.31)

Desde una perspectiva más amplia (Guzmán, 2016), aborda las ventajas y desventajas relacionadas con la utilización del concreto permeable, además, destaca la relevancia de la introducción de este tipo de concreto en las carreteras urbanas, ya que puede contribuir a mejorar la gestión de las aguas pluviales, de manera adicional, la aplicación de concreto permeable en las vías urbanas brinda a los usuarios la oportunidad de reducir la dependencia del alcantarillado y disminuir los costos asociados con el mantenimiento de sistemas de recolección de aguas pluviales.

En primera instancia (Pérez, 2017), menciona en su investigación que su objetivo fue determinar los efectos que la modificación de granulometría del agregado grueso tiene sobre las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto drenante o permeable para el pavimento rígido, las gradaciones del agregado consideradas fueron  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y N°4 en muestras de 45 probetas de concreto permeable en estado endurecido. Finalmente se llegó a la conclusión que, las muestras de mayor resistencia, fueron las probetas elaboradas con agregado N°4, presentando resistencias a flexión y compresión de 31.81 kg/cm<sup>2</sup> y 209.68 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Del mismo modo Guizado et al. (2017), argumenta que, mediante su trabajo de indagación, colabora con el estudio del concreto drenante o permeable como método eficaz para el drenaje de agua provenientes de las lluvias o pluviales en las vías. Los autores realizaron distintos ensayos de desempeño estructural e hidráulico para el concreto permeable en quince muestras con diferentes mezclas de concreto permeable; los resultados fueron cuantificados mediante las propiedades de permeabilidad y resistencia siguiendo los lineamientos normativos del American Concrete Institute (ACI) 522R-10 y los ensayos indicados en la ASTM, las quince muestras fueron elaboradas con contenidos de vacío de quince, diecisiete, y diecinueve porcentajes, con agregado grueso de  $\frac{6}{8}$ " y  $\frac{6}{16}$ " con una interacción

a/c desde 0.0 a 0.1 en muestras de diferentes tamaños; asimismo, los autores llegaron a la conclusión que la mezcla más eficiente y eficaz fue la M-H8-ang-19.5%-ar, muestra que presenta 0.7 cm/seg de permeabilidad, 19.5% de vacíos en estado fresco, 428 kg/m<sup>3</sup> de proporción de cemento y, 3.6 MPa y 22.2 MPa de resistencia a flexión y compresión a 28 días respectivamente.

Según Flores y Pacompia, (2015), en el objetivo de su investigación:

Evaluar el grado de incidencia de las tiras de plásticos (polipropileno) como componente para mejorar las propiedades del concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido con concreto permeable diseñado para la ciudad de Puno; las propiedades de resistencia a la compresión, contenido de vacíos y nivel de permeabilidad, fueron las variables dependientes estudiadas en la investigación con la finalidad de encontrar un diseño de mezcla para el concreto permeable óptimo, para ello se realizaron dos tipos de mezclas, en la primera de ellas se empleó piedra chancada de tamaño normal N° 57, del mismo modo, en el segundo diseño de mezcla se utilizó el tamaño de agregado N° 8, gradación recomendada por ACI a fin de obtener mejores resistencias mecánicas en el concreto permeable, la conclusión a la que llegaron los autores fue que, la mezcla elaborada con agregado de granulometría normalizada (tamaño estándar N° 8) resultó ser la más adecuada para la adición de tiras de plástico o polipropileno de 3 milímetros.

x 30 milímetros en diferentes proporciones en relación al peso unitario del diseño de mezcla (0.05%, 0.10% y 0.15%), de este modo se determinó que, al incorporar bandas de un 0.05% y 0.10% en congruencia al peso incrementen la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión del concreto, a los 28 días se obtiene una resistencia en los porcentajes de un 16.7% y 4.2% respectivamente, no obstante, adicionar tiras en un 0.15% reduce considerablemente la resistencia a compresión del concreto promedio en 10.7%.(p.45)

En el ámbito local (Ticahuanca, 2022), en su tesis expone como uno de sus objetivos determinar el caudal que se puede drenar mediante el diseño propuesto de sistema de drenaje pluvial en la Asociación de Vivienda Las Begonias y Eben Ezer del distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna. El autor opta por el uso del concreto permeable aplicado a las veredas, proponiendo un diseño de 1m de ancho, 5m de largo y 0.5m de altura, estimando que estas dimensiones no ocupen demasiado espacio en zonas muy estrechas; los resultados obtenidos mediante software indicaron que la capacidad de infiltración de este diseño alcanza los 1500mm/h con una permeabilidad de 7200 mm/h y una relación de vacíos de 0.25, para caudales máximos que oscilan entre 0.031CMS – 1.058CMS.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

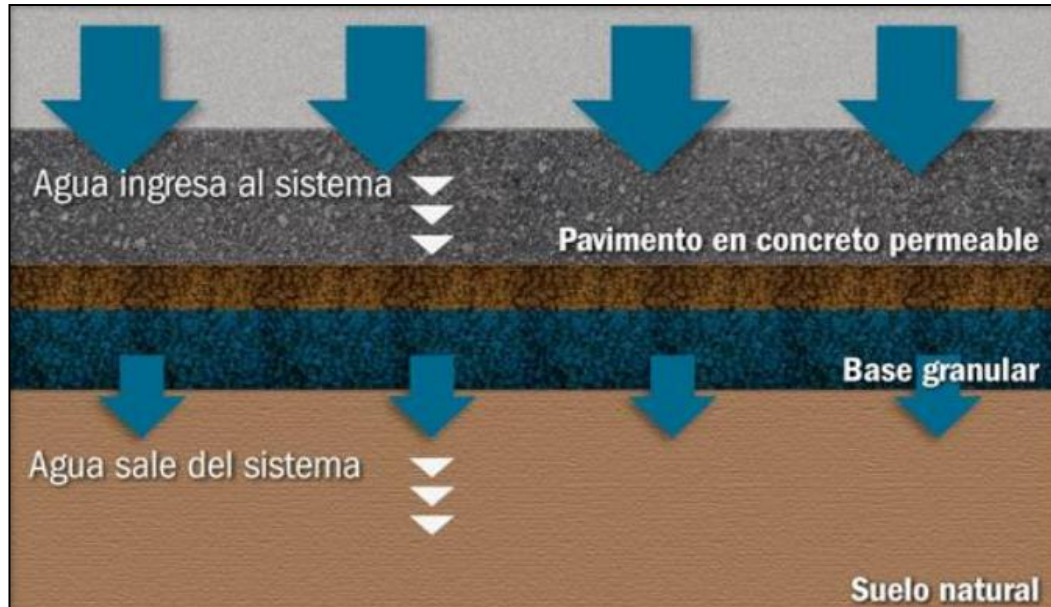
### **2.2.1 CONCRETO PERMEABLE**

Según Abanto (2009):

El concreto permeable es aquel que contiene una cantidad de vacíos interconectados lo cual permite la filtración del agua mediante la masa de concreto, ofreciendo al mismo tiempo una superficie resistente según las necesidades de diseño y, del mismo modo, aplicando una cantidad pequeña de agregado fino en el volumen total. El diseño del concreto permeable está normado según el American Concrete Institut en su publicación ACI 522R (2010), junto a sus propiedades mecánicas esperadas. Por ello, se exponen las dimensiones de la variable dependiente. (p.13)

**Figura 1**

*Esquema del concreto permeable*



*Nota.* Tomado de <http://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-najo-impacto>

Esta tecnología es un poco diferente al concreto tradicional, se trata de una mezcla con un menor contenido de pasta de cemento en la que se controlan cuidadosamente la cantidad de vacíos interconectados.

**Figura 2***Concreto permeable*

*Nota.* En la figura se muestra a un pavimento permeable donde permite el paso del agua por su estructura. Fuente:<https://constructivo.com/noticia/uso-de-concreto-permeable-para-pavimentos-1697748889> (2024)

Esta tecnología se originó en la década de 1970 en Estados Unidos, específicamente en el estado de Florida, debido a las intensas lluvias de la región. El objetivo era desarrollar un pavimento que fuera lo suficientemente resistente para soportar el tránsito vehicular y que, al mismo tiempo, permitiera la infiltración del agua.

Según Castro (2023), director de ingeniería civil en obras civiles de la Universidad del Desarrollo y miembro del Comité 522 de Concreto Permeable del American Concrete Institute (ACI), este desafío surge porque la urbanización tiende a impermeabilizar el entorno: se construyen edificios, veredas, pavimentos y

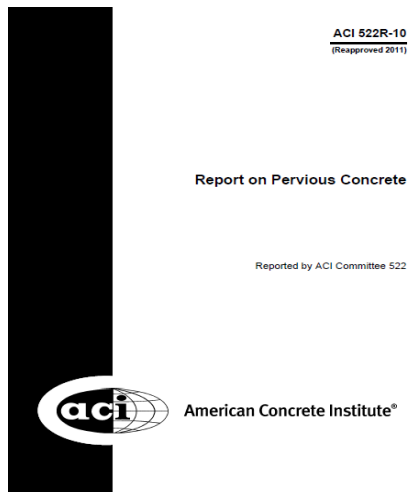
estacionamientos impermeables, mientras las áreas verdes se reducen progresivamente. Como resultado, no solo debemos gestionar el agua que naturalmente escurría, sino también el caudal adicional proveniente de las nuevas superficies impermeables, como techos, pavimentos y veredas.

#### ***2.2.1.1 ACI 522R-10***

El Instituto Americano del Concreto, conocido por brindar información técnica, ofrece conocimientos sobre el uso del concreto permeable, incluyendo métodos de diseño, materiales, propiedades, dosificación de mezclas, técnicas de construcción, pruebas e inspección. El "concreto permeable" generalmente se refiere a un material con una estructura abierta casi nula, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o ningún agregado fino, aditivos y agua. Este tipo de concreto se utiliza para reducir la escorrentía superficial, mejorar la calidad del agua de lluvia y es considerado un material de construcción sostenible.

### Figura 3

*American Concrete Institute*



*Nota.* En la figura se visualiza el manual ACI 522R-10. Fuente: [https://www.academia.edu/80834295/ACI\\_522\\_R10\\_Reported\\_by\\_ACI\\_Committee\\_522\\_Report\\_on\\_Pervious\\_Concrete\\_Reapproved\\_2011\\_](https://www.academia.edu/80834295/ACI_522_R10_Reported_by_ACI_Committee_522_Report_on_Pervious_Concrete_Reapproved_2011_)

#### **2.2.1.2 Propiedades del concreto permeable en estado fresco**

“En este estado el concreto mantiene la principal característica de trabajabilidad, por lo que permite realizar las operaciones de mezclado, transporte, colocación, compactación y acabado” (Mehta. y Monteiro, 2014, p.447).

##### **A. Trabajabilidad**

El concreto permeable en estado fresco tiene una trabajabilidad relativamente baja en comparación con el concreto convencional. Esto se debe a su baja cantidad de agua y a la ausencia de agregado fino, lo que hace que sea más

difícil de manejar y colocar. Sin embargo, debe ser lo suficientemente trabajable para que los vacíos interconectados puedan formarse adecuadamente durante la compactación

#### **B. Densidad**

La densidad del concreto permeable en estado fresco es menor que la del concreto convencional debido a su estructura abierta y la ausencia de agregado fino. La densidad típica puede variar entre 1600 y 2000 kg/m<sup>3</sup>, dependiendo de la mezcla específica y la compactación utilizada. Este valor es considerablemente inferior al de un concreto convencional, que usualmente tiene una densidad de aproximadamente 2400 kg/m<sup>3</sup>.

#### **C. Asentamiento**

El asentamiento del concreto permeable es generalmente muy bajo, a menudo cercano a cero. Esto se debe a la naturaleza de la mezcla, que tiene poca agua y ningún agregado fino para fluir libremente. Un asentamiento bajo es indicativo de la mezcla correcta en el concreto permeable, ya que su objetivo no es la fluidez, sino la creación de vacíos interconectados.

#### **D. Contenido de vacíos**

El contenido de vacíos es una propiedad crítica del concreto permeable, ya que estos vacíos permiten la permeabilidad del material. El contenido de vacíos típicamente varía entre el 15% y el 25%, lo que permite que el agua pase a través del concreto. Este rango de vacíos es crucial para garantizar que el concreto

mantenga su capacidad de permeabilidad mientras proporciona la resistencia estructural necesaria.

### ***2.2.1.3 Propiedades del concreto en estado endurecido***

#### **A. Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión del concreto permeable se determina por la norma ASTM C 39, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) y se obtiene a los 7, 14 y 28 días. La resistencia a la compresión es afectada por el tipo de mezcla del que está compuesto, además, se ve afectada por la compactación de esta. Esta resistencia se ve disminuida gracias al contenido de vacíos que tiene la mezcla. Todo ello se debe al tamaño de agregado, ya que se ha comprobado que el aumento del tamaño del agregado grueso reduce la resistencia a la compresión, por lo que el ACI 522R-10 recomienda utilizar un agregado grueso de una gradación de 3/4" a 3/8".

#### **B. Resistencia a la flexión**

La resistencia a la flexión es otra propiedad mecánica del concreto permeable, lo cual el valor de este es menor al de compresión. Para lo cual radica en medir la resistencia de falla en una viga o losa sin refuerzo y está expresada en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Se puede determinar por los métodos de ensayo ASTM C 78.

#### **C. Permeabilidad del concreto permeable**

La permeabilidad es considerada como la capacidad que tiene el concreto

permeable (en su estado endurecido) para que lo atraviesen fluidos, tal como lo son las precipitaciones. Esta propiedad es posible gracias al tamaño de agregado grueso que contiene en la mezcla. El ensayo se realiza mediante un permeámetro y es el ACI 522R-10 que indica cómo es el procedimiento para obtener resultados acordes al porcentaje de vacíos que contenga la probeta de concreto permeable (Torres, A., Aguayo, F., Gaedicke, C., Nerby, P. Cavazos, M. y Nerby, C., 2020).

#### ***2.2.1.4 Caracterización de los agregados***

Los agregados se dividen en dos categorías, conocidas como agregados gruesos y finos. Se consideran agregados gruesos aquellos que quedan retenidos por el tamiz N4 (4.75 mm), mientras que los agregados finos son aquellos que pasan a través del tamiz N4, para lograr una producción óptima, es importante que los agregados utilizados estén libres de impurezas que puedan afectar las propiedades del concreto, estos tipos de impurezas pueden ser limos, arcillas o materia orgánica, ya que estos elementos pueden disminuir la resistencia y durabilidad de los agregados, afectando potencialmente a la pasta de cemento (Abanto, 2009).

#### **A. Cemento**

El cemento se forma mediante la calcinación de rocas areniscas, calizas y arcilla, resultando en polvos finos que, al entrar en contacto con el agua, adquieren propiedades mecánicas de resistencia, endurecimiento y adherencia.

También, cuando se expone a ciertas cantidades de agua, se transforma en un agente conglomerante que induce el endurecimiento tanto en entornos acuáticos como en el aire (Montejo, 2008).

El cemento portland se utiliza principalmente como un adherente para el concreto permeable, sin embargo, se puede realizar el procedimiento de agregar otros materiales al mismo (Bautista, 2018).

La Norma ACI 522R-10 recomienda diseñar el concreto permeable con valores de resistencia que oscilen entre los 270 y 415 kg/m<sup>3</sup>; esto se debe a que, si bien la adición de materiales cementantes aumenta considerablemente la resistencia, como consecuencia, reduce el porcentaje de vacíos deseado en el diseño (ACI, 2010)

## **B. Agua**

Como elemento esencial en la composición del concreto, el agua desempeña funciones vitales en el proceso de mezclado y curado; representa del 10 al 25 por ciento de cada metro cúbico de mezcla producida, participando en la hidratación que resulta en la formación de la mezcla, dada su importancia como componente, es crucial que el agua no contenga sales, ácidos o materia orgánica que puedan afectar la combinación de la mezcla, contribuyendo así en la eficiencia de su trabajabilidad, el agua, un elemento esencial en la elaboración del concreto, guarda una conexión directa con la resistencia, manejabilidad y fraguado del propio concreto (Abanto, 2009).

### **C. Aditivos**

Los aditivos desempeñan un papel importante en la mejora de las propiedades y características del concreto permeable, y su efecto puede manifestarse tanto en el estado fresco como en el endurecido.

Los reductores de agua, tanto de alto como de mediano rango, son utilizados de acuerdo con la relación agua-cemento (a/c) y deben satisfacer los estándares establecidos por la norma (ASTM C494).

En la aplicación de los aditivos retardantes que cumplen la función de estabilizar y controlar la hidratación del cemento. Estos aditivos son especialmente útiles en mezclas rígidas como el concreto permeable y se emplean con frecuencia en climas cálidos, donde la pérdida de agua puede llegar a ser necesaria. También pueden actuar como lubricantes, lo cual facilita la descarga del concreto desde la mezcladora, en caso que se utilice concreto pre-mezclado y mejora su trabajabilidad. Por otra parte, los aditivos aceleradores se pueden utilizar cuando se implementa concreto permeable en entornos fríos.

