

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
**ESCUELA DE**  
**POSGRADO**

---

---

**“Influencia de dióxido de titanio en el concreto  
permanente con efecto fotocatalizador,  
Distrito de Nuevo Chimbote”**

---

---

**Tesis para obtener el Grado de  
Doctor en Ingeniería Civil**

**Autora:**

**Ms. Fernandez Mantilla, Jenisse del Rocío**

**Asesor:**

**Dr. Castañeda Gamboa, Rogelio Fermín**  
**DNI. N° 132789954**  
**Código ORCID. 0000-0002-46961-7418**

**Línea de Investigación**  
**Diseño urbano sostenible**

**Nuevo Chimbote - PERÚ**  
**2023**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## **CERTIFICACIÓN DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS**

Yo, **Dr. Castañeda Gamboa, Rogelio Fermín**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Maestría Titulada: **“Influencia del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, Distrito de Nuevo Chimbote, 2019”** que tiene como autora a la **Bach. Fernández Mantilla, Jenisse del Rocío**, alumna del Doctorado en Ingeniería civil, ha sido elaborado de acuerdo con el Reglamento de Normas y Procedimientos para optar el Grado de Doctor de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 2023

**Dr. Castañeda Gamboa, Rogelio Fermín**

Asesora

DNI N° 32789954

Código ORCID. 0000-0002-6961-7418

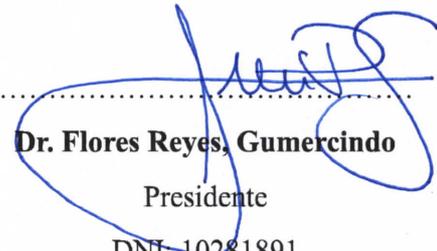


**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## AVAL DEL JURADO EVALUADOR

**“Influencia del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, Distrito de Nuevo Chimbote, 2019, Tesis para optar el Grado de Doctor de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:



.....  
**Dr. Flores Reyes, Gumercindo**

Presidente

DNI. 10281891

Código ORCID. 0000-0002-2305-7339

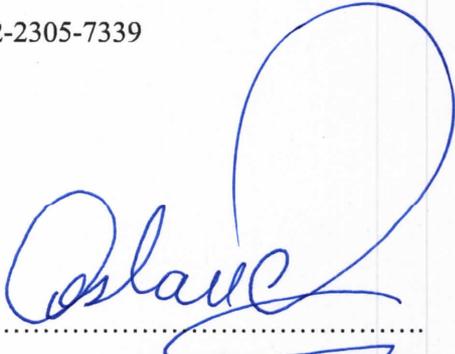


.....  
**Dr. Sanchez Vaca, Daniel Angel**

Secretario

DNI. 72686782

Código ORCID. 0000-0002-4817-4523



.....  
**Dr. Castañeda Gamboa, Rogelio Fermín**

Vocal

DNI. 32789954

Código ORCID. 0000-0002-6961-7418



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los veintidós días del mes de julio del año 2023, siendo las 11.00 am horas, en el Pool de Aulas Campus Universitario 1 de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador conformado por los docentes: el Dr. Gumercindo Flores Reyes (Presidente), Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca (Secretario), Dr. Rogelio Fermín Castañeda Gamboa (Vocal), designados mediante Resolución Directoral N° 662-2023-EPG-UNS de fecha 14 de diciembre de 2022, con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **INFLUENCIA DE DIÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019**; presentado por la tesista **Mg. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla**, egresada del programa de **Doctorado en Ingeniería Civil**.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 170-2023-EPG-UNS de fecha 17 de julio de 2023.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como: Bueno asignándole la calificación de: 18.

Siendo las 12.00m horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.



Dr. Gumercindo Flores Reyes  
Presidente



Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca  
Secretario



Dr. Rogelio Fermín Castañeda Gamboa  
Vocal



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jenisse Fernandez  
Título del ejercicio: I UNIDAD  
Título de la entrega: REPERCUION DEL DIÓXIDO DE TITANIO EN LAS PROPIEDAD...  
Nombre del archivo: informe\_final\_titanio.docx  
Tamaño del archivo: 7.42M  
Total páginas: 51  
Total de palabras: 11,008  
Total de caracteres: 61,620  
Fecha de entrega: 02-jul.-2023 10:18p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2125786059

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL Y  
SISTEMAS



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 2022**  
"REPERCUION DEL DIÓXIDO DE TITANIO EN LAS PROPIEADES  
FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO PERMEABLE, DISTRITO DE  
NUEVO CHIMBOTE, 2022"