En el diseño del concreto permeable, no es común utilizar aditivos incorporadores de aire, sin embargo, se emplean en entornos propensos al ciclo de congelación y deshielo, debiendo cumplir con los estándares especificados en la norma ASTM C260 (ACI, 2010).

### ***2.2.1.5 Resistencia a la compresión***

Los valores típicos de resistencia a la compresión, de acuerdo con la información previa, las resistencias alcanzan aproximadamente 175 kg/cm<sup>2</sup>; en el sitio, la resistencia a la compresión será dependiente del buen estado de los materiales, su calidad, las prácticas de colocación y las condiciones ambientales, de manera análoga a otros tipos de concreto, para mejorar la capacidad de resistencia a la compresión del concreto permeable, es esencial tener en cuenta dos elementos fundamentales: la capacidad de resistir de la pasta y la adhesión entre el agregado y la pasta, esto puede lograrse mediante el uso de agregados gruesos de menor tamaño y/o la incorporación de aditivos o materiales adicionales en la mezcla (Príncipe, 2018).

La resistencia del concreto puede variar en función de varios factores, como los factores que influyen en la proporción de agregados finos, la distribución de tamaños de los agregados gruesos, la división de agua/cemento, la proporción de cemento empleada y el nivel de compactación, existe una relación directa entre la cantidad de vacíos presentes en el concreto y su resistencia: a mayor cantidad de vacíos, menor será la resistencia, y viceversa (Trujillo y Quiroz, 2013).

#### **A. Esfuerzo máximo de carga**

En un procedimiento de pasos, los ensayos realizados y con los resultados obtenidos de laboratorios según Neithalath et al. (2005), se menciona que la única combinación de concreto drenante, compactada con ocho distintos niveles de

esfuerzo, dio como resultado valores de peso en unidades mínimas que oscilaron entre 105 y 120 lb/ft<sup>3</sup> (1680 a 1920 kg/m<sup>3</sup>).

Bajo un contenido constante de pasta, se indica que el contenido de espacios vacíos está influenciado por los esfuerzos de consolidación, la forma y la textura de la fracción del agregado, junto con el coeficiente de uniformidad del agregado, son aspectos que deben tenerse en cuenta.

#### **B. Porcentaje de aire atrapado**

La proporción de aire contenido o atrapado en la mezcla se presenta como un porcentaje en relación con el volumen total, el exceso por defecto del contenido de aire en la mezcla fresca disminuirá considerablemente la resistencia del concreto en estado endurecido, la determinación de la densidad del concreto drenante fresco se puede llevar a cabo según la norma ASTM C1688/C1688M, y esta está directamente vinculada con el contenido de poros de una combinación específica, se han informado dos métodos adicionales que determinan la porosidad del concreto permeable endurecido (Neithalath et al. 2005).

##### ***2.2.1.6 Dosificación***

Se refiere a la designación de las fracciones determinadas por la dosificación propuesta en la interacción de elementos durante el proceso de la creación de un diseño de estructura de concreto. Estas proporciones determinarán mediante las cualidades fundamentales del diseño, incluyendo la resistencia, durabilidad y la

conformidad con los valores normativos que se evaluarán en fases posteriores.

#### **A. Relación de agua/cemento**

La relación agua/cemento (a/c) es un aspecto crucial para llegar a tener las propiedades mecánicas deseadas, es por ello que, debe ser de importante consideración en el diseño del concreto permeable; según lo indica la norma (ACI 522R, 2010), un alto grado de relación a/c ocasionará que la pasta formada fluya entre los agregados, haciendo que los vacíos que dan la propiedad drenante, se obstruyan; consecuentemente, el nivel pequeño de un contenido de a/c puede ocasionar una baja adherencia en la interacción de los agregados y generar inconvenientes en la trabajabilidad.

#### **B. Permeabilidad**

La permeabilidad del concreto es la capacidad de que este material pueda tener la propiedad permeable para que los líquidos (agua, aire o vapor de agua) puedan introducirse a través de este, por infiltración a causa de una diferencia de presión entre las dos superficies de materiales opuestos.

Diversos estudios indican que hay un porcentaje mínimo de vacíos que debe alcanzarse para otorgarle esta propiedad al concreto; por citar un ejemplo, (López, 2010), indica que la cantidad mínima de vacíos debe ser del 15% para lograr una infiltración significativa y la permeabilidad, para considerarse satisfactoria, debe ser medida en un tiempo no menor a 100 segundos.

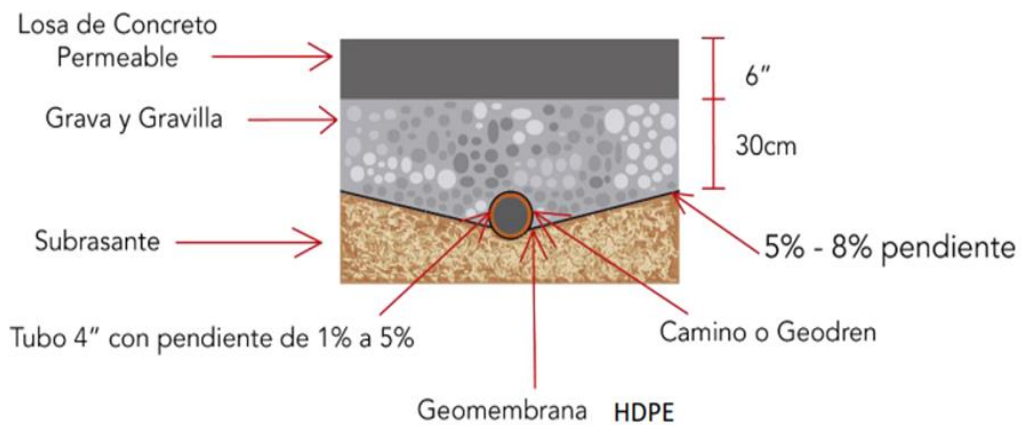
### C. Durabilidad

Es la capacidad del concreto que tiene que enfrentar las consecuencias de los desgastantes externos, cabe resaltar que esto no debe modificar las propiedades que caracterizan a la durabilidad; en el tema del concreto drenante, esta propiedad hace referencia a la capacidad de vida útil que éste puede tener (Pérez, 2017).

Tanesiet al. (2004), contempla que la resistencia de durabilidad debe alcanzarse a 3 factores principales: abrasión, congelamiento-deshielo y sulfatos, y del mismo modo, dependiendo de la exposición al ambiente y de las propiedades deseables.

#### ***2.2.2 DRENAJE PLUVIAL***

Es un sistema que consta de una consolidación correspondiente a un previo diseño, busca asegurar el drenaje del flujo resultante de las lluvias en la cuenca o áreas habitadas, previniendo inconvenientes de comodidad, riesgo y/o daño a los residentes, propiedades, el entorno y las estructuras existentes (REJIGLASS, 2023).

**Figura 4***Esquema drenante del pavimento rígido con concreto permeable*

*Nota.* Bautista (2018), nos muestra un esquema del pavimento rígido drenante o hidráulico.

Un sistema de drenaje pluvial en pavimentos es una red de elementos diseñada para recolectar, transportar y evacuar de manera controlada el agua de lluvia que cae sobre la superficie de una carretera o vía urbana, con el objetivo de mantener la integridad estructural del pavimento y las condiciones de seguridad para los usuarios. Estos sistemas son fundamentales para evitar la saturación de la estructura del pavimento, la erosión de las capas granulares y la formación de baches y hundimientos.

Según la Norma Técnica OS.060 Drenaje Pluvial Urbano del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (2009), “El drenaje pluvial en pavimentos comprende la recolección, transporte y evacuación de las aguas de lluvia a un cuerpo receptor diseñado” (p.8).

#### **2.2.2.1 Colmatación**

En la definición de la colmatación podemos mencionar que este consta de un deterioro experimentado por un sistema de drenaje pluvial, pavimento o estructura vial con características permeables al agua resulta en la acumulación progresiva de polvo y suciedad en sus espacios vacíos, este fenómeno está influenciado por diversos factores, como el tipo de tráfico, las condiciones geográficas, el tipo de mezcla utilizada, entre otros, a lo largo de un período determinado, para prevenir eficazmente la obstrucción total, se requieren fases de limpieza del pavimento drenante, que consisten en la aplicación de un chorro de agua a presión sobre la superficie para arrastrar las impurezas acumuladas, seguido de un proceso de aspiración (Rama, 2013).

#### **A. Precipitaciones**

La precipitación ocurre durante el proceso del agua en la superficie, aumentando su tamaño debido a la cantidad contenida y la fuerza gravitacional al

caer, este fenómeno es esencial para el ciclo del agua, asegurando la continuidad de la vida.

La escorrentía, por otro lado, representa el flujo originado por aguas que se desplazan sobre una superficie después de haber superado la capacidad de evaporación e infiltración, según Pérez (2015), las gráficas de curvas de la escorrentía y la precipitación sobre el área afectada son cruciales para calcular la proporciones y porcentajes de escorrentía en el previo diseño de un aguacero de periodo determinado, es fundamental considerar que la mayoría de las áreas tributarias abarcan superficies tanto permeables como impermeables, siendo las áreas impermeables aquellas como tejados, pavimentos, andenes y patios.

## **B. Tipo de vía**

Los tipos de vías públicas se encuentran:

Según la categoría de espacio, existen:

- Vías de acceso público y uso general, que incluyen la mayoría de las calles, carreteras y áreas verdes.
- Vías de acceso público y uso restringido, como las autopistas de peaje y las concesiones.
- Vías de propiedad privada, pero con acceso público, como las calles internas de una urbanización privada que tiene comercios abiertos al público.
- Vías de propiedad y acceso privado, como las calles dentro de una urbanización privada sin acceso para el público en general.

De acuerdo con su ubicación, las carreteras pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Vía urbana: camino situado dentro de un área urbana, ya sea en un pueblo o ciudad.
- Vía interurbana: ruta que conecta directamente distintos núcleos de población.
- Vía rural: camino que se encuentra en áreas rurales o en el campo.
- Travesía: se refiere a la sección de una carretera que transcurre dentro del área urbana de una población.

### **C. Tipo de mezcla del concreto permeable**

Según Abanto (2009), el concreto permeable es aquel que posee una considerable cantidad de vacíos interconectados en los que el agua pluvial se infiltrará, estos vacíos deben permitir su paso sin generar grandes problemas de obstrucción, de este modo, ofrece al mismo tiempo una superficie resistente según las necesidades de diseño y, del mismo modo, aplicando una cantidad pequeña de agregado fino en el volumen total. El diseño del concreto permeable está normado según el American Concrete Institut en su publicación, junto a sus propiedades mecánicas esperadas.

### **2.2.2.2 *Embalsamiento***

El embalsamiento implica la mejora de las áreas deformadas, la limpieza de las paredes y el fondo a través de la aplicación de presión de aire, la consolidación de la capa del compuesto se lleva a cabo para regularizarla, seguida de su sustitución hasta alcanzar la altura deseada. (Rama, 2013).

#### **A. Secciones transversales de vía**

La capacidad de capturar la cantidad de agua producida por la precipitación especificada es crucial cuando se utiliza un sistema de pavimentación de concreto permeable. Es indispensable considerar la totalidad de la lluvia que se necesita recolectar y drenar, para asegurar que la estructura pueda filtrar efectivamente esta escorrentía, que consta de múltiples capas de materiales de construcción que permiten el paso del agua. Estas capas, junto con la superficie y el terreno de subrasante, contribuyen a la capacidad de carga general necesaria para soportar el tráfico, normalmente de naturaleza más ligera, este requisito está detallado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

#### **B. Sumideros**

De acuerdo con la normativa peruana sobre obras de saneamiento, específicamente la Norma Técnica de Drenaje Pluvial Urbano [OS] 060, se define al drenaje pluvial urbano como un sistema diseñado para captar el escurrimiento,

estratégicamente ubicado con el propósito de interceptar los fluidos concentrados en el área de tránsito peatonal, generalmente localizados en buzones de inspección (OS. 060, 2006).

### **2.2.2.3 Surgencia**

Se trata acerca de la expulsión del agua y partículas suspendidas en un sistema de drenaje pluvial o cualquier estructura convencional que están debajo de una superficie. Este proceso se realiza a través de separaciones o fisuras que ocasionan espacios bajo el contorno superficial, el empuje ocurre cuando las aguas pluviales penetran mediante las pequeñas separaciones o pequeñas fisuras, de esta manera trae como consecuencia los vacíos formados por la flexión de la superficie, lo que resulta en la ruptura, desnivelación y la formación de nuevas fisuras de gran tamaño (Rama, 2013).

#### **A. Desnivel, tipo de grietas**

Los sistemas de drenaje deben proteger las vías de comunicación de los residentes antes los fenómenos de precipitación que puedan suscitarse sobre la localidad, asimismo, en los sistemas de filtración a través de una estructura hidráulica deben apropiados para evacuar el agua generada por una lluvia específica.

Según lo establecido en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del año (2016); es necesario resaltar que, uno de los mayores beneficios de la obtención de un pavimento permeable permitirá sin duda un mejor control del agua de lluvia, evitando así por completo inundaciones en diferentes zonas urbanas.

### **B. Drenaje Urbano Convencional**

La investigación se centró en el drenaje convencional para gestionar el escurrimiento generado por las lluvias, dirigirlo a través de vías, cunetas u otros sistemas de drenaje, y evacuarlo rápidamente mediante una estructura específica, esto garantiza la captación eficiente y elimina cualquier riesgo de inundación, cumpliendo de manera efectiva con los objetivos establecidos en el diseño, además Según Rodríguez y Acosta (2022) , “Un sistema de drenaje convencional incluye cunetas, canales, sumideros y colectores con el propósito de facilitar la circulación segura de personas y vehículos, permitiendo la evacuación rápida del escurrimiento generado por eventos con frecuencia correspondiente al periodo de diseño”( p.24)

### **C. Drenaje Urbano no Convencional**

Para abordar los desafíos relacionados con el drenaje urbano de manera innovadora, se identificaron como sistemas no convencionales, adoptando la perspectiva del desarrollo sostenible, así surgieron lo que podríamos denominar como sistemas no convencionales de drenaje urbano, este enfoque tiene como

objetivo contribuir y extender el período de retención del líquido que botan las lluvias en áreas urbanas, preservando sus características y protegiendo a los ciudadanos de ciertas ciudades llevando los problemas derivados de las fuertes aguas pluviales en los estados actuales y en su diseño de cuánta precipitación ocurre durante el año (Rodríguez y Acosta, 2022).

### **2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS**

1. **CONCRETO PERMEABLE:** concreto que es dotado de vacíos de considerable tamaño, resultando en un insumo altamente drenante que facilita el paso del agua con sencillez y eficiencia.
2. **PAVIMENTO DE CONCRETO DRENANTE:** un pavimento que comprende material con suficientes vacíos continuos para permitir que el agua pase desde la superficie a las capas subyacentes.
3. **ÁREA IMPERMEABLE:** un área cubierta por un material que evita que la precipitación se infiltre en los suelos y recargue los suministros de agua subterránea.
4. **TASA DE PERCOLACIÓN:** la tasa, generalmente expresada en pulgadas por hora o pulgadas por día, a la que el agua se mueve a través del concreto permeable.
5. **POROSIDAD:** el volumen del espacio vacío intersticial abierto y conectado en el concreto permeable.

6. ESCORRENTÍA: agua de lluvia o nieve que no se absorbe en el suelo, sino que fluye sobre superficies menos permeables hacia arroyos y ríos
7. DESMORONAMIENTO: el desgaste de la superficie de concreto causado por el desalojo de partículas de agregado
8. DREN: Canal o conducto utilizado para facilitar el drenaje.
9. DRENAJE: Eliminación del exceso de agua no aprovechable del terreno.
10. DRENAJE URBANO: Sistema de drenaje aplicado en áreas urbanas siguiendo consideraciones urbanísticas.
11. DRENAJE URBANO MAYOR: Sistema de aguas que surgen a partir de las lluvias que evacua caudales infrecuentes, utilizando tanto el sistema de drenaje menor como las pistas urbanas demarcadas por los sardineles que se encuentran en las veredas.
12. CALZADA: Sección del pavimento destinada a servir como superficie de rodadura vehicular.
13. CANAL: Conducción, ya sea abierta o cerrada, diseñada para transportar aguas pluviales.
14. CAPTACIÓN: Estructura que facilita la entrada de aguas de lluvia de aguas fluviales o aguas pluviales.
15. CARGA HIDRÁULICA: Resultado de la adición de las cargas de presión, posición y velocidad.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Este tipo de investigación es aplicada con enfoque experimental porque la investigación se centra en la aplicación práctica de conceptos teóricos para resolver problemas específicos relacionados con el diseño de concreto permeable y la mejora de sistemas de drenaje, donde la investigación aplicada permitirá desarrollar soluciones concretas, mientras que el enfoque experimental permitirá manipular variables y observar resultados directos (Maldonado, 2015)

##### **3.1.2 Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es cuasi-experimental, permite la manipulación de variables en un entorno controlado para observar sus efectos sobre el concreto permeable y el sistema de drenaje, sin requerir la aleatorización completa. Esto es útil para evaluar las propiedades físicas, mecánicas y de rendimiento del concreto permeable, así como para analizar el impacto de diferentes sistemas de drenaje (Hernández et al.,2010).

##### **3.1.3 Nivel de la investigación**

La investigación es exploratoria-explicativo, porque es adecuado para

identificar y definir las variables y dimensiones clave, así como para obtener una comprensión inicial del problema. El nivel explicativo es relevante para investigar las relaciones causales y comprender cómo las variaciones en el diseño del concreto permeable y el sistema de drenaje afectan sus respectivas eficacias y resultados (Maldonado, 2015)

## **3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO**

### **3.2.1 Población**

La población es la totalidad de los elementos como también referencia a unidades de análisis que forman parte del contexto espacial en el cual se lleva a cabo la investigación (Carrasco, 2013).

Las unidades de estudio son las muestras de concreto permeable, es decir, la población estará compuesta por la cantidad de muestras de concreto permeable destinados a su uso en el pavimento rígido con fines de drenaje pluvial, utilizando agregado grueso de gradación al Huso 67.

Criterio de inclusión: Se tomarán en cuenta las probetas de concreto que hayan cumplido con el procedimiento correcto de elaboración y que hayan cumplido con la edad requerida para realizar los ensayos de compresión, flexión y porosidad.

Criterio de exclusión: Se excluirán todos los testigos de concreto permeable

que hayan sido elaborados con malas prácticas y, del mismo modo, aquellos que sobrepasaron su edad requerida para su ensayo específico.

### 3.2.2 Muestra

Carrasco (2013), indica que una muestra se define como una fracción o porción representativa de la población, cuyas características fundamentales incluyen la objetividad y la fiel representación de la población.

Para el desarrollo de la investigación actual, se seleccionaron las muestras siguiendo las directrices establecidas en el Manual de Ensayo de Materiales proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Por ende, la muestra quedará definida como: 25 muestras de concreto permeable

**Tabla 1**

*Diseños de mezcla para el concreto permeable*

<b>DISEÑO 1</b>	Contenido de vacíos de 15%, $a/c=0.27$ , Agregado de Huso 67, 0% de Agregado Fino
<b>DISEÑO 2</b>	Contenido de vacíos de 15%, $a/c=0.27$ , Agregado de Huso 67, 20% de Agregado Fino
<b>DISEÑO 3</b>	Contenido de vacíos de 10%, $a/c=0.27$ , Agregado de Huso 67, 20% de Agregado Fino
<b>DISEÑO 4</b>	Contenido de vacíos de 20%, $a/c=0.27$ , Agregado de Huso 67, 20% de Agregado Fino
<b>DISEÑO 5</b>	Contenido de vacíos de 10%, $a/c=0.27$ , Agregado de Huso 67, 10% de Agregado Fino

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 2***Muestras de concreto permeable consideradas*

<b>DISEÑO</b>	<b>ESPECÍMENES</b>	<b>7 DÍAS</b>	<b>14 DÍAS</b>	<b>28 DÍAS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Diseño 1</b>	PROBETA	1	1	1	3
Vacíos = 15%					
Sin arena	VIGA		1	1	2
<b>Diseño 2</b>	PROBETA	1	1	1	3
Vacíos = 15%					
Con Arena=20%	VIGA		1	1	2
<b>Diseño 3</b>	PROBETA	1	1	1	3
Vacíos = 10%					
Con Arena=20%	VIGA		1	1	2
<b>Diseño 4</b>	PROBETA	1	1	1	3
Vacíos = 20%					
Con Arena=20%	VIGA		1	1	2
<b>Diseño 5</b>	PROBETA	1	1	1	3
Vacíos = 10%					
Con Arena=10%	VIGA		1	1	2

*Nota.* Elaboración propia

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1 Variable dependiente

##### **MEJORA EL SISTEMA DE DRENAJE**

Definición conceptual:

Mejorar el sistema de drenaje implica optimizar las infraestructuras y procedimientos destinados a la evacuación eficiente de aguas pluviales, con el objetivo de prevenir inundaciones y reducir daños en áreas urbanas.

Definición operacional:

La mejora del sistema de drenaje se evaluará mediante la reducción del

tiempo de evacuación del agua en zonas de prueba, la disminución de la frecuencia y severidad de inundaciones, y la eficiencia en la eliminación de agua acumulada tras la implementación de soluciones de drenaje mejoradas.

Dimensión:

- Eficiencia de evacuación de aguas

Indicadores

- Tiempo de evacuación
- Tasa de infiltración de agua (mm/h)
- Volumen de agua acumulada (litros)

### **3.3.2 Variable independiente**

#### **DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE**

Definición conceptual:

El diseño de concreto permeable se refiere al proceso de planificación y creación de mezclas de concreto que permiten la infiltración de agua a través de su estructura, con el objetivo de gestionar el agua de lluvia y reducir la acumulación de agua en superficies pavimentadas.

Definición operacional:

El diseño de concreto permeable se medirá a través de la proporción de agregados, la resistencia a la compresión, y la capacidad de infiltración de agua en muestras de concreto producidas según especificaciones técnicas establecidas en normativas internacionales.

Dimensión:

- Composición del concreto

Indicadores

- Tipo y tamaño de agregado.
- Proporción de cemento
- Relación agua/cemento
- Relación agregado/cemento

Dimensión:

- Propiedades físicas y mecánicas

Indicadores:

- Resistencia a la compresión
- Permeabilidad
- Durabilidad

Dimensión:

- Diseño del pavimento

Indicadores:

- Espesor de la capa
- Diseño de mezcla

**Tabla 3***Operacionalización de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Mejora el sistema de drenaje	Mejorar el sistema de drenaje implica optimizar las infraestructuras y procedimientos destinados a la evacuación eficiente de aguas pluviales, con el objetivo de prevenir inundaciones y reducir daños en áreas urbanas.	Eficiencia de evacuación de aguas	Tiempo de evacuación Tasa de infiltración de agua Volumen de agua acumulada
Diseño de concreto permeable	El diseño de concreto permeable se refiere al proceso de planificación y creación de mezclas de concreto que permiten la infiltración de agua a través de su estructura, con el objetivo de gestionar el agua de lluvia y reducir la acumulación de agua en superficies pavimentadas.	Composición del concreto	Tipo y tamaño de agregado Proporción de cemento Relación agua/cemento Relación agregado/cemento
		Propiedades físicas y mecánicas	Resistencia a la compresión Permeabilidad Durabilidad
		Diseño del pavimento	Espesor de la capa Diseño de mezcla

*Nota.* En la tabla se muestra las dos variables con sus respectivas dimensiones y sus indicadores

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación se centra en la elaboración de muestras experimentales con diversas proporciones de vacíos y tipos de agregado fino. Estos especímenes serán evaluados mediante ensayos destructivos en condiciones de laboratorio para determinar su desempeño. Los resultados obtenidos serán documentados y analizados, y la información se representará gráficamente en tablas y gráficos para ilustrar la variabilidad en la resistencia de los diferentes diseños evaluados.

### **3.4.1 *Materiales***

- Cemento
- Agregados gruesos y finos
- Aditivos plastificantes y minerales
- Agua potable para la mezcla
- Materiales para pruebas y ensayos
- Morteros.
- Muestras de concreto permeable.

### **3.4.2 *Instrumentos***

- Instrumentos para preparación y mezcla: Mezclador de concreto, tamices y balanzas.
- Instrumentos para pruebas de propiedades físicas y mecánicas, prensa de compresión, máquina de flexión y permeabilidad.
- Instrumentos para análisis de estructura y propiedades de los poros.

### **Evaluación de laboratorio**

Se realizó los ensayos y pruebas de laboratorio considerando la fecha de vaciado el 28-10-2024 y la fecha de rotura el 25-11-2024, el equipo de trabajo estuvo conformado por:

- Bach. Rodrigo Jhosep Coila Mamani
- Bach. Kevin Arnold Condori Alejo
- 01 especialista de laboratorio de suelos, concreto y pavimentos de Geoingeniería E.I.R.L.

### **Figura 5**

#### *Investigadores*



Nota. En la figura se muestra la presencia de los investigadores en laboratorio

**Figura 6**

*Preparación de mezcla de concreto*



Nota. En la figura se visualiza el momento de la mezcla de concreto

**Figura 7**

*Elaboración de Briquetas*



Nota. En la figura se muestra la mezcla para la elaboración de concreto

**Figura 8***Briqueta de concreto*

Nota. En la figura se muestra la elaboración de briquetas de concreto

**Figura 9***Prueba de Asentamiento SLUMP*

Nota. En la figura se muestra el ensayo de Slump - Asentamiento

El índice de vacíos es una propiedad geotécnica que relaciona el volumen de vacíos (poros) de un material con el volumen de los sólidos que lo componen. Es una medida de la cantidad de espacio vacío disponible en un material poroso, y se utiliza principalmente en suelos y otros materiales como el concreto permeable para describir su capacidad de almacenamiento de agua.

En el concreto permeable, el índice de vacíos está relacionado directamente con su porosidad y es crucial para determinar su capacidad de drenaje. Un índice de vacíos más alto significa más espacio para el paso del agua, pero puede comprometer la resistencia estructural del concreto.

La permeabilidad es la propiedad de un material que mide su capacidad para permitir el paso de un fluido a través de su estructura porosa bajo la acción de un gradiente de presión. Esta propiedad es fundamental en materiales como suelos, rocas y concretos permeables, ya que determina la facilidad con la que los fluidos (como el agua) pueden moverse a través de ellos.

En el concreto permeable, la permeabilidad es una de las propiedades más importantes, ya que define su desempeño en aplicaciones hidráulicas. Su valor depende de:

- El tamaño y la conectividad de los poros.
- La gradación y el tamaño de los agregados.
- La compactación y el diseño de la mezcla.

Valores típicos: La permeabilidad hidráulica del concreto permeable suele estar en el rango de 2 a 6 mm/s, lo que lo convierte en un material altamente eficiente para el drenaje.

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica fundamental del concreto que mide la capacidad del material para soportar fuerzas de compresión sin fallar. Se determina aplicando una carga progresiva sobre una muestra de concreto (generalmente en forma de cubo o cilindro) hasta que se produce la rotura. Esta propiedad es crucial para asegurar que el concreto cumpla con los requisitos estructurales establecidos en el diseño.

El concreto permeable, debido a su diseño con una alta porosidad (espacios vacíos interconectados), suele tener una resistencia a la compresión menor que el concreto convencional. Sin embargo, esta propiedad sigue siendo importante para asegurar que el material sea adecuado para aplicaciones estructurales que requieren una carga mínima, como pavimentos y superficies de estacionamiento.

**Figura 10**

*Presentación de la briqueta para rotura*



Nota. En la figura se muestra probeta cilíndrica antes de la rotura

**Figura 11**

*Ensayo de rotura de briquetas*



Nota. En la figura se muestra el ensayo de rotura de probetas

### **3.5 ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos recolectados de las probetas serán procesados y analizados para el análisis de la evolución temporal de la resistencia a la compresión.

Se realizará una comparación exhaustiva de las diferentes probetas (25) utilizados en la investigación, explorando la resistencia a la compresión. También se evaluarán los contenidos de vacíos y los coeficientes de permeabilidad, examinando su impacto en la capacidad drenante y la correlación entre vacíos y resistencia a la compresión.

Adicionalmente, se llevará a cabo un análisis del diseño de mezcla por metro cúbico de concreto permeable para determinar la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE ÍNDICE DE VACÍOS.**

El índice de vacíos ( $e$ ), que representa el porcentaje de volumen ocupado por espacios vacíos en relación al volumen total de la muestra, es un parámetro crucial para evaluar la calidad y las propiedades mecánicas del concreto permeable, en este caso. Los resultados de la Tabla 4 considerando las 25 probetas arroja un promedio de  $e = 25.94\%$ , con valores individuales que oscilan entre un mínimo de  $21.95\%$  y un máximo de  $29.15\%$ . El promedio de  $25.94\%$  sugiere que el diseño de la mezcla es adecuado para su propósito, permitiendo un buen drenaje del agua a través de la estructura mientras mantiene una resistencia aceptable.

Las probetas con  $e > 28\%$  podrían presentar mayor permeabilidad, pero menor resistencia estructural, lo cual es aceptable dependiendo del objetivo del diseño.

Las probetas con  $e < 23\%$  indican una mayor densidad, lo que podría comprometer la capacidad de drenaje, pero mejorar la resistencia a compresión.

**Tabla 4**  
*Índice de vacíos*

N° de Probeta	Índice de vacíos						
	D (cm)	H (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )	Vs (cm <sup>3</sup> )	e (%)	
1	14.97	30.13	175.93	5301.36	4168.55	27.18	
2	15.05	30.3	177.89	5390.21	4286.12	25.76	
3	15.08	29.9	178.6	5340.28	4192.36	27.38	
4	14.99	29.73	176.48	5246.72	4215.98	24.45	
5	14.9	30.02	174.37	5234.47	4217.42	24.12	
6	14.98	29.71	176.24	5236.2	4109.78	27.41	
7	15.06	29.95	178.13	5335.03	4231.85	26.07	
8	15.04	29.92	177.66	5315.54	4264.48	24.65	
9	14.97	29.95	176.01	5271.45	4291.92	22.82	
10	14.97	30.13	176.01	5303.13	4270.34	24.19	
11	15.06	30.18	178.13	5376	4287.16	25.40	
12	15.06	29.96	178.13	5336.81	4132.19	29.15	
13	15.1	29.74	179.08	5325.8	4185.34	27.25	
14	14.98	29.87	176.24	5264.4	4270.21	23.28	
15	15.03	29.72	177.42	5272.99	4117	28.08	
16	14.99	30.19	176.48	5327.9	4144	28.57	
17	14.93	29.77	175.07	5211.81	4184	24.57	
18	15.09	29.75	178.84	5320.54	4162	27.84	
19	15.08	29.75	178.6	5313.49	4164	27.61	
20	15.09	29.94	178.84	5354.52	4271	25.37	
21	14.94	29.74	175.3	5213.53	4275	21.95	
22	15.03	29.88	177.42	5301.37	4115	28.83	
23	14.96	30.08	175.77	5287.26	4219	25.32	
24	14.92	30.2	174.83	5280.01	4164	26.80	
25	15	29.79	176.71	5264.33	4229	24.48	
	Promedio						25.94

Nota. Resultados tomados del Informe de laboratorio de Geología & Geotecnia

## **4.2 RESULTADOS DE LA PERMEABILIDAD EN CONCRETO PERMEABLE.**

El coeficiente de permeabilidad ( $k$ ) es un parámetro esencial para evaluar la capacidad del concreto permeable de permitir el flujo de agua a través de su estructura. Los resultados de la Tabla 5, muestran valores individuales que oscilan entre  $k = 0.221$  cm/s y  $k = 0.387$  cm/s, con un promedio de  $k = 0.318$  cm/s. Estos valores están dentro del rango típico para concretos permeables, que suele variar entre 0.2 cm/s y 1.0 cm/s, dependiendo del diseño de mezcla y la gradación de los agregados.

El promedio obtenido ( $k = 0.318$  cm/s) es adecuado para aplicaciones en sistemas de drenaje, como pavimentos permeables en zonas de inundación. Este nivel de permeabilidad permite una infiltración eficiente sin comprometer la estabilidad estructural.

Donde:

Los valores más altos ( $k \geq 0.35$  cm/s) indican un concreto con mayor capacidad de drenaje, ideal para zonas donde se necesita una rápida infiltración de agua.

Los valores más bajos ( $k \leq 0.25$  cm/s) podrían estar asociados con una mayor densidad o una menor conectividad entre los poros, lo que reduce la permeabilidad.