RESPONSABLE:  
Mgtr. Ing. JENISSE DEL ROCIO FERNANDEZ MANTILLA

CORRESPONSABLES:  
Ms. Arq. MARÍA JESÚS ESTELA DÍAZ HERNÁNDEZ  
Ms. Ing. CARLOS ALFREDO MENDOZA CORPUS  
Dr. Ing. ATILIO RUBÉN LÓPEZ CARRANZA

Miembro:  
Ms. Ing. ABNER ITAMAR LEÓN BOBADILLA

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ  
DICIEMBRE 2021

# REPERCUSSION DEL DIÓXIDO DE TITANIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO PERMEABLE, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositoriobibliotecas.uv.cl">repositoriobibliotecas.uv.cl</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

## Dedicatória

A Dios por guiarme en todo momento de dificultad y brindarme la perseverancia necesaria para continuar ante los retos planteados a lo largo de la vida

A mi familia por ser el apoyo constante frente a las adversidades que se presentan día a día

A mis hijas por ayudarme a creer no solo en el ámbito cognoscitivo, sino también en el ámbito personal

A mi asesor por acompañarme y apoyarme en el desarrollo de la presente investigación.

## Agradecimiento

A Dios por ser la luz que guía mi andar, brindarme fortaleza y sabiduría para afrontar los retos de la vida.

A mi familia por confiar en mí y apoyar todos mis proyectos.

A mi asesor Dr. Rogelio Castañeda Gamboa, por su orientación y guía para el desarrollo de la presente investigación

## Índice de contenido

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
Introducción.....	iii
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Antecedentes de investigación .....	4
1.3 Formulación del problema.....	7
1.3.1 Problema general .....	7
1.3.2 Problemas específicos .....	7
1.4 Delimitación de la investigación .....	8
1.4.1 Delimitación Espacial.....	8
1.4.2 Delimitación Temporal.....	8
1.4.3 Delimitación Teórica.....	8
1.5 Justificación de la investigación.....	8
1.5.1 Justificación teórica.....	8
1.5.2 Justificación metodológica.....	8
1.5.3 Justificación practica .....	9
1.6 Objetivos de la investigación .....	9
1.6.1 Objetivo general .....	9
1.6.2 Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Bases teóricas.....	10

2.1.1	Concreto permeable con efecto fotocatalizador .....	10
2.1.2	Dióxido de titanio .....	14
2.2	Marco conceptual .....	20
CAPÍTULO III.....		22
MARCO METODOLÓGICO .....		22
3.1	Hipótesis de la investigación.....	22
3.1.1	Hipótesis general.....	22
3.1.2	Hipótesis específicas.....	22
3.2	Variables de la investigación .....	22
3.2.1	Definición conceptual.....	22
3.2.2	Definición operacional.....	22
3.3	Método de la investigación .....	23
3.4	Diseño de la investigación .....	23
3.5	Población y muestra.....	23
3.6	Actividades del proceso investigativo .....	24
3.7	Técnicas e instrumentos de la investigación.....	30
3.8	Procedimiento para la recolección de datos .....	30
CAPÍTULO IV.....		32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		32
4.1	Influencia del dióxido de titanio en la permeabilidad del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote. ....	32
4.2	Influencia del dióxido de titanio en la resistencia a la compresión del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote. ....	33
4.3	Influencia del dióxido de titanio en las propiedades foto catalíticas del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote. ....	35
4.4	Contrastación de hipótesis .....	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		39

5.1 Conclusiones .....	39
5.2 Recomendaciones.....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS.....	49
Anexo 1. Densidad del concreto permeable fresco.....	49
Anexo 2. Contenido de vacío del concreto permeable fresco.....	50
Anexo 3. Resultados de laboratorio.....	51
Anexo 5. Panel Fotográfico.....	100

índice de tablas

Tabla 1.....	24
Tabla 2.....	32
Tabla 3.....	32
Tabla 4.....	34
Tabla 5.....	35
Tabla 6.....	37
Tabla 7.....	37

## índice de figuras

Figura 1. Procedimiento de reducción de las Muestras de Agregado a Tamaño de Ensayo..	25
Figura 2. Procedimiento de investigación.....	31
Figura 3. Media de coeficiente de permeabilidad vs los especímenes ensayados .....	33
Figura 4. Media de resistencia a la compresión vs los especímenes ensayados .....	35
Figura 5. Media de propiedades foto catalíticas vs los especímenes ensayados.....	36