**Tabla 5**  
*Resultados del Coeficiente de permeabilidad*

N° de Probeta	Coeficiente de Permeabilidad							
	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	Ln (h1/h2)	k (cm/seg)
1	15	471.24	471.24	30	27	7.1	0.1054	0.223
2	15	471.24	471.24	30	27	5.12	0.1054	0.309
3	15	471.24	471.24	30	27	4.11	0.1054	0.385
4	15	471.24	471.24	30	27	4.65	0.1054	0.34
5	15	471.24	471.24	30	27	4.71	0.1054	0.336
6	15	471.24	471.24	30	27	4.77	0.1054	0.331
7	15	471.24	471.24	30	27	5.5	0.1054	0.287
8	15	471.24	471.24	30	27	4.98	0.1054	0.317
9	15	471.24	471.24	30	27	5.53	0.1054	0.286
10	15	471.24	471.24	30	27	5.83	0.1054	0.271
11	15	471.24	471.24	30	27	5.91	0.1054	0.267
12	15	471.24	471.24	30	27	4.51	0.1054	0.35
13	15	471.24	471.24	30	27	4.19	0.1054	0.377
14	15	471.24	471.24	30	27	6.63	0.1054	0.238
15	15	471.24	471.24	30	27	4.72	0.1054	0.335
16	15	471.24	471.24	30	27	5.32	0.1054	0.297
17	15	471.24	471.24	30	27	4.4	0.1054	0.359
18	15	471.24	471.24	30	27	7.16	0.1054	0.221
19	15	471.24	471.24	30	27	4.76	0.1054	0.332
20	15	471.24	471.24	30	27	4.08	0.1054	0.387
21	15	471.24	471.24	30	27	4.49	0.1054	0.352
22	15	471.24	471.24	30	27	4.16	0.1054	0.38
23	15	471.24	471.24	30	27	4.47	0.1054	0.354
24	15	471.24	471.24	30	27	4.94	0.1054	0.32
25	15	471.24	471.24	30	27	5.38	0.1054	0.294
								Promedio
								0.318

Nota. Resultados tomados del Informe de laboratorio de Geología & Geotecnia

### 4.3 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Los resultados de resistencia a compresión a 28 días indican que todas las probetas superaron el valor de diseño de  $F'c = 100.0 \text{ kg/cm}^2$ . El rango de resistencia alcanzada varía entre  $107.8 \text{ kg/cm}^2$  y  $119.1 \text{ kg/cm}^2$ , con un promedio de aproximadamente  $113.3 \text{ kg/cm}^2$ , lo que representa un **exceso promedio del 13.3%** en comparación con el valor de diseño. El exceso de resistencia promedio indica que el concreto tiene una buena capacidad de reserva, lo que les proporciona mayor durabilidad frente a posibles deterioros por carga o ambiente.

En la Tabla 6 se visualiza el cumplimiento del diseño, donde todas las probetas cumplieron con el requisito de resistencia, lo que indica un diseño adecuado de la mezcla y un control de calidad eficiente durante el proceso de dosificación, mezclado y curado. También se puede verificar en la tabla, las fallas predominantes son del tipo 5 (falla cónica), que es típica en probetas bien moldeadas y curadas adecuadamente y las fallas del tipo 3 (falla por corte) observadas en algunas probetas que podrían estar asociadas con ligeras irregularidades en la colocación del concreto o la aplicación de la carga durante los ensayos.

Finalmente indicar que la dispersión de los valores es moderada, con una diferencia de  $11.3 \text{ kg/cm}^2$  entre el valor máximo y el mínimo. Esto refleja una consistencia aceptable en el proceso de fabricación y ensayo.

**Tabla 6***Resultados de la Resistencia a la compresión*

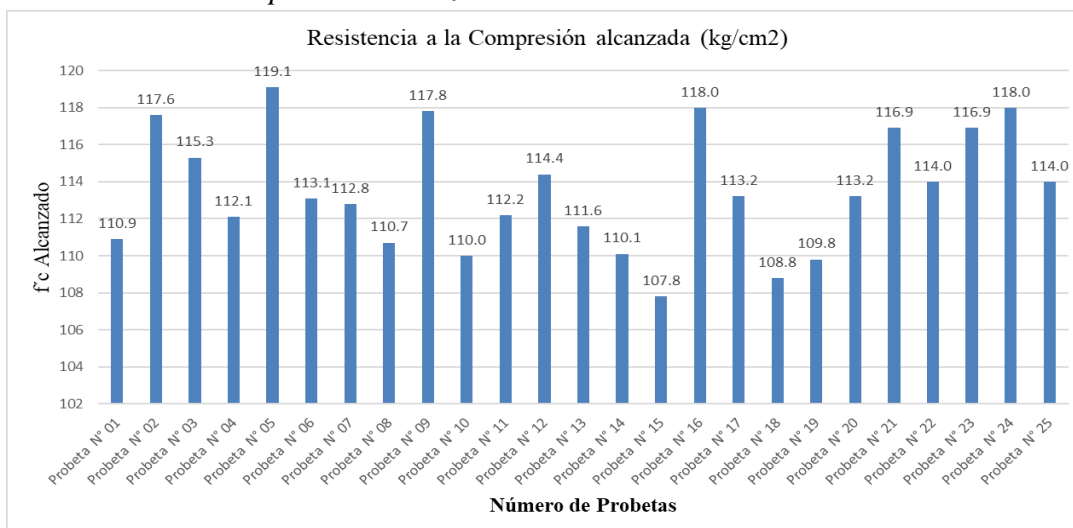
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	F'c alcanzada (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
1	Probeta N°01	28/10/2024	25/11/2024	28	110.9	100.0	3
2	Probeta N°02	28/10/2024	25/11/2024	28	117.6	100.0	5
3	Probeta N°03	28/10/2024	25/11/2024	28	115.3	100.0	5
4	Probeta N°04	28/10/2024	25/11/2024	28	112.1	100.0	5
5	Probeta N°05	28/10/2024	25/11/2024	28	119.1	100.0	5
6	Probeta N°06	28/10/2024	25/11/2024	28	113.1	100.0	3
7	Probeta N°07	28/10/2024	25/11/2024	28	112.8	100.0	5
8	Probeta N°08	28/10/2024	25/11/2024	28	110.7	100.0	5
9	Probeta N°09	28/10/2024	25/11/2024	28	117.8	100.0	5
10	Probeta N°10	28/10/2024	25/11/2024	28	110.0	100.0	5
11	Probeta N°11	29/10/2024	26/11/2024	28	112.2	100.0	5
12	Probeta N°12	29/10/2024	26/11/2024	28	114.4	100.0	5
13	Probeta N°13	29/10/2024	26/11/2024	28	111.6	100.0	3
14	Probeta N°14	29/10/2024	26/11/2024	28	110.1	100.0	5
15	Probeta N°15	29/10/2024	26/11/2024	28	107.8	100.0	5
16	Probeta N°16	29/10/2024	26/11/2024	28	118.0	100.0	3
17	Probeta N°17	29/10/2024	26/11/2024	28	113.2	100.0	5
18	Probeta N°18	29/10/2024	26/11/2024	28	108.8	100.0	5
19	Probeta N°19	29/10/2024	26/11/2024	28	109.8	100.0	5
20	Probeta N°20	29/10/2024	26/11/2024	28	113.2	100.0	5
21	Probeta N°21	30/10/2024	27/11/2024	28	116.9	100.0	3
22	Probeta N°22	30/10/2024	27/11/2024	28	114.0	100.0	5
23	Probeta N°23	30/10/2024	27/11/2024	28	116.9	100.0	5
24	Probeta N°24	30/10/2024	27/11/2024	28	118.0	100.0	5
25	Probeta N°25	30/10/2024	27/11/2024	28	114.0	100.0	5

Nota. Resultados tomados del Informe de laboratorio de Geología &amp; Geotecnia

La figura 12 muestra las resistencias a la compresión alcanzadas por cada una de las probetas ensayadas a 28 días, con valores que oscilan entre 107.8 kg/cm<sup>2</sup> y 119.1 kg/cm<sup>2</sup>, superando consistentemente el  $F'c$  de diseño de 100 kg/cm<sup>2</sup>. Los valores reflejan un buen desempeño del concreto, con una variabilidad moderada y una tendencia general hacia resistencias superiores, lo que indica un control adecuado en el proceso de fabricación y curado. Los puntos más altos (Probetas N°05, N°09, N°16 y N°24) muestran una capacidad adicional significativa, mientras que los valores más bajos (Probetas N°15 y N°18) se encuentran dentro de los límites aceptables, pero sugieren monitorear posibles variaciones en el manejo del concreto. La uniformidad en los resultados y el cumplimiento del diseño evidencian la calidad del material y el proceso constructivo.

**Figura 12**

*Resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días*

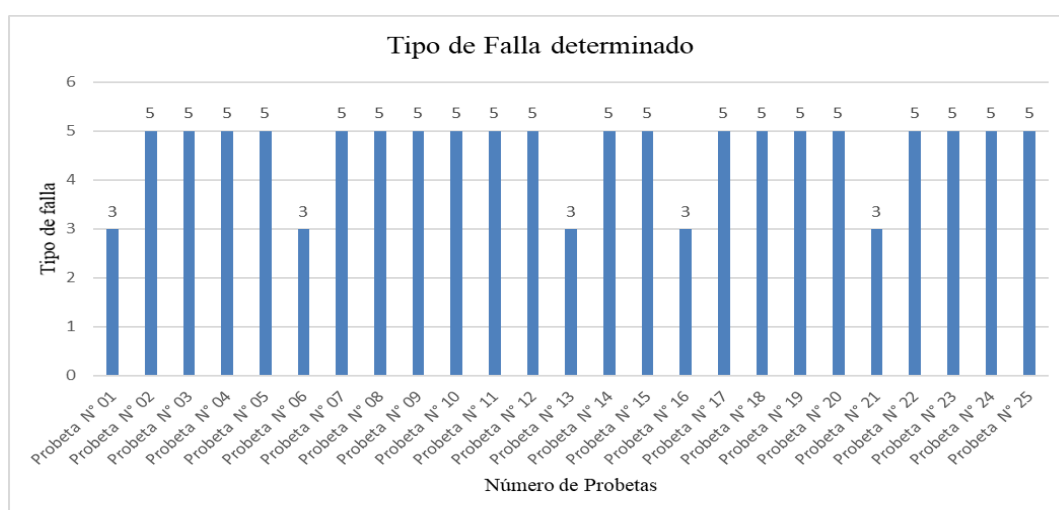


Nota. En la figura se visualiza el comportamiento de la resistencia en las 25 probetas analizadas.

La Figura 13 presenta el tipo de falla determinado en las probetas de concreto tras el ensayo de compresión. La mayoría de las probetas exhiben un tipo de falla clasificado como "5", correspondiente a un patrón de fractura típico y controlado, lo cual indica un buen comportamiento estructural del concreto bajo carga. Sin embargo, algunas probetas (N°01, N°06, N°13, N°16 y N°21) presentan un tipo de falla "3", que podría asociarse a fracturas menos uniformes o asimétricas, posiblemente influenciadas por variaciones en la homogeneidad del material, defectos en el curado o condiciones externas durante el ensayo. La predominancia del tipo "5" refuerza la calidad del diseño y ejecución del concreto, mientras que las fallas "3" sugieren una revisión puntual de los procedimientos para garantizar mayor consistencia en el desempeño del material

### Figura 13

*Tipo de falla determinado por probetas*



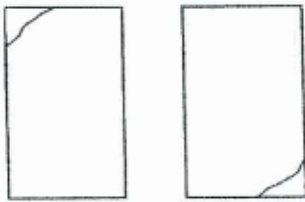
Nota. En la figura se muestra el tipo de falla determinado en cada probeta

**Figura 14**  
*Falla Tipo 3*



Nota. En la figura se visualiza las grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados

**Figura 15**  
*Falla Tipo 5*



Nota. En la figura se visualiza las fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado. Tomado de la norma NTP 339.034

#### **4.4 DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PERMEABLE.**

Para el diseño de mezcla del concreto permeable, se calcularon las proporciones de materiales considerando la relación agua/cemento de 0.3, un volumen total de 1 m<sup>3</sup> y las propiedades de los agregados. Se determinó que la pasta cementante constituye el 28% del volumen total, equivalente a 0.28 m<sup>3</sup>, mientras que los finos representan el 8%, es decir, 0.08 m<sup>3</sup>. El volumen restante, 0.64 m<sup>3</sup>,

corresponde al agregado grueso. A partir de estos valores, se establecieron las cantidades de cemento y agua necesarias, resultando en 215.4 kg de cemento y 64.62 kg de agua, ajustados según la densidad específica de los materiales.

Las cantidades de agregados se calcularon utilizando sus pesos unitarios compactados y específicos. Para el agregado grueso, se requirieron 1176.32 kg, y para los finos, 129.2 kg. Además, se incorporaron ajustes por absorción y humedad, sumando o descontando agua según las propiedades de cada agregado. Este diseño asegura un equilibrio entre permeabilidad y resistencia, optimizando su aplicación en sistemas de drenaje en zonas de inundación.

La presentación de los resultados detalla cada paso para garantizar la reproducibilidad y precisión del diseño.

#### ***4.4.1 Datos iniciales:***

1. **Volumen total de concreto:** 1.00 m<sup>3</sup>
2. **Relación agua/cemento (a/c):** 0.30
3. **Proporción de finos:** 8.00%
4. **Proporción de pasta cementante:** 28%
5. **Densidades:**
  - Cemento: 2.85 g/cm<sup>3</sup> = 2850kg/m<sup>3</sup>
  - Agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>

## 6. Resultados de agregados:

### ○ Agregado grueso:

- Peso específico:  $2.673 \text{ g/cm}^3 = 2673 \text{ kg/m}^3$
- Peso unitario compactado:  $1.838 \text{ g/cm}^3 = 1838 \text{ kg/m}^3$
- Absorción: 1.02%
- Humedad: 0.74%

### ○ Agregado fino:

- Peso específico:  $2.647 \text{ g/cm}^3 = 2647 \text{ kg/m}^3$
- Peso unitario:  $1.615 \text{ g/cm}^3 = 1615 \text{ kg/m}^3$
- Absorción: 1.59%
- Humedad: 1.48%

### 4.4.2 Cálculos para dosificación:

#### 1. Volumen de pasta cementante:

$$\text{Volumen de pasta cementante} = 28\% \times 1.00 \text{ m}^3 = 0.28 \text{ m}^3$$

#### 2. Volumen de finos:

$$\text{Volumen de finos} = 8\% \times 1.00 \text{ m}^3 = 0.08 \text{ m}^3$$

#### 3. Volumen de agregado grueso:

El volumen del agregado grueso se calcula como el volumen restante después de descontar los volúmenes de pasta y finos:

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 1.00 - (0.28 + 0.08) = 0.64 \text{ m}^3$$

**4. Cálculo de cemento:**

Relación agua/cemento (a/c) = Agua / Cemento

Cemento= Agua/ a/c

La cantidad de agua se calcula considerando el volumen de la pasta cementante y el peso específico del cemento:

Volumen de agua en la pasta =  $0.28 \text{ m}^3 \times 0.3 / 1.3 = 0.06462 \text{ m}^3$

Agua =  $0.06462 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 64.62 \text{ kg}$

Cálculo del cemento:

Cemento =  $64.62 \times 0.3 = 215.4 \text{ kg}$

**5. Agregado grueso:**

Peso del agregado grueso=Volumen de agregado grueso×Peso unitario compactado

Peso del agregado grueso =  $0.64 \text{ m}^3 \times 1838 \text{ kg/m}^3 = 1176.32 \text{ kg}$

**6. Agregado fino (finos):**

Peso del agregado fino = Volumen de finos × Peso unitario

Peso del agregado fino =  $0.08 \text{ m}^3 \times 1615 \text{ kg/m}^3 = 129.2 \text{ kg}$

**4.4.3 Resumen de la dosificación final:**

La Tabla 7 presenta las cantidades de materiales utilizadas para elaborar una mezcla de concreto. La proporción de cemento (215.4 kg) y agua (64.62 kg) indica una relación agua/cemento de aproximadamente 0.3, lo que sugiere un diseño dirigido a obtener un concreto de alta resistencia con adecuada porosidad. El

agregado grueso (1176.32 kg) constituye la mayor proporción del total, lo cual es típico para asegurar la estabilidad volumétrica y resistencia del concreto. Por otro lado, el agregado fino (129.2 kg) representa un menor porcentaje, indicando una mezcla con tendencia a reducir la trabajabilidad, pero que probablemente busca mejorar la adherencia entre los componentes. Esta distribución de materiales sugiere un diseño optimizado para aplicaciones estructurales donde la resistencia y durabilidad son primordiales, aunque podría requerir aditivos para mejorar la trabajabilidad si fuera necesario.

### **Tabla 7**

*Dosificación final del concreto permeable*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	215,4 kg
Agua	64,62 kg
Agregado grueso	1176,32 kg
Agregado fino (finos)	129,2 kg

Nota. En la tabla se muestra los valores finales del diseño de mezcla del concreto permeable de alta resistencia con adecuada porosidad.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CONCRETO PERMEABLE.**

Los resultados del índice de vacíos muestran un promedio de 25.94%, con un rango que va desde 21.95% hasta 29.15%. Este promedio indica que la mezcla diseñada es adecuada para permitir un drenaje efectivo, lo cual es fundamental en aplicaciones donde se requiere la gestión del agua, como pavimentos permeables en zonas propensas a inundaciones. Las probetas con índices superiores a 28% podrían ofrecer una mayor permeabilidad, aunque a expensas de una menor resistencia estructural, lo que puede ser aceptable dependiendo del uso específico del concreto. Por otro lado, los valores por debajo del 23% sugieren una mayor densidad, lo que podría comprometer la capacidad de drenaje, pero mejorar la resistencia a compresión

El coeficiente de permeabilidad promedio obtenido fue de 0.318 cm/s, dentro del rango típico para concretos permeables (0.2 cm/s a 1.0 cm/s). Este nivel permite una adecuada infiltración de agua, lo que es esencial para sistemas de drenaje efectivos. Los valores más altos ( $k \geq 0.35$  cm/s) son indicativos de un concreto que puede manejar un flujo rápido de agua, mientras que los más bajos ( $k \leq 0.25$  cm/s)

podrían señalar problemas como mayor densidad o menor conectividad entre poros

Las probetas mostraron una resistencia a compresión promedio de 113.3 kg/cm<sup>2</sup>, superando el valor mínimo requerido ( $F'c = 100$  kg/cm<sup>2</sup>) por un margen significativo del 13.3%. Esto sugiere que el concreto no solo cumple con los estándares establecidos, sino que también tiene una reserva adicional de resistencia que puede contribuir a su durabilidad frente a cargas y condiciones ambientales adversas. La predominancia del tipo de falla "5" en las probetas indica un buen comportamiento estructural bajo carga, mientras que algunas fallas tipo "3" sugieren la necesidad de revisar ciertos aspectos del proceso constructivo para mejorar la homogeneidad del material

### **Tabla 8**

#### *Resumen de resultados*

	e (%)	k (cm/seg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Índice de vacíos	25,94		
Permeabilidad		0,318	
Resistencia a la compresión			113,30

Nota. En la tabla se muestra el ponderado de los resultados del índice de vacíos, permeabilidad y la resistencia a la compresión.

En conclusión, los resultados obtenidos destacan el buen desempeño del concreto permeable analizado, evidenciando propiedades óptimas para su aplicación en sistemas de drenaje eficientes. La adecuada relación entre el índice de vacíos, el coeficiente de permeabilidad y la resistencia a compresión respalda su potencial como una solución eficaz para abordar los desafíos asociados con la gestión del agua en áreas urbanas.

Dichos resultados concuerdan con lo determinado por Qi, B., et al (2023), donde se demuestra que el hormigón permeable, clave para mejorar el drenaje urbano y promover ciudades esponja, se optimiza con agregado de caucho. En Hunan, un diseño con relación agua-cemento 0.3, porosidad 15% y 15% de caucho (16 mallas) mostró mayor eficiencia al filtrar contaminantes, ofreciendo beneficios ecológicos, económicos y reduciendo costos en construcción sostenible.

De forma similar existe concordancia con los resultados encontrados por Xiao, Q. et al (2023), donde indican que el hormigón permeable, con alta porosidad y buena permeabilidad, reduce la escorrentía superficial, mitiga inundaciones urbanas y aporta beneficios como la recarga de acuíferos, purificación del agua y disminución del efecto isla de calor. Sin embargo, su resistencia se ve afectada. Este estudio analiza cómo el tamaño del agregado, la relación pasta-agregado y el coeficiente de pavimento suelto impactan sus propiedades mecánicas y

permeabilidad. Mediante un modelo numérico de elementos discretos, se simuló eficazmente su comportamiento, incluyendo grietas y fallos bajo compresión, con un error inferior al 3%.

También existe concordancia con los resultados obtenidos por Huang, J. et al (2020), quienes concluyen que, para optimizar el hormigón permeable en pavimentos, es esencial equilibrar su permeabilidad y resistencia a la compresión. Un estudio con 56 muestras mostró que el agregado de Dolerita ofreció mejor desempeño que el granito. Las condiciones ideales incluyeron una porosidad del 18% y relación agua/cemento de 0,25. El humo de sílice al 6% mejoró la resistencia y permeabilidad significativamente.

También existe concordancia con los resultados obtenidos por Toro, L. y Cayón, L. (2021), donde concluyeron que los pavimentos de baja impermeabilidad ofrecen soluciones integrales al desarrollo urbano de bajo impacto. El concreto permeable, usado como sistema de drenaje, conserva las condiciones hidrológicas locales. En países como Panamá, México y Estados Unidos, ya se ha aplicado en proyectos viales, como estacionamientos y tramos de vías urbanas, demostrando su eficacia en estas áreas.

De forma similar existe concordancia con los resultados encontrados por

Beltrán, A. y Villalba, S. (2020), quien concluye que el objetivo de la investigación fue determinar la dosificación óptima de concreto permeable con fibra de vidrio. Para ello, se comparó este material con el concreto convencional. La dosificación del concreto permeable incluyó agua, cemento, agregado grueso y fibra de vidrio AR, excluyendo el agregado fino. Los resultados mostraron que la inclusión de fibra de vidrio aumenta la resistencia del concreto permeable en comparación con su versión sin fibra, siendo ambas resistencias adecuadas para aplicaciones en vías urbanas.

Finalmente, en concordancia con los resultados encontrados por Guizado, B. et al (2017), quienes concluyen indicando que el estudio abordó el concreto permeable como una solución eficiente para el drenaje de aguas pluviales en vías, evaluando su desempeño estructural e hidráulico en 15 mezclas. Siguiendo las normas ACI 522R-10 y ASTM, se probaron combinaciones con vacíos del 15%, 17% y 19%, agregado grueso de 6/8" y 6/16", y relaciones agua/cemento entre 0.0 y 0.1. La mezcla más eficaz (M-H8-ang-19.5%-ar) alcanzó 0.7 cm/seg de permeabilidad, 19.5% de vacíos, 428 kg/m<sup>3</sup> de cemento y resistencias de 3.6 MPa a flexión y 22.2 MPa a compresión a 28 días.

## CONCLUSIONES

1. La investigación concluye que el diseño de una mezcla adecuada de concreto permeable es fundamental para optimizar su rendimiento en la infiltración de agua y la resistencia estructural donde se identificó que las proporciones específicas de los componentes influyen directamente en la eficacia del drenaje.
2. El concreto permeable demostró ser más efectivo en la infiltración de agua en comparación con materiales de pavimentación convencionales, lo que respalda su uso como solución viable para mejorar el sistema de drenaje en zonas propensas a inundaciones en Tacna. El índice de vacíos promedio obtenido (25.94%) confirma que el concreto diseñado cumple con las especificaciones esperadas para aplicaciones en sistemas de drenaje, como el planteado en zonas de inundación.
3. El coeficiente de permeabilidad obtenido confirma que el concreto diseñado cumple con los requisitos para aplicaciones de drenaje en zonas de inundación, donde el promedio de  $k=0.318$  cm/s refleja un equilibrio entre permeabilidad y resistencia, lo que es ideal para estas condiciones, lo que contribuye a mitigar los efectos negativos de las inundaciones y mejora la seguridad vial.
4. Los resultados de la resistencia a la compresión de  $113,30$  kg/cm<sup>2</sup> confirman

que el concreto cumple con los requisitos estructurales establecidos en el diseño, con un desempeño uniforme y resistencia superior al valor especificado, donde las pruebas realizadas revelaron que el concreto permeable, con diferentes proporciones de mezcla, mantiene propiedades mecánicas adecuadas, lo que lo hace apto para su uso en pavimentos urbanos sin comprometer su durabilidad.

5. Se definieron criterios precisos para la implementación del Diseño de Mezclas del concreto permeable, estableciendo una dosificación final que incluye 215,4 kg de cemento, 64,62 kg de agua, 1176,32 kg de agregado grueso y 129,2 kg de agregado fino. Este enfoque refleja un compromiso con la producción de un concreto de alta resistencia y durabilidad, siendo estas directrices fundamentales para garantizar su eficacia y sostenibilidad a largo plazo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al Gobierno Regional de Tacna, a la Municipalidad Provincial de Tacna y a las Municipalidades distritales utilicen y ajusten el diseño de mezcla identificado (215,4 kg de cemento, 64,62 kg de agua, 1176,32 kg de agregado grueso y 129,2 kg de agregado fino) en proyectos de pavimentación urbana, priorizando zonas con alta incidencia de inundaciones.
2. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna y Municipalidades distritales considerar el concreto permeable como una alternativa prioritaria en sistemas de drenaje urbano en Tacna y otras regiones propensas a inundaciones, debido a su excelente capacidad de infiltración y su impacto positivo en la mitigación de riesgos hídricos.
3. Se sugiere a la Municipalidad Provincial de Tacna y municipalidades distritales implementar programas de evaluación en campo para verificar que los valores de permeabilidad y resistencia a compresión se mantengan dentro de los estándares esperados, garantizando un desempeño óptimo en el tiempo.

4. Se recomienda a los desarrolladores urbanos y planificadores de la Municipalidad Provincial de Tacna y municipalidades distritales considerar la implementación del concreto permeable como una alternativa efectiva para mejorar la gestión del drenaje pluvial y la sostenibilidad urbana.
  
5. Se recomienda a las empresas constructoras incorporar este diseño de mezcla en proyectos de calles, estacionamientos y áreas verdes, fomentando soluciones innovadoras y ambientalmente responsables, por otro lado recomendar a las personas naturales optar su uso en espacios privados, como cocheras y patios, promoviendo la sostenibilidad desde entornos residenciales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OS.060, N. (2019). *Drenaje Pluvial urbano*. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.
- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Editorial San Marcos. doi:ISBN 978-612-315-463-9
- ACI. (2010). *ACI Commitee 522. Report on pervious concrete*. Farmington Hills, MI.: American Concrete Institute. doi:pp. 1-38
- ASTM C494. (s.f.). *American Society for Testing Materials. ASTM C494 . Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. .*
- Bautista, A. (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable para la evaluación de aguas pluviales según norma ACI 522R-10*. Universidad San Martín de Porres. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12727/4928>
- Beltrán, A. y Villalba, S. (2020). *Diseño de mezcla para concreto permeable con fibra de vidrio*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. doi:<http://hdl.handle.net/11349/25180>
- Campos, A. e Irigoín, I. (2020). Deterior prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota. *Ciencia Nor(a)ndina*, 2(2), 96-105. doi:10.37518/2663-6360X2020v2n2p96

- Carrasco, S. (2013). *Metodología de la investigación científica*. Editorial San Marcos-Perú.
- Castro, J. (2023). *Uso de concreto permeable para pavimentos*. Concrete del American Concrete Institute (ACI),.
- Flores, C. y Pacompia, I. (2015). *Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos  $F'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno*. Universidad del Altiplano. doi:<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2230>
- Guizado, B., Agneth, X., Curi, G. y Elvis, R. (2017). *Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú. doi:<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/147182>
- Guzmán, L. (2016). *Concreto permeable, ventajas y desventajas su uso en vías urbanas de bajo tránsito, en comparación con el concreto hidropaulico convencional como solución a los problemas de inundaciones en zonas aledañas al humedal de Jaboque, localidad de Engativá*. Universidad Militar Nueva Granada. doi:<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15662>

Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Huang, J., Luo, Z. y Khan, M. (2020). Impacto del tipo y tamaño de agregado y de los aditivos minerales en las propiedades del hormigón permeable: una investigación experimental. *Construcción y materiales de construcción*, 265(120759). doi:<https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.120759>

López, E. (2010). *Control del concreto en obra*. ICG Instituto de la Construcción y Gerencia.

Maldonado, J. (2015). *La metodología de la Investigación, fundamentos*. Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras, p. 38.

Mehta, P. y Monteiro, P. (2014). *Hormigón: microestructura, propiedades y materiales*. McGraw-Hill Education. doi:<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071797870>

Mendoza, E. y Ospina, J. (2018). *Mezcla de concreto permeable como parte de la estructura del pavimento rígido, aplicado a vías de tráfico medio*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. doi:<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14127>

- Mero, E. y Pico, C. (2024). Estudio de caso sobre la evaluación del sistema de drenaje pluvial en la Calle El Oro y Avenida Manta de la Ciudad de Montecristi. *Ciencia latina Revista Multidisciplinar*, 8(1), 7027-7048. doi:10.37811/cl\_rcm.v8i1.10057
- Montejo, A. (2008). *Ingeniería de pavimentos*. Universidad Católica de Colombia.
- Morquencho, A. (2021). *Diseño de un concreto permeable para mejorar el drenaje pluvial en pavimentos de la calle Lima - Piura 2021*. Universidad César Vallejo. doi:https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84540
- Neithalath, N., Weiss, J. y Olek, J. (2005). Modeling the effects of pore structure on the acoustic absorption of Enhanced Porosity Concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology, Japan Concrete Institute*, 3(1).
- Oviedo, I., Pradena, M., Link, Ó., & Balbo, J. . (2022). Uso de puzolanas naturales para sustituir parcialmente el cemento en hormigones permeables: ¿una alternativa sostenible? *Sustainability*, 14(21), 1-17. doi: https://doi.org/10.3390/su142114122
- Pérez, J. (2017). *Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable*.

Universidad Privada del Norte.

doi:<http://hdl.handle.net/11537/12351>

Príncipe, M. (2018). *Comportamiento del concreto permeable con 20% de vacios utilizando agregado grueso de tres canteras - Huaraz.*

Universidad de San Pedro.

doi:<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7952>

Qi, B., Gao, S. y Xu, P. (2023). La aplicación de una mezcla de hormigón permeable combinado con agregado de caucho en la construcción de ciudades esponja. *Recubrimientos*, 13(1), 1-14.

doi:<https://doi.org/10.3390/coatings13010087>

Rama, F. (2013). *Manual de conservación de los pavimentos en la red viaria urbana.* España: Manual de conservación de los pavimentos en la red viaria urbana. doi:ISBN: 9788492970476

REJIGLASS. (30 de Mayo de 2023). *Drenaje pluvial.* Obtenido de Drenaje pluvial: <https://rejiglass.com.mx/drenaje-pluvial/>

Rodriguez, J. y Acosta, M. (2022). *Análisis de sistemas urbanos de drenaje sostenible para la reutilización del agua lluvia en la facultad tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas .* Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Tanesi, J., Kosmatka, S., Kerkhoff, B. y Panarese, W. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto.* Portland Cement Association.

- Ticahuanca, J. (2022). *Diseño de un sistema de drenaje pluvial sostenible en dos asociaciones de vivienda del distrito Gregorio Albarracín, Tacna, 2022*. Universidad Privada de Tacna. doi:<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2469>
- Toro, L. y Cayón, L. (2021). *Análisis de pavimentos permeables como solución alternativa al problema de inundaciones en la calle 22 y la carrera 5 de la ciudad de Santa Marta, la calle 17 y la 12 en Barranquilla y la calle 1 de Valledupar entre los años 2015-2021*. Universidad Cooperativa de Colombia. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12494/34755>
- Torres, A., Aguayo, F., Gaedicke, C., Nerby, P. Cavazos, M. y Nerby, C. (2020). Desarrollo de mezclas de hormigón permeable de alta resistencia con materiales locales. *Revista de ciencia de materiales e ingeniería química*, 8(1), 20-34. doi:10.4236/msce.2020.81003
- Trujillo, A. y Quiroz, D. (2013). *Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano*. Pontificia Universidad Javeriana. doi:<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11174?locale-attribute=pt>.
- Xiao, Q., Hu, X., Li, X., Zhang, G. y Zhao, J. (2023). Estudio sobre las propiedades mecánicas básicas y simulación del método de

elementos discretos del hormigón permeable. *Sustainability*, 15(18), 1-30. doi:<https://doi.org/10.3390/su151813310>

Yu, F., Sun, D., Wang, J. y Hu, M. . (2019). Influencia del tamaño de los agregados en la resistencia a la compresión del hormigón permeable. *Construcción y materiales de construcción*, 209, 463-479. doi:<https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.03.140>

## ANEXO I. – MATRIZ DE CONSISTENCIA

## DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN, TACNA - 2024

Definición del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Tipo de Investigación</b>
¿Cómo el diseño de concreto permeable puede mejorar el sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?	Diseñar una mezcla de concreto permeable para mejorar el sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024.	El diseño de concreto permeable puede mejorar significativamente el sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024.	DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE <b>Dimensión:</b> Composición del concreto	Aplicado con enfoque experimental
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Indicadores:</b>	<b>Nivel de Investigación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la efectividad del concreto permeable en la infiltración de agua en comparación con otros materiales de pavimentación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024?</li> <li>¿Qué impacto tiene el uso de concreto permeable en la reducción de la acumulación de agua en superficie para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?</li> <li>¿Cómo varían las propiedades mecánicas del concreto permeable con diferentes proporciones de mezcla para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?</li> <li>¿Qué criterios deben considerarse para la implementación del diseño de mezcla del concreto permeable como alternativa para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna - 2024?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar la efectividad del concreto permeable en la infiltración de agua en comparación con otros materiales de pavimentación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> <li>Analizar el impacto del uso de concreto permeable en la reducción de la acumulación de agua en superficie para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> <li>Determinar las propiedades mecánicas del concreto permeable con diferentes proporciones de mezcla para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> <li>Establecer los criterios para la implementación del diseño de mezcla del concreto permeable como alternativa para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El concreto permeable es más efectivo en la infiltración de agua que otros materiales de pavimentación en zonas de inundación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> <li>El uso de concreto permeable reduce significativamente la acumulación de agua en superficie en zonas de inundación para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> <li>Las propiedades mecánicas del concreto permeable varían significativamente con diferentes proporciones de mezcla para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> <li>Existen criterios específicos que permiten el diseño de mezcla del concreto permeable como alternativa para la mejora del sistema de drenaje en zonas de inundación, Tacna – 2024.</li> </ul>	<b>Indicadores:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo y tamaño de agregado</li> <li>Proporción de cemento</li> <li>Relación agua/cemento</li> <li>Relación agregada/cemento</li> </ul>	Exploratoria - explicativa
			<b>Variable dependiente</b>	<b>Diseño de Investigación</b>
			MEJORA EL SISTEMA DE DRENAJE <b>Dimensión:</b> Eficiencia de evacuación de aguas	Cuasi - experimental
			<b>Indicadores:</b>	<b>Población</b>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de evacuación</li> <li>Tasa de infiltración de agua</li> <li>Volumen de agua acumulada</li> </ul>	Las unidades de estudio son las muestras de concreto permeable, es decir, la población estará compuesta por la cantidad de muestras de concreto permeable destinados a su uso en el pavimento rígido con fines de drenaje pluvial, utilizando agregado grueso de gradación al Huso 67.
				<b>Muestra</b>
				La muestra quedará definida como: 25 muestras de concreto permeable.