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote. Para lo cual se estableció un diseño cuasi experimental, donde la población estuvo conformada por 63 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm y 42 probetas de 9.5 x 15 cm de concreto; teniendo entonces como muestra probetas con diseño convencional (sin adición de titanio), y por los diseños de mezcla utilizando dióxido de titanio, considerando el estado de dióxido de titanio y el porcentaje de este sobre el concreto. Se determinó que los especímenes con 1,5% de TiO<sub>2</sub> en fase anatasa presentaron buenos índice de coeficiente de permeabilidad en relación con el coeficiente de permeabilidad presentado por la muestra patrón, la mayor resistencia a la compresión se presenta en la muestra con 1.5% de TiO<sub>2</sub> en fase rutilo, siendo seguidos por los especímenes con 5,5% de TiO<sub>2</sub> en fase rutilo y 1.5% en la fase anatasa que también presentaron buenos índice de resistencia a la compresión; la mayor propiedad fotocatalíticas se presentaron en los especímenes con 1,5% de TiO<sub>2</sub> en fase anatasa. Por lo que se concluyó que la dosificación de 1.5% en la fase anatasa es la más recomendable dado que muestra un buen índice de permeabilidad, así como mejoras significativas en la resistencia a la compresión del concreto y en la propiedad fotocatalítica. Así mismo se determinó que Se determinó que existe diferencia significativa del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote, con sig = 0, 000 < 0,05

**Palabras claves:** dióxido de titanio, concreto permeable, efecto fotocatalizador, resistencia a la compresión, permeabilidad.

## Abstract

The objective of this investigation was to determine the influence of titanium dioxide on pervious concrete with a photocatalytic effect, district of Nuevo Chimbote. For which a quasi-experimental design was established, where the population consisted of 63 cylindrical test tubes of 15 x 30 cm and 42 concrete test tubes of 9.5 x 15 cm; Then, having as a sample test tubes with conventional design (without the addition of titanium), and by the mix designs using titanium dioxide, considering the state of titanium dioxide and its percentage on the concrete. It was determined that the specimens with 1.5% TiO<sub>2</sub> in the anatase phase presented good permeability coefficient index in relation to the permeability coefficient presented by the standard sample, the highest resistance to compression is presented in the sample with 1.5% TiO<sub>2</sub> in the rutile phase, being followed by the specimens with 5.5% TiO<sub>2</sub> in the rutile phase and 1.5% in the anatase phase, which also presented good compression resistance index; the highest photocatalytic properties occurred in the specimens with 1.5% TiO<sub>2</sub> in the anatase phase. Therefore, it was concluded that the dosage of 1.5% in the anatase phase is the most recommended since it shows a good permeability index, as well as significant improvements in the compressive strength of the concrete and in the photocatalytic property. Likewise, it was determined that there is a significant difference in titanium dioxide in pervious concrete with a photocatalyst effect, district of Nuevo Chimbote, with  $\text{sig} = 0,000 < 0.05$

Keywords: titanium dioxide, pervious concrete, photocatalytic effect, compressive strength, permeability.

## Introducción

El primer uso del concreto con propiedades auto limpiantes se remonta a 1996, cuando Italcementi participó en la construcción de la iglesia Dives in Misericordia de Roma (finalizada en 2003). Este proyecto supuso la construcción de una compleja estructura de tres enormes velas blancas, ensambladas con concreto prefabricado. En un edificio de estas características, era necesario utilizar un concreto único por sus propiedades. El concreto, de gran resistencia y durabilidad, debía conservar el color blanco indefinidamente debido a las propiedades de autolimpieza de la superficie.

Se sabe que la principal razón para manchar los materiales de cemento, que son un cuerpo poroso, es la acumulación de compuestos orgánicos coloreados en las capas superficiales de los materiales. Los compuestos de cemento con nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  conservan sus características estéticas, especialmente el color, durante mucho tiempo incluso bajo la influencia de un entorno urbano agresivo. Los nuevos desarrollos en materia de concreto ofrecen la inclusión de nanopartículas foto catalíticas de  $\text{TiO}_2$  en el concreto, que pueden reducir la contaminación ambiental del aire (por ejemplo, al disminuir el contenido de óxidos de nitrógeno cuando se exponen a la radiación ultravioleta) y promover la autolimpieza de la superficie del concreto.