**ANEXO II.**

**INFORME FINAL DE ENSAYO DE CONCRETO PERMEABLE  
GEOLOGÍA & GEOTECNIA, GEOINGENIERÍA E.I.R.L.**



**GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
GEOINGENIERIA E.I.R.L.**  
Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.  
Consultoría y asesoría geotécnica.

## **ENSAYOS DE CONCRETO PERMEABLE**

### **PROYECTO:**

**“DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL  
SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE  
INUNDACIÓN, TACNA - 2024”**

**INFORME FINAL  
TOMO I  
NOVIEMBRE 2024**



**GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
GEOINGENIERIA E.I.R.L**  
20608052071  
Asoc. 7 de junio Mz. D Lote 29,  
Ciudad Nueva, Tacna  
+51 986441250 +51 995343581  
gg.geingenieria@gmail.com

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>3</b>
1.1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.2	OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	3
1.2.1	OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
1.3	NORMATIVIDAD.....	3
1.4	MATERIALES Y EQUIPOS.....	3
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1	CONCRETO PERMEABLE.....	5
2.1.1	POROSIDAD.....	5
2.1.2	ÍNDICE DE VACIOS.....	5
2.1.3	PERMEABILIDAD.....	6
2.1.4	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO (SLUMP).....	7
2.1.5	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	7
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
3.1	MEDICIÓN DE ASENTAMIENTO DE CONCRETO FRESCO (SLUMP).....	10
3.2	ENSAYO DE INDICE DE VACIOS.....	11
3.3	PERMEABILIDAD EN CONCRETO PERMEABLE.....	12
3.4	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	13
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>ANEXO.....</b>	<b>18</b>
5.1	CERTIFICADO DE ENSAYO DE CONTROL DE CALIDAD.....	18
5.1.1	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	18
5.1.2	ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.....	18
5.1.3	ENSAYO DE ÍNDICE DE VACÍOS.....	18
5.2	PANEL FOTOGRÁFICO.....	18
5.3	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....	18

### Índice de Cuadros

<i>Cuadro 2-1: Asentamiento.....</i>	<i>7</i>
<i>Cuadro 2-2: Factor de corrección para los valores L/D.....</i>	<i>8</i>
<i>Cuadro 2-3: Tipos de fallas de roturas de probetas cilíndricas.....</i>	<i>9</i>



<i>Cuadro 3-1: Ensayos de Laboratorio</i> .....	10
<i>Cuadro 3-2: Asentamiento de Concreto Permeable</i> .....	10
<i>Cuadro 3-3: Índice de Vacíos</i> .....	11
<i>Cuadro 3-4: Permeabilidad para Concreto Permeable</i> .....	12
<i>Cuadro 3-5: Resultado de la rotura de briquetas</i> .....	13

### **Índice de Fotografías**

<i>Fotografía 3-1: Ensayo de Slump</i> .....	10
<i>Fotografía 3-2: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto</i> .....	15



## ENSAYOS Y PRUEBAS DE LABORATORIO

### 1 GENERALIDADES

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

Dentro del objetivo general es desarrollar los ensayos y pruebas de laboratorio para el proyecto: “DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN TACNA - 2024”, donde sea realizado el ensayo de ROTURA DE BRIQUETAS mediante el método de ensayo normalizado para la determinación de la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (NTP 339.034); y ensayos especiales para determinar su calidad.

#### 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO

##### 1.2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es realizar los ensayos y pruebas de laboratorio para la determinación de la máxima resistencia a la compresión del cilindro de concreto.

##### 1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas.

#### 1.3 NORMATIVIDAD

Para efectuar los ensayos y pruebas de laboratorio como de la rotura de probetas del estudio se tuvo en cuenta los criterios Ingenieriles, y en lo aplicable la documentación Técnica que se detalla a continuación: Los ensayos en Laboratorio se realizaron de acuerdo a los procedimientos del NTP (Norma técnica peruana) y la Norma ASTM (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales).

- ✓ MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (2016). “Ministerio de transportes y comunicaciones”. Lima, Perú.
- ✓ NTP 339.034 (2015): “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas”.

#### 1.4 MATERIALES Y EQUIPOS

En lo que respecta al equipamiento y los materiales usados, tenemos los siguientes:

- ✓ Prensa digital para ensayo a compresión
- ✓ Vernier digital metálico de 150 mm
- ✓ Equipo de protección personal EPP



- ✓ 01 cámara digital, 01 laptop Intel Core i7 y 01 impresora multifuncional.
- ✓ Equipos y materiales para ensayos de Laboratorio.



## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 CONCRETO PERMEABLE

“El concreto permeable es un material compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. Estos ingredientes permiten obtener un material resistente con poros interconectados de aberturas entre 2 y 8 mm que permiten que el agua infiltre fácilmente. El contenido de vacíos que permite que el agua fluya está en el rango de 15 y 35% con una resistencia a la compresión típica de 28 a 280 kg/cm<sup>2</sup>. La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730 L/min/m<sup>2</sup> y depende del tamaño de los agregados y la densidad de la mezcla” (ACI 522R, 2010).

#### 2.1.1 POROSIDAD

La porosidad es una propiedad física que describe la cantidad de espacios vacíos (poros) dentro de un material sólido, en relación con su volumen total. En términos más específicos, se define como la fracción volumétrica de vacíos que contiene un material, expresada generalmente en forma de porcentaje. Matemáticamente, se puede calcular como:

$$Porosidad = \frac{Volumen\ de\ vacíos}{Volumen\ total} \times 100$$

En el concreto permeable, la porosidad es una de sus características más importantes, ya que determina su capacidad para permitir el paso del agua a través de sus poros interconectados. Una porosidad óptima (entre el 15% y el 35%) es esencial para equilibrar:

- Capacidad de drenaje hidráulico.
- Resistencia mecánica.

#### 2.1.2 ÍNDICE DE VACIOS

El índice de vacíos es una propiedad geotécnica que relaciona el volumen de vacíos (poros) de un material con el volumen de los sólidos que lo componen. Es una medida de la cantidad de espacio vacío disponible en un material poroso, y se utiliza principalmente en suelos y otros materiales como el concreto permeable para describir su capacidad de almacenamiento de agua.

Matemáticamente, el índice de vacíos ( $e$ ) se define como:

$$e = \frac{Volumen\ de\ vacíos(Vv)}{Volumen\ de\ sólidos(Vs)}$$



Este índice es adimensional, pero es útil para caracterizar la estructura interna de los materiales.

En el concreto permeable, el índice de vacíos está relacionado directamente con su porosidad y es crucial para determinar su capacidad de drenaje. Un índice de vacíos más alto significa más espacio para el paso del agua, pero puede comprometer la resistencia estructural del concreto.

### 2.1.3 PERMEABILIDAD

La permeabilidad es la propiedad de un material que mide su capacidad para permitir el paso de un fluido a través de su estructura porosa bajo la acción de un gradiente de presión. Esta propiedad es fundamental en materiales como suelos, rocas y concretos permeables, ya que determina la facilidad con la que los fluidos (como el agua) pueden moverse a través de ellos.

En el concreto permeable, la permeabilidad es una de las propiedades más importantes, ya que define su desempeño en aplicaciones hidráulicas. Su valor depende de:

- El tamaño y la conectividad de los poros.
- La gradación y el tamaño de los agregados.
- La compactación y el diseño de la mezcla.

Valores típicos: La permeabilidad hidráulica del concreto permeable suele estar en el rango de 2 a 6 mm/s, lo que lo convierte en un material altamente eficiente para el drenaje.

#### 2.1.3.1 LEY DE DARCY

La permeabilidad se cuantifica comúnmente utilizando la Ley de Darcy, que describe el flujo de un fluido a través de un medio poroso. Matemáticamente, se expresa como:

$$Q = k \times A \times \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

- Q: Caudal del flujo (m<sup>3</sup>/s)
- k: Coeficiente de permeabilidad (m/s)
- A: Área transversal al flujo (m<sup>2</sup>)
- Δh: Diferencia de altura o carga hidráulica (m)
- L: Longitud de la muestra o espesor del medio poroso (m)



### 2.1.3.2 FACTORES QUE AFECTAN LA PERMEABILIDAD

- Porosidad efectiva: Solo los poros interconectados contribuyen al flujo de fluidos.
- Tamaño y forma de los poros: Poros grandes y uniformes favorecen la permeabilidad.
- Compactación del material: Un exceso de compactación puede reducir la conectividad de los poros.
- Condiciones del fluido: La viscosidad y densidad del fluido también afectan la permeabilidad.

### 2.1.4 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO (SLUMP)

El asentamiento del concreto fresco, conocido como Slump, es una prueba de control de calidad que mide la consistencia o fluidez del concreto en estado fresco. Este ensayo es fundamental para determinar la trabajabilidad de la mezcla y su facilidad de colocación en obra.

*Cuadro 2-1: Asentamiento*

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Suavemente Seco	---
Muy Seco	Menor 2mm
Seco	0" – 1"
Plástico Seco	1" – 3"
Plástica	3" – 5"
Muy Plástica	5" – 7 1/2"

*Fuente: Norma ASTM C1688*

### 2.1.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica fundamental del concreto que mide la capacidad del material para soportar fuerzas de compresión sin fallar. Se determina aplicando una carga progresiva sobre una muestra de concreto (generalmente en forma de cubo o cilindro) hasta que se produce la rotura. Esta propiedad es crucial para asegurar que el concreto cumpla con los requisitos estructurales establecidos en el diseño.

El concreto permeable, debido a su diseño con una alta porosidad (espacios vacíos interconectados), suele tener una resistencia a la compresión menor que el concreto convencional. Sin embargo, esta propiedad sigue siendo importante para asegurar que el material sea adecuado para aplicaciones estructurales que requieren una carga mínima, como pavimentos y superficies de estacionamiento.

A pesar de que el concreto permeable está diseñado para permitir el paso de agua, la resistencia a la compresión no debe ser comprometida de manera significativa, ya que el concreto también debe ser capaz de soportar cargas estructurales como el tráfico vehicular. La resistencia del concreto



permeable puede variar dependiendo de varios factores, como la mezcla de los agregados, la relación agua/cemento, el tipo de aditivos utilizados y el proceso de curado.

“La resistencia del concreto permeable debería variar entre 70 y 280 kg/cm<sup>2</sup>” (ACI 522R, 2010).

#### 2.1.5.1 CALCULO DE RESISTENCIA

Para calcular la resistencia a la compresión del espécimen se tendrá que dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada.

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1.75 o menor, se tendrá que corregir el resultado por un factor de corrección mostrado en la siguiente tabla:

Cuadro 2-2: Factor de corrección para los valores L/D

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	0.98	0.96	0.93	0.87

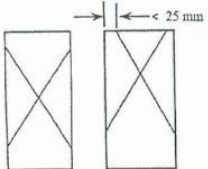
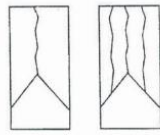


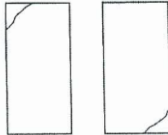
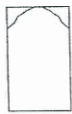
Fuente: NTP 339.034



## 2.1.5.2 TIPOS DE FALLAS

### Esquema de los tipos de falla

Cuadro 2-3: Tipos de fallas de roturas de probetas cilíndricas

TIPO	REFERENCIA	DESCRIPCION
TIPO 1		Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas
TIPO 2		Cono bien formado sobre una base desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base
TIPO 3		Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados
TIPO 4		Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1
TIPO 5		Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado
TIPO 6		Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado

Fuente: NTP 339.034



### 3 RESULTADOS

Las muestras fueron realizadas en el laboratorio de mecánica de suelos de G&G GEOINGENIERÍA E.I.R.L. siguiendo los procedimientos establecidos en el MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (2016).

*Cuadro 3-1: Ensayos de Laboratorio*

RELACION DE ENSAYOS	NTP	NORMA ASTM	PROPOSITO DEL ENSAYO
Resistencia a la compresión	339.034	---	Determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de muestra de un concreto frente a una carga aplicada axialmente

*Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.*

#### 3.1 MEDICIÓN DE ASENTAMIENTO DE CONCRETO FRESCO (SLUMP)

La Norma ASTM C1688, es necesaria para realizar ensayos a Mezclas de Concretos en estado fresco para determinar su buena trabajabilidad y consistencia al momento que esta pueda ser utilizada en obra.

Los datos obtenidos al momento de realizar el Ensayo de Asentamiento en la Mezcla de Concreto Permeable se muestran en la siguiente tabla:

*Cuadro 3-2: Asentamiento de Concreto Permeable*

ENSAYO	ASENTAMIENTO	CONSISTENCIA
Slump (pulg.)	0.80	Seco

*Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.*

*Fotografía 3-1: Ensayo de Slump.*



*Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.*



### 3.2 ENSAYO DE INDICE DE VACIOS

El índice de vacíos en el concreto permeable es un parámetro que mide el porcentaje de volumen vacío dentro de la mezcla de concreto en comparación con el volumen total. Este índice es fundamental para garantizar la permeabilidad y el drenaje adecuado, ya que los vacíos interconectados permiten el paso de agua a través del material.

Cuadro 3-3: Índice de Vacios

ÍNDICE DE VACIOS						
N° de Probeta	D (cm)	H (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )	Vs (cm <sup>3</sup> )	e (%)
1	14.97	30.13	175.93	5301.36	4168.55	27.175
2	15.05	30.30	177.89	5390.21	4286.12	25.760
3	15.08	29.90	178.60	5340.28	4192.36	27.381
4	14.99	29.73	176.48	5246.72	4215.98	24.448
5	14.90	30.02	174.37	5234.47	4217.42	24.116
6	14.98	29.71	176.24	5236.20	4109.78	27.408
7	15.06	29.95	178.13	5335.03	4231.85	26.068
8	15.04	29.92	177.66	5315.54	4264.48	24.647
9	14.97	29.95	176.01	5271.45	4291.92	22.823
10	14.97	30.13	176.01	5303.13	4270.34	24.185
11	15.06	30.18	178.13	5376.00	4287.16	25.398
12	15.06	29.96	178.13	5336.81	4132.19	29.152
13	15.10	29.74	179.08	5325.80	4185.34	27.249
14	14.98	29.87	176.24	5264.40	4270.21	23.282
15	15.03	29.72	177.42	5272.99	4117.00	28.078
16	14.99	30.19	176.48	5327.90	4144.00	28.569
17	14.93	29.77	175.07	5211.81	4184.00	24.565
18	15.09	29.75	178.84	5320.54	4162.00	27.836
19	15.08	29.75	178.60	5313.49	4164.00	27.605
20	15.09	29.94	178.84	5354.52	4271.00	25.369
21	14.94	29.74	175.30	5213.53	4275.00	21.954
22	15.03	29.88	177.42	5301.37	4115.00	28.830
23	14.96	30.08	175.77	5287.26	4219.00	25.320
24	14.92	30.20	174.83	5280.01	4164.00	26.801
25	15.00	29.79	176.71	5264.33	4229.00	24.482
PROMEDIO						25.940

Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.



### 3.3 PERMEABILIDAD EN CONCRETO PERMEABLE

Para realizar el ensayo de Permeabilidad, en primer lugar, se tuvo que elaborar un permeámetro a base de tuberías de PVC, en la cual se colocarían las probetas cilíndricas para poder ser ensayadas. Una vez teniendo listo el equipo de permeabilidad se procedió a colocar la probeta de concreto permeable dentro de las tuberías ensambladas envuelta con plástico, luego se procedió a saturar el equipo con agua hasta cubrir la probeta, finalmente se procedió a abrir la válvula de agua e inmediatamente se toma el tiempo que el agua tarda en descender.