Como resultado de la exposición a la luz solar, las nanopartículas de dióxido de titanio actúan como un fotocatalizador, que convierte el vapor de agua y el oxígeno atmosférico en oxígeno atómico. El oxígeno activo que se libera como resultado de esta reacción es suficiente para matar bacterias, oxidar y descomponer los contaminantes orgánicos y desodorizar las habitaciones. Las casas hechas con compuestos de cemento con nanopartículas de dióxido de titanio conservan su color durante mucho tiempo, a pesar de la influencia de un entorno urbano agresivo.

El fotocatalizador  $\text{TiO}_2$  activa la radiación ultravioleta (UV) para oxidar los contaminantes del aire, como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). La aplicación del efecto foto catalítico del  $\text{TiO}_2$  en un revestimiento de concreto para eliminar los contaminantes del aire es una alternativa prometedora para eliminar los contaminantes de la calle. En este artículo se comparan varias formas de utilizar el  $\text{TiO}_2$  en el concreto y se evalúa la eficacia de los materiales de revestimiento protector a la hora de eliminar los contaminantes de la atmósfera, conservando las propiedades de autolimpieza.

El concreto con  $\text{TiO}_2$  ya se utiliza en pavimentos, pinturas, paneles de concreto y baldosas; cuando se añade al concreto, el  $\text{TiO}_2$  mantiene la superficie auto limpiante, elimina organismos biológicos como algas, bacterias, hongos y degrada los contaminantes del aire, como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). Otros factores que pueden afectar la eficiencia de la fotocatalisis de  $\text{TiO}_2$ , cuando se aplica al concreto, incluyen la porosidad, el tipo de agregado, el tamaño del agregado y el método de aplicación.

La mayor tasa de vacíos y rugosidad de la superficie, junto con un área de superficie más grande, puede aumentar la adherencia, el rendimiento y la durabilidad del  $\text{TiO}_2$  aplicado al concreto permeable. El concreto permeable al  $\text{TiO}_2$  se puede utilizar para la descomposición de mezclas naturales e inorgánicas, la eliminación de metales pesados y la eliminación de organismos microscópicos infecciosos. Puede ser utilizado de la misma manera para ayudar al decaimiento en la concentración de sustancias húmedas.

La incorporación de nanomateriales, como  $\text{TiO}_2$ , en la matriz de concreto o en las formulaciones de revestimiento, incluso en pequeñas cantidades, da como resultado una mayor resistencia al biodeterioro y una mayor durabilidad de las estructuras de concreto utilizadas en los sistemas de alcantarillado. La adición de  $\text{TiO}_2$  al concreto permeable provoca importantes cambios a nivel macroestructural y microestructural y su comprensión es

fundamental para la efectividad en su aplicación en el tratamiento de aguas residuales sanitarias.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue estudiar la influencia de la adición de  $\text{TiO}_2$  en las propiedades del concreto permeable, por medio de la medición de la específicamente de la resistencia a la compresión, permeabilidad y efecto fotocatalizador, a partir de la adición de  $\text{TiO}_2$  en porcentajes de 1.5%, 3.5% y 5.5% en fase rutilo y fase anatasa.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Los materiales/compuestos a base de cemento se han utilizado en estructuras de ingeniería civil durante muchos siglos y siguen siendo los materiales dominantes en la industria de la construcción. Sin embargo, en sus aplicaciones modernas, no solo se aplican como materiales estructurales, sino que también se utilizan como materiales funcionales para diseñar y fabricar estructuras inteligentes (Cassar et al., 2003) (Kabadi, 2020). Los materiales inteligentes son materiales diseñados capaces de representar una respuesta beneficiosa única a un estímulo externo.

Después de descubrir la división foto catalítica del agua en una celda fotoquímica de ánodo de óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) por Fujishima y Honda (Fujishima et al., 2000), así como por Wrighton et al. (Wrighton et al., 1976), los fundamentos y las aplicaciones de la fotocatalisis han recibido atención mundial (X. Chen & Mao, 2007), debido a las aplicaciones prometedoras de la fotocatalisis heterogénea, en varios campos que incluyen la energía solar, la química verde y la remediación ambiental (L. Palmisano et al., 2011) (Hamidi & Aslani, 2019b) (Bogue, 2014) (Teoh et al., 2012) (J. Chen & Poon, 2009). Ha pasado ya más de una década desde que la fotocatalisis se utilizó por primera vez en diferentes materiales, en particular aglomerantes de cemento, para lograr efectos de autolimpieza y, más recientemente, descontaminación (Macphee & Folli, 2016) (R. Nath et al., 2012) (Cassar et al., 2007).