Con los datos obtenidos durante el ensayo de Permeabilidad y para obtener este rasgo distintivo del Concreto Permeable, se procedió a determinar el coeficiente de permeabilidad según la Ley de Darcy con la siguiente formula:

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \text{Ln} \frac{h1}{h2}$$

- Donde:  
k = Coeficiente de Permeabilidad
- L = Longitud de la Muestra
- A = Área de la Muestra
- a = Área de la tubería de carga
- t = Tiempo que tarda en pasar de h1 hasta h2
- h1 = Altura de agua medida de la parte superior de la muestra
- h2 = Altura de tubería de salida de agua

Cuadro 3-4: Permeabilidad para Concreto Permeable

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD								
Nº de Probeta	L (cm)	A (cm2)	a (cm2)	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	Ln (h1/h2)	k (cm/seg)
1	15	471.24	471.24	30	27	7.10	0.1054	0.223
2	15	471.24	471.24	30	27	5.12	0.1054	0.309
3	15	471.24	471.24	30	27	4.11	0.1054	0.385
4	15	471.24	471.24	30	27	4.65	0.1054	0.340
5	15	471.24	471.24	30	27	4.71	0.1054	0.336
6	15	471.24	471.24	30	27	4.77	0.1054	0.331
7	15	471.24	471.24	30	27	5.5	0.1054	0.287
8	15	471.24	471.24	30	27	4.98	0.1054	0.317
9	15	471.24	471.24	30	27	5.53	0.1054	0.286
10	15	471.24	471.24	30	27	5.83	0.1054	0.271
11	15	471.24	471.24	30	27	5.91	0.1054	0.267
12	15	471.24	471.24	30	27	4.51	0.1054	0.350
13	15	471.24	471.24	30	27	4.19	0.1054	0.377



COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD								
N° de Probeta	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	Ln (h1/h2)	k (cm/seg)
14	15	471.24	471.24	30	27	6.63	0.1054	0.238
15	15	471.24	471.24	30	27	4.72	0.1054	0.335
16	15	471.24	471.24	30	27	5.32	0.1054	0.297
17	15	471.24	471.24	30	27	4.4	0.1054	0.359
18	15	471.24	471.24	30	27	7.16	0.1054	0.221
19	15	471.24	471.24	30	27	4.76	0.1054	0.332
20	15	471.24	471.24	30	27	4.08	0.1054	0.387
21	15	471.24	471.24	30	27	4.49	0.1054	0.352
22	15	471.24	471.24	30	27	4.16	0.1054	0.380
23	15	471.24	471.24	30	27	4.47	0.1054	0.354
24	15	471.24	471.24	30	27	4.94	0.1054	0.320
25	15	471.24	471.24	30	27	5.38	0.1054	0.294
PROMEDIO								0.318

Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.

### 3.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se coloca el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Se aplicará la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye contantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido. Registrará la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura de conformidad.

Se evalúan la rotura de 25 briquetas.

- Según los valores que alcanzaron en los ensayos, los resultados son:

Cuadro 3-5: Resultado de la rotura de briquetas

N°	DESCRIPCION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	f'c ALCANZADA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
1	PROBETA N°01	28/10/2024	25/11/2024	28	110.9	100.0	3
2	PROBETA N°02	28/10/2024	25/11/2024	28	117.6	100.0	5
3	PROBETA N°03	28/10/2024	25/11/2024	28	115.3	100.0	5
4	PROBETA N°04	28/10/2024	25/11/2024	28	112.1	100.0	5
5	PROBETA N°05	28/10/2024	25/11/2024	28	119.1	100.0	5
6	PROBETA N°06	28/10/2024	25/11/2024	28	113.1	100.0	3
7	PROBETA N°07	28/10/2024	25/11/2024	28	112.8	100.0	5
8	PROBETA N°08	28/10/2024	25/11/2024	28	110.7	100.0	5



N°	DESCRIPCION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	f'c ALCANZADA (kg/cm2)	f'c DE DISEÑO (kg/cm2)	TIPO DE FALLA
9	PROBETA N°09	28/10/2024	25/11/2024	28	117.8	100.0	5
10	PROBETA N°10	28/10/2024	25/11/2024	28	110.0	100.0	5
11	PROBETA N°11	29/10/2024	26/11/2024	28	112.2	100.0	5
12	PROBETA N°12	29/10/2024	26/11/2024	28	114.4	100.0	5
13	PROBETA N°13	29/10/2024	26/11/2024	28	111.6	100.0	3
14	PROBETA N°14	29/10/2024	26/11/2024	28	110.1	100.0	5
15	PROBETA N°15	29/10/2024	26/11/2024	28	107.8	100.0	5
16	PROBETA N°16	29/10/2024	26/11/2024	28	118.0	100.0	3
17	PROBETA N°17	29/10/2024	26/11/2024	28	113.2	100.0	5
18	PROBETA N°18	29/10/2024	26/11/2024	28	108.8	100.0	5
19	PROBETA N°19	29/10/2024	26/11/2024	28	109.8	100.0	5
20	PROBETA N°20	29/10/2024	26/11/2024	28	113.2	100.0	5
21	PROBETA N°21	30/10/2024	27/11/2024	28	116.9	100.0	3
22	PROBETA N°22	30/10/2024	27/11/2024	28	114.0	100.0	5
23	PROBETA N°23	30/10/2024	27/11/2024	28	116.9	100.0	5
24	PROBETA N°24	30/10/2024	27/11/2024	28	118.0	100.0	5
25	PROBETA N°25	30/10/2024	27/11/2024	28	114.0	100.0	5

Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.

- 25 briquetas de resistencia de diseño:  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$



Fotografía 3-2: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.



Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.



#### 4 CONCLUSIONES

- ✓ El presente estudio tuvo como finalidad conocer los ensayos y pruebas de laboratorio como densidad in-situ y resistencia a probetas cilíndricas a compresión axial del proyecto: "CREACION Y ACONDICIONAMIENTO DE ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA PARA LA REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD EN EL CENTRO POBLADO BOROQUEÑA, DISTRITO DE ILABAYA - JORGE BASADRE – TACNA ".
- ✓ Asentamiento del concreto fresco (slump): 0.80 pulgadas, lo que indica una consistencia seca, cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma ACI 522R-06 para mezclas de baja trabajabilidad empleadas en concreto permeable.
- ✓ Índice de vacíos promedio: 25.940%, valor que se encuentra dentro del rango recomendado de 15% a 35% según la norma ACI 522R-06, garantizando una adecuada porosidad para el drenaje de agua sin comprometer la resistencia estructural.
- ✓ Coeficiente de permeabilidad (k): 0.318 cm/s, cumpliendo con los criterios de la norma ACI 522R-06 para concreto permeable, lo cual asegura un excelente desempeño hidráulico y capacidad de infiltración.
- ✓ Se ejecutó VEINTICINCO (25) rotura de briquetas brindadas por la entidad, con la finalidad de realizar el ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS. Los resultados obtenidos SI CUMPLEN con la resistencia al diseño en función de su edad.

N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	f'c ALCANZADA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	%	OBSERVACION
1	PROBETA N°01	28	110.9	100.0	110.9%	SI CUMPLE
2	PROBETA N°02	28	117.6	100.0	117.6%	SI CUMPLE
3	PROBETA N°03	28	115.3	100.0	115.3%	SI CUMPLE
4	PROBETA N°04	28	112.1	100.0	112.1%	SI CUMPLE
5	PROBETA N°05	28	119.1	100.0	119.1%	SI CUMPLE
6	PROBETA N°06	28	113.1	100.0	113.1%	SI CUMPLE
7	PROBETA N°07	28	112.8	100.0	112.8%	SI CUMPLE
8	PROBETA N°08	28	110.7	100.0	110.7%	SI CUMPLE
9	PROBETA N°09	28	117.8	100.0	117.8%	SI CUMPLE
10	PROBETA N°10	28	110.0	100.0	110.0%	SI CUMPLE



N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	f'c ALCANZADA (kg/cm2)	f'c DE DISEÑO (kg/cm2)	%	OBSERVACION
11	PROBETA N°11	28	112.2	100.0	112.2%	SI CUMPLE
12	PROBETA N°12	28	114.4	100.0	114.4%	SI CUMPLE
13	PROBETA N°13	28	111.6	100.0	111.6%	SI CUMPLE
14	PROBETA N°14	28	110.1	100.0	110.1%	SI CUMPLE
15	PROBETA N°15	28	107.8	100.0	107.8%	SI CUMPLE
16	PROBETA N°16	28	118.0	100.0	118.0%	SI CUMPLE
17	PROBETA N°17	28	113.2	100.0	113.2%	SI CUMPLE
18	PROBETA N°18	28	108.8	100.0	108.8%	SI CUMPLE
19	PROBETA N°19	28	109.8	100.0	109.8%	SI CUMPLE
20	PROBETA N°20	28	113.2	100.0	113.2%	SI CUMPLE
21	PROBETA N°21	28	116.9	100.0	116.9%	SI CUMPLE
22	PROBETA N°22	28	114.0	100.0	114.0%	SI CUMPLE
23	PROBETA N°23	28	116.9	100.0	116.9%	SI CUMPLE
24	PROBETA N°24	28	118.0	100.0	118.0%	SI CUMPLE
25	PROBETA N°25	28	114.0	100.0	114.0%	SI CUMPLE

*Fuente: Equipo técnico G&G Geoingeniería E.I.R.L.*



## **5 ANEXO**

### **5.1 CERTIFICADO DE ENSAYO DE CONTROL DE CALIDAD**

#### **5.1.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

#### **5.1.2 ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMABILIDAD**

#### **5.1.3 ENSAYO DE ÍNDICE DE VACÍOS**

---

### **5.2 PANEL FOTOGRÁFICO**

### **5.3 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**





## 5 ANEXO

### 5.1 CERTIFICADO DE ENSAYO DE CONTROL DE CALIDAD

#### 5.1.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

---





# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS (NTP 339.034)

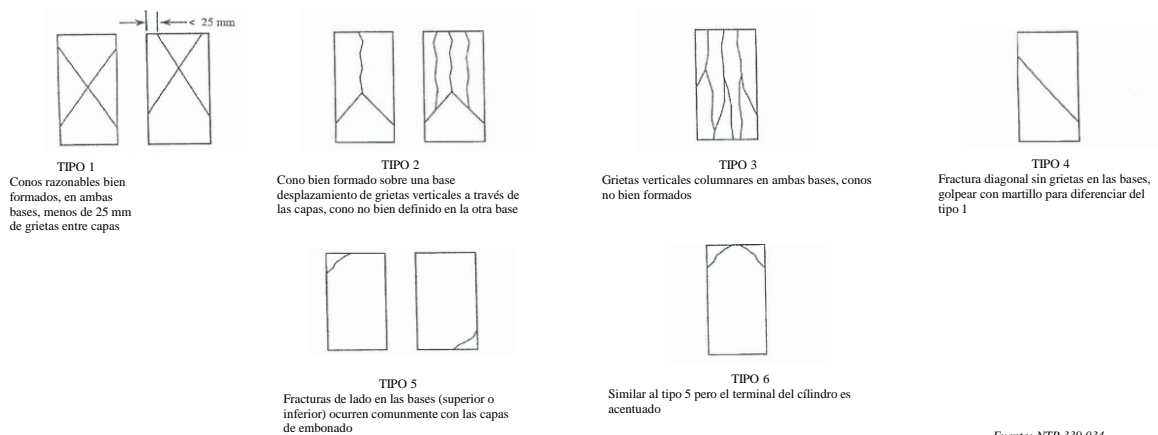
PROYECTO : "DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN TACNA - 2024"  
 FECHA : NOVIEMBRE, 2024  
 Tipo de muestra : Concreto permeable  
 Presentación : Especímenes cilíndricos 6" x 12"  
 Fc de diseño : Indicada en la identificación

N°	UBICACIÓN	FECHA			DATOS DE MUESTRA							RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
		VACIADO	ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA DE SECCIÓN (cm <sup>2</sup> )	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO (L/D)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kg)	F <sub>c</sub> ALCANZADA (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	%	TIPO DE FALLA
1	PROBETA N°01	28/10/2024	25/11/2024	28	14.97	30.13	175.93	2.01	10140	1.91	19510	110.9	100.0	110.9%	3
2	PROBETA N°02	28/10/2024	25/11/2024	28	15.05	30.30	177.89	2.01	9912	1.84	20920	117.6	100.0	117.6%	5
3	PROBETA N°03	28/10/2024	25/11/2024	28	15.08	29.90	178.60	1.98	10154	1.90	20590	115.3	100.0	115.3%	5
4	PROBETA N°04	28/10/2024	25/11/2024	28	14.99	29.73	176.48	1.98	10053	1.92	19780	112.1	100.0	112.1%	5
5	PROBETA N°05	28/10/2024	25/11/2024	28	14.90	30.02	174.37	2.01	10237	1.96	20760	119.1	100.0	119.1%	5
6	PROBETA N°06	28/10/2024	25/11/2024	28	14.98	29.71	176.24	1.98	10166	1.94	19930	113.1	100.0	113.1%	3
7	PROBETA N°07	28/10/2024	25/11/2024	28	15.06	29.95	178.13	1.99	10025	1.88	20090	112.8	100.0	112.8%	5
8	PROBETA N°08	28/10/2024	25/11/2024	28	15.04	29.92	177.66	1.99	10277	1.93	19670	110.7	100.0	110.7%	5
9	PROBETA N°09	28/10/2024	25/11/2024	28	14.97	29.95	176.01	2.00	9994	1.90	20740	117.8	100.0	117.8%	5
10	PROBETA N°10	28/10/2024	25/11/2024	28	14.97	30.13	176.01	2.01	10124	1.91	19360	110.0	100.0	110.0%	5

### FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LOS VALORES L/D

L/D	1.75	1.5	1.25	1
FACTOR	0.98	0.96	0.93	0.87

### ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS



Fuente: NTP 339.034

### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura/diámetro, por lo que no fue necesario la corrección de esfuerzo



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L :  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS (NTP 339.034)

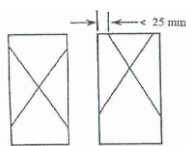
PROYECTO : "DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN TACNA - 2024"  
 FECHA : NOVIEMBRE, 2024  
 Tipo de muestra : Concreto permeable  
 Presentación : Especímenes cilíndricos 6" x 12"  
 Fc de diseño : Indicada en la identificación

N°	UBICACIÓN	FECHA			DATOS DE MUESTRA							RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
		VACIADO	ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA DE SECCIÓN (cm <sup>2</sup> )	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO (L/D)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kg)	F <sub>c</sub> ALCANZADA (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	%	TIPO DE FALLA
11	PROBETA N°11	29/10/2024	26/11/2024	28	15.06	30.18	178.13	2.00	10083	1.88	19990	112.2	100.0	112.2%	5
12	PROBETA N°12	29/10/2024	26/11/2024	28	15.06	29.96	178.13	1.99	10290	1.93	20370	114.4	100.0	114.4%	5
13	PROBETA N°13	29/10/2024	26/11/2024	28	15.10	29.74	179.08	1.97	9999	1.88	19980	111.6	100.0	111.6%	3
14	PROBETA N°14	29/10/2024	26/11/2024	28	14.98	29.87	176.24	1.99	9909	1.88	19400	110.1	100.0	110.1%	5
15	PROBETA N°15	29/10/2024	26/11/2024	28	15.03	29.72	177.42	1.98	10005	1.90	19130	107.8	100.0	107.8%	5
16	PROBETA N°16	29/10/2024	26/11/2024	28	14.99	30.19	176.48	2.01	10204	1.92	20820	118.0	100.0	118.0%	3
17	PROBETA N°17	29/10/2024	26/11/2024	28	14.93	29.77	175.07	1.99	10182	1.95	19820	113.2	100.0	113.2%	5
18	PROBETA N°18	29/10/2024	26/11/2024	28	15.09	29.75	178.84	1.97	10160	1.91	19460	108.8	100.0	108.8%	5
19	PROBETA N°19	29/10/2024	26/11/2024	28	15.08	29.75	178.60	1.97	10275	1.93	19610	109.8	100.0	109.8%	5
20	PROBETA N°20	29/10/2024	26/11/2024	28	15.09	29.94	178.84	1.98	10194	1.90	20240	113.2	100.0	113.2%	5

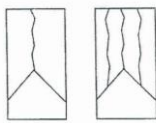
### FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LOS VALORES L/D

L/D	1.75	1.5	1.25	1
FACTOR	0.98	0.96	0.93	0.87

### ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS



**TIPO 1**  
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas



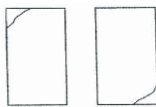
**TIPO 2**  
Cono bien formado sobre una base desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base