El aumento de los contaminantes del aire en las regiones urbanas ha llevado a los investigadores a utilizar las propiedades foto catalíticas para eliminar las sustancias que contaminan la atmósfera. De hecho, la fotocatalisis contribuye de manera eficiente a mejorar la calidad de vida. El  $\text{TiO}_2$ , particularmente el  $\text{TiO}_2$  de tamaño nanométrico (Hanus & Harris, 2013), es el componente más utilizado en materiales estructurales de fotocatalisis debido a su

compatibilidad con materiales de construcción convencionales, como el cemento, sin deteriorar sus prestaciones. Es un material semiconductor que, en aplicaciones tradicionales, se ha utilizado como pigmento blanco (Pacheco-Torgal et al., 2018) (Herrmann, 2005).

Varios investigadores han informado que el  $\text{TiO}_2$  es capaz de reducir eficazmente contaminantes como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), los compuestos aromáticos, el amoníaco y los aldehídos (Addamo et al., 2008) (Hoffmann et al., 1995) (Fujishima & Honda, 1972). En cuanto a los materiales de construcción,  $\text{TiO}_2$  suele incorporarse al bulto de concreto; sin embargo, se puede aplicar a la superficie de los materiales de construcción como revestimiento (Tsai & Cheng, 1997) (Chung, 2002) (Di Paola et al., 2012). La implementación de materiales de fotocatalisis en combinación con materiales estructurales comenzó a principios de la década de 1990, y Mitsubishi Materials Corporation e Italcementi SpA ya han patentado adoquines y revestimientos foto catalíticos a base de aglomerantes hidráulicos (Chung, 2000) (Macphee & Folli, 2016) (Pacheco-Torgal et al., 2018) (Bogue, 2014) (Kabadi, 2020) (Amagua Sangoquiza, 2021) (Hanus & Harris, 2013).

Las numerosas funciones del  $\text{TiO}_2$  como material estructural y funcional ha dado lugar a sus amplias aplicaciones en materiales estructurales tanto de interior como de exterior, como morteros de cemento, adoquines y traviesas exteriores, con el fin de construir edificios funcionales inteligentes que tengan propiedades auto limpiantes y antimicrobianas y, más lo que es más importante, ayuda a limpiar el aire y el medio ambiente (Cassar et al., 2003). En el Perú, la preocupación ambiental en el sector construcción se asemeja al contexto internacional; sobre todo, al tomar en cuenta que el concreto presenta diversas deficiencias dependiendo de la zona donde se va a utilizar y dependiendo de las ventajas que se desea obtener para minimizar algún tipo de impacto negativo como la exposición a la humedad o a la contaminación del medio ambiente.

Para solucionar algunas de las problemáticas del concreto, en el mercado nacional se comercializan distintos tipos de aditivos para agregar al concreto, los cuales tienen por finalidad mejorar ciertas propiedades inherentes al mismo (Trujillo & Ossa, 2019). Estos aditivos comerciales son productos que son disueltos en el agua y que posteriormente son incluidos en la acción de mezclado de la masa del cemento para modificar su composición en estado fresco, así como aquellas condiciones que se presentan durante su trabajo (Vásquez Espinoza, 2016). Este tipo de sustancias, con origen químico, presentan distintas ventajas, pero de la misma manera una serie de inconvenientes para la obtención de concreto de buena calidad.

En el Perú también se vienen utilizando componentes químicos que son adicionados en el concreto como nano partículas, mejorando la hidratación del cemento, sus propiedades resistentes, su porosidad y la retracción del concreto que causa su posterior fisuración (Segura Montoya & Camelo Manzanares, 2019). Entre dichas sustancias, se pueden mencionar al óxido de silicio  $\text{SiO}_2$ , óxido de titanio  $\text{TiO}_2$ , óxido de hierro  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y el óxido de aluminio  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . De la misma manera, se puede identificar al dióxido de titanio, al cual algunos estudios le destacan sus propiedades foto catalíticas beneficiosas para el medio ambiente.

En dicho contexto, el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) es una de las sustancias químicas que se ha venido estudiando como aditivo en la elaboración de concreto que podría desarrollar la función de fotocatalizador y brindarle propiedades controladas por la luz solar para adquirir características de purificación de aire y auto limpieza. Sin embargo, aunque dicha tecnología ya viene siendo abordada por distintos estudios, su uso a gran escala aún no cuenta con el impulso necesario (Navarrete Angulo & Peñafiel Carpio, 2019). Es por ello por lo que existe una dificultad respecto a determinar con precisión cual sería el efecto de adicionar este tipo de sustancias en las propiedades mecánicas y físicas al ser utilizadas en la fabricación de concreto.