**TIPO 3**  
Grietas verticales columnares en ambas bases, cono no bien formados



**TIPO 4**  
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1



**TIPO 5**  
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado



**TIPO 6**  
Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado

Fuente: NTP 339.034

### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura/diámetro, por lo que no fue necesario la corrección de esfuerzo



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L :  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS (NTP 339.034)

PROYECTO : "DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN TACNA - 2024"  
 FECHA : NOVIEMBRE, 2024  
 Tipo de muestra : Concreto permeable  
 Presentación : Especímenes cilíndricos 6" x 12"  
 Fc de diseño : Indicada en la identificación

N°	UBICACIÓN	FECHA			DATOS DE MUESTRA							RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
		VACIADO	ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA DE SECCIÓN (cm <sup>2</sup> )	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO (L/D)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kg)	Fc ALCANZADA (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	%	TIPO DE FALLA
21	PROBETA N°21	30/10/2024	27/11/2024	28	14.94	29.74	175.30	1.99	9997	1.92	20500	116.9	100.0	116.9%	3
22	PROBETA N°22	30/10/2024	27/11/2024	28	15.03	29.88	177.42	1.99	10225	1.93	20220	114.0	100.0	114.0%	5
23	PROBETA N°23	30/10/2024	27/11/2024	28	14.96	30.08	175.77	2.01	10022	1.90	20550	116.9	100.0	116.9%	5
24	PROBETA N°24	30/10/2024	27/11/2024	28	14.92	30.20	174.83	2.02	10013	1.90	20630	118.0	100.0	118.0%	5
25	PROBETA N°25	30/10/2024	27/11/2024	28	15.00	29.79	176.71	1.99	9939	1.89	20140	114.0	100.0	114.0%	5

**FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LOS VALORES L/D**

L/D	1.75	1.5	1.25	1
FACTOR	0.98	0.96	0.93	0.87

**ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS**

**TIPO 1**  
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas

**TIPO 2**  
Cono bien formado sobre una base desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base

**TIPO 3**  
Grietas verticales columnares en ambas bases, cono no bien formados

**TIPO 4**  
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1

**TIPO 5**  
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado

**TIPO 6**  
Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado

Fuente: NTP 339.034

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura/diámetro, por lo que no fue necesario la corrección de esfuerzo



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L :  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com

## 5.1.2 ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

---





# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN PROBETAS DE CONCRETO PERMEABLE

(ACI 522R-10)

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE  
DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN TACNA - 2024"

FECHA: NOVIEMBRE, 2024

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD								
N° de Probeta	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	Ln (h1/h2)	k (cm/seg)
1	15	471.24	471.24	30	27	7.10	0.1054	0.223
2	15	471.24	471.24	30	27	5.12	0.1054	0.309
3	15	471.24	471.24	30	27	4.11	0.1054	0.385
4	15	471.24	471.24	30	27	4.65	0.1054	0.340
5	15	471.24	471.24	30	27	4.71	0.1054	0.336
6	15	471.24	471.24	30	27	4.77	0.1054	0.331
7	15	471.24	471.24	30	27	5.5	0.1054	0.287
8	15	471.24	471.24	30	27	4.98	0.1054	0.317
9	15	471.24	471.24	30	27	5.53	0.1054	0.286
10	15	471.24	471.24	30	27	5.83	0.1054	0.271
11	15	471.24	471.24	30	27	5.91	0.1054	0.267
12	15	471.24	471.24	30	27	4.51	0.1054	0.350
13	15	471.24	471.24	30	27	4.19	0.1054	0.377
14	15	471.24	471.24	30	27	6.63	0.1054	0.238
15	15	471.24	471.24	30	27	4.72	0.1054	0.335
16	15	471.24	471.24	30	27	5.32	0.1054	0.297
17	15	471.24	471.24	30	27	4.4	0.1054	0.359
18	15	471.24	471.24	30	27	7.16	0.1054	0.221
19	15	471.24	471.24	30	27	4.76	0.1054	0.332
20	15	471.24	471.24	30	27	4.08	0.1054	0.387
21	15	471.24	471.24	30	27	4.49	0.1054	0.352
22	15	471.24	471.24	30	27	4.16	0.1054	0.380
23	15	471.24	471.24	30	27	4.47	0.1054	0.354
24	15	471.24	471.24	30	27	4.94	0.1054	0.320
25	15	471.24	471.24	30	27	5.38	0.1054	0.294
PROMEDIO								0.318



RAZÓN SOCIAL  
RUC  
DIRECCIÓN  
TELÉFONO  
EMAIL

: GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L :  
20608052071  
: Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
: +51 986441250 +51 995343581  
: gg.geoingenieria@gmail.com

### 5.1.3 ENSAYO DE ÍNDICE DE VACÍOS

---





GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
**GEOINGENIERIA E.I.R.L**

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VACÍOS EN PROBETAS DE  
CONCRETO PERMEABLE**

(ACI 522R-10)

PROYECTO:

“DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA MEJORAR EL  
SISTEMA DE DRENAJE EN ZONAS DE INUNDACIÓN TACNA -  
2024”

FECHA:

NOVIEMBRE, 2024

ÍNDICE DE VACIOS						
N° de Probeta	D (cm)	H (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )	Vs (cm <sup>3</sup> )	e (%)
1	14.97	30.13	175.93	5301.36	4168.55	27.175
2	15.05	30.30	177.89	5390.21	4286.12	25.760
3	15.08	29.90	178.60	5340.28	4192.36	27.381
4	14.99	29.73	176.48	5246.72	4215.98	24.448
5	14.90	30.02	174.37	5234.47	4217.42	24.116
6	14.98	29.71	176.24	5236.20	4109.78	27.408
7	15.06	29.95	178.13	5335.03	4231.85	26.068
8	15.04	29.92	177.66	5315.54	4264.48	24.647
9	14.97	29.95	176.01	5271.45	4291.92	22.823
10	14.97	30.13	176.01	5303.13	4270.34	24.185
11	15.06	30.18	178.13	5376.00	4287.16	25.398
12	15.06	29.96	178.13	5336.81	4132.19	29.152
13	15.10	29.74	179.08	5325.80	4185.34	27.249
14	14.98	29.87	176.24	5264.40	4270.21	23.282
15	15.03	29.72	177.42	5272.99	4117.00	28.078
16	14.99	30.19	176.48	5327.90	4144.00	28.569
17	14.93	29.77	175.07	5211.81	4184.00	24.565
18	15.09	29.75	178.84	5320.54	4162.00	27.836
19	15.08	29.75	178.60	5313.49	4164.00	27.605
20	15.09	29.94	178.84	5354.52	4271.00	25.369
21	14.94	29.74	175.30	5213.53	4275.00	21.954
22	15.03	29.88	177.42	5301.37	4115.00	28.830
23	14.96	30.08	175.77	5287.26	4219.00	25.320
24	14.92	30.20	174.83	5280.01	4164.00	26.801
25	15.00	29.79	176.71	5264.33	4229.00	24.482
PROMEDIO						25.940



RAZÓN SOCIAL  
RUC  
DIRECCIÓN  
TELÉFONO  
EMAIL

: GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L :  
20608052071  
: Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
: +51 986441250 +51 995343581  
: gg.geoingenieria@gmail.com

## 5.2 PANEL FOTOGRÁFICO



**PANEL FOTOGRAFICO - ROTURA DE BRIQUETAS**



**FOTO N° 001**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°01" antes de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**FOTO N° 002**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°01" después de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**FOTO N° 003**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°02" antes de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**FOTO N° 004**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°02" después de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**PANEL FOTOGRAFICO - ROTURA DE BRIQUETAS**



**FOTO N° 005**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°03" antes de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**FOTO N° 006**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°03" después de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**FOTO N° 007**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°04" antes de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**FOTO N° 008**  
Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°04" después de la rotura.  
NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**PANEL FOTOGRAFICO - ROTURA DE BRIQUETAS**



<b>FOTO N°</b>	<i>Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°05" antes de la rotura.</i>
<b>009</b>	NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



<b>FOTO N°</b>	<i>Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°05" después de la rotura.</i>
<b>010</b>	NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



<b>FOTO N°</b>	<i>Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°06" antes de la rotura.</i>
<b>011</b>	NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



<b>FOTO N°</b>	<i>Ensayo de roturas de probetas de muestras cilíndricas "PROBETA N°06" después de la rotura.</i>
<b>012</b>	NORMA : ASTM-C39 / MTC E 704 / NTP 339.034



**PANEL FOTOGRAFICO - ROTURA DE BRIQUETAS**



FOTO N°  
013

MEZCLA DE CONCRETO

NORMA : ASTM C31



FOTO N°  
014

MEDICION DEL ASENTAMIENTO "SLUMP"

NORMA : NTP 339.035



FOTO N°  
015

MEDICION DEL ASENTAMIENTO "SLUMP"

NORMA : NTP 339.035



FOTO N°  
016

ELABORACION DE BRIQUETAS

NORMA : ACI 522R





# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## PANEL FOTOGRAFICO - ROTURA DE BRIQUETAS



FOTO N°  
017

ELABORACION DE BRIQUETAS

NORMA : ACI 522R



FOTO N°  
018

ELABORACION DE BRIQUETAS

NORMA : ACI 522R



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L :  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com

### 5.3 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN





GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
**GEOINGENIERIA E.I.R.L**

**Dirección:** Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

# PRENSA DE CONCRETO



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.  
METAUT

CERTIFICADO DE CALIBRACION  
LF-PC-003-24

Pag. 1 de 4

CLIENTE : GEOLOGIA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.


INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

<b>EQUIPO</b>	PRENSA DE CONCRETO
<b>FABRICANTE</b>	TECNICAS
<b>MODELO</b>	TCP341
<b>N° SERIE</b>	760
<b>CAPACIDAD</b>	100 TN
<b>INDICADOR</b>	WEIGH INDICATOR
<b>N° SERIE</b>	MH20200730083
<b>TRANSD. PRESION</b>	ZEMIC
<b>RANGO</b>	700 Bar
<b>N° SERIE</b>	----
<b>SISTEMA DE ACC.</b>	BOMBA ELECTRICA
<b>FABRICANTE</b>	----
<b>MODELO</b>	----
<b>N° SERIE</b>	----
<b>UBICACIÓN</b>	Laboratorio In Situ- Tacna.

Los resultados de la medición reportados en este certificado fueron obtenidos siguiendo los procedimientos de calibración dados en el siguiente párrafo, donde los estándares de referencia son indicados en la siguiente pagina el cual garantiza la trazabilidad del instrumento Patrón y los certificados de calibración acreditado validan lo expuesto El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025, Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.



FECHA DE LA MEDICION 24/01/2024

  
STALIN OLAZABAL TREJCA  
JEFE LABORATORIO FUERZA  
IE CIP N°182685





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.  
**METAUT**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
**LF-PC-003-24**

Pag. 2 de 4

La Trazabilidad mediante la Medición de referencia ISO 376:2011 Validado por el certificado de calibración N° OT N° 222-5367/Parcial 2 - INTI - Argentina

**CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:**

**Temperatura de Ambiente** (21.2+/- 1) °C  
**Humedad Relativa** (60 +/- 5) %Hr

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** PRENSA DE CONCRETO  
**FABRICANTE** TECNICAS  
**MODELO** TCP341  
**N° SERIE** 760  
**CAPACIDAD** 100 TN  
**INDICADOR** WEIGH INDICATOR  
**N° SERIE** MH20200730083

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

**EQUIPO** DINAMOMETRO ( Load cell )  
**CONSTRUCTOR** AEP Transducers  
**MODELO** C8S  
**N° SERIE** 723547  
**CAPACIDAD** 1000 KN  
**PROC. CAL.** Compresión  
**INDICADOR:** AEP TRANSDUCER ( Indicador Digital )  
**MODELO** MP10 Plus  
**N° SERIE** 6593



JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 – 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.georingenieria@gmail.com



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.  
METAUT

Pag. 3 de 4

CERTIFICADO DE CALIBRACION  
LF-PC-003-24  
Marca TECNICAS, Indicador Digital WEIGH INDICATOR, Transductor de 700 bar

SISTEMA DIGITAL "A" Kgf	SERIES DE CALIBRACION ( Kgf )				PROMEDIO "B" Kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE ( 1 ) Kgf	SERIE ( 2 ) Kgf	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10,000	9,902	9,909	0.98	0.91	9,906	0.95	0.05
20,000	19,809	19,799	0.96	1.01	19,804	0.98	0.04
30,000	29,722	29,718	0.93	0.94	29,720	0.93	0.01
40,000	39,612	39,623	0.97	0.94	39,618	0.96	0.02
50,000	49,524	49,515	0.95	0.97	49,520	0.96	0.01
60,000	59,440	59,432	0.93	0.95	59,436	0.94	0.01
70,000	69,312	69,306	0.98	0.99	69,309	0.99	0.01
80,000	79,243	79,235	0.95	0.96	79,239	0.95	0.01
90,000	89,132	89,146	0.96	0.95	89,139	0.96	0.01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACION

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E4-07
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma.  

$$Ep = ((A-B) / A) * 100$$

$$Rp = \text{Desviación Estandar}$$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %

Coefficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste:  $Y = 2 * 10^{-7} X^2 + 0.9904 X + 1.7381$   
 Donde:

X : Lectura de la pantalla  
 Y : fuerza promedio ( Kgf )



JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
 CELULAR 999934038 – 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
 WWW.METAUT.COM



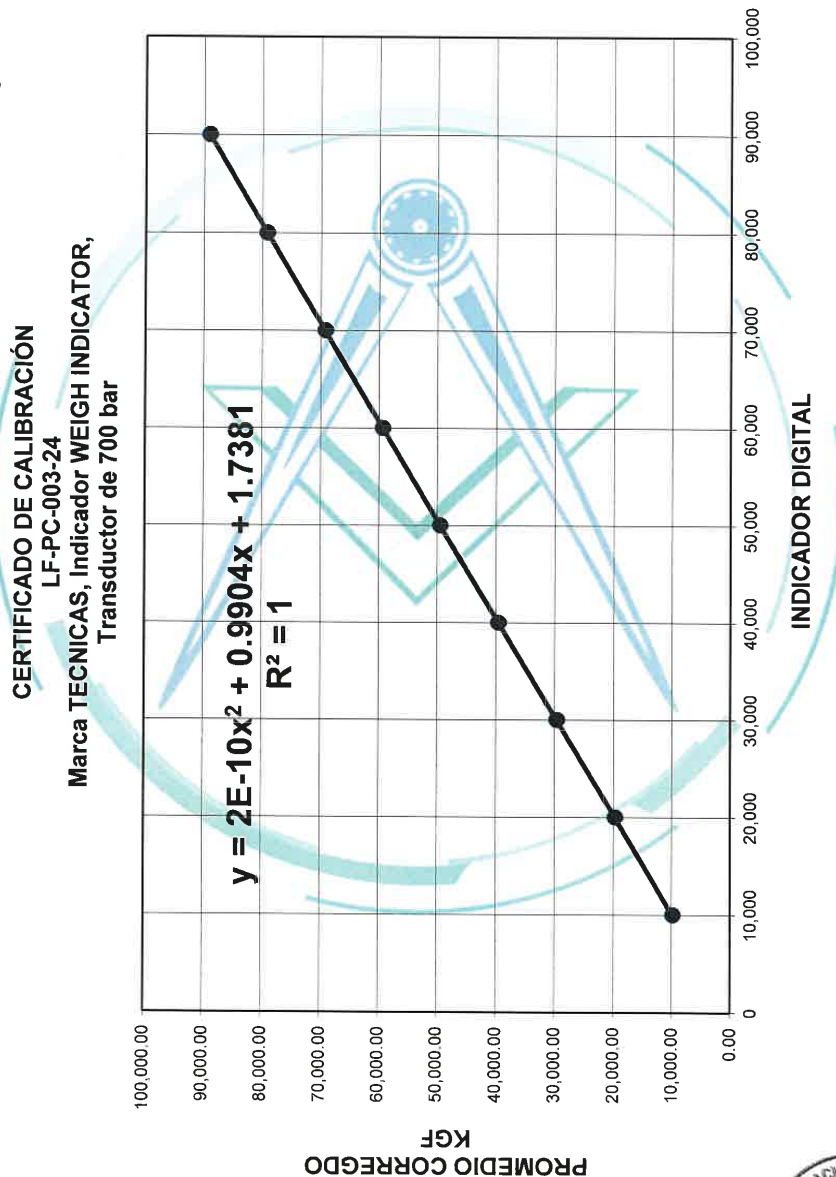
RAZÓN SOCIAL  
 RUC  
 DIRECCIÓN  
 TELÉFONO  
 EMAIL

: GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
 : 20608052071  
 : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
 : +51 986441250 +51 995343581  
 : gg.georingeneria@gmail.com



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.  
**METAUT**

Pag 4 de 4



JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 – 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM



RAZÓN SOCIAL  
RUC  
DIRECCIÓN  
TELÉFONO  
EMAIL

: GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
: 20608052071  
: Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna  
: +51 986441250 +51 995343581  
: gg.geoingenieria@gmail.com