Por ejemplo, algunos estudios del uso de dióxido de titanio en la fabricación de morteros, citados por Jiménez y Moreno (2016), presentan resultados contradictorios ya que, por un lado, un estudio logró comprobar la mejora en las propiedades mecánicas, otro análisis estableció que dichas propiedades no se alteraban, mientras que, otra investigación determinó una reducción de la resistencia a la compresión cuando dicho componente químico era adicionado en un porcentaje mayor al 4%. Es por lo anterior que surge el interés de determinar la influencia del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

## **1.2 Antecedentes de investigación**

“Dióxido de titanio: uso potencial en concreto permeable” (Kabadi, 2020). Este estudio muestra los resultados de una investigación experimental de un concreto con dióxido de titanio. El objetivo principal de este estudio es aumentar la resistencia y la durabilidad de las estructuras de concreto. Los resultados favorables vienen dados por un pequeño porcentaje de adición de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ). El concreto se mezcla con diferentes porcentajes de dióxido de titanio (0%, 0,5%, 1%, 1,5% y 2%) de contenido en polvo. Según IS 10262:2009 e IS 415:2000, se obtuvieron las proporciones de la mezcla de concreto permeable. En el laboratorio, se desarrolló el concreto permeable y se examinaron las características tanto del concreto fresco como del permeable mediante las pruebas adecuadas. Se han realizado pruebas de concreto permeable fresco como la prueba de flujo de asentamiento. Las probetas, como cubos, cilindros y vigas, se colaron y curado. Después de 28 días de curado, se realizaron experimentalmente pruebas de concreto endurecido, como la prueba de resistencia a la tracción, la prueba de resistencia a la compresión y la prueba de resistencia a la flexión.

“Diseño de un concreto asfáltico drenante basado en un material de protección ambiental de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), aplicado en el corredor vial de alto tráfico, sector El Trébol, cantón Quito” (Amagua Sangoquiza, 2021). El propósito del desarrollo de este trabajo de

investigación es investigar el comportamiento del dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) como fotocatalizador en asfalto poroso. Para ello, se prepararon muestras rectangulares de asfalto de drenaje con un 4% de asfalto, se aplicó una micro emulsión de base acuosa con diferentes porcentajes de dióxido de titanio (3%, 5%, 8%, 10%) en la superficie de todas las muestras mencionadas. Utilizando un difusor a presión, esta solución a base de agua es el producto de una combinación de aditivo y agua con una proporción igual de aditivo/agua (1:1). Las pruebas de laboratorio demostraron que las muestras absorbieron  $197,17 \mu/\text{m}^3$  de contaminación por dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), lo que equivale al 98,56% del límite máximo establecido por la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire (NECA). En la prueba de descontaminación, se encontró presente en todas las muestras con incorporación de  $\text{TiO}_2$ , con un aumento significativo en las muestras con 10% de  $\text{TiO}_2$ . En la prueba de autolimpieza, la muestra con un 5% de inclusión de  $\text{TiO}_2$  cumple con los límites establecidos por la Organización Mundial del Medio Ambiente (OMM) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

“Estudio de las características del fotocatalizador dióxido de titanio en concretos, según la norma UNI 11259” (Navarrete Angulo & Peñafiel Carpio, 2019). El propósito de desarrollar este trabajo de investigación es investigar las propiedades del fotocatalizador de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en el concreto y su efecto sobre la resistencia a la compresión. Para ello se utilizaron agregados de la cantera Pifo, ubicada en el área metropolitana de Quito, a partir de los cuales se elaboró un concreto ordinario con inclusiones de dióxido de titanio del 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. al peso del cemento dosificado. La incorporación del fotocatalizador ( $\text{TiO}_2$ ) se realizó en combinación con el cemento antes del llenado con agregados y agua, la dosis utilizada se calculó según el método del American Concrete Institute (ACI 211.1) para obtener una dosis óptima. entre los componentes del concreto y el dióxido de titanio. En los ensayos de laboratorio, se comprobó que el tratamiento del 2% mantenía constante la

resistencia a la compresión en comparación con el concreto formulado de forma convencional, y que del tratamiento del 4% al 10% aumentaba significativamente a los 28 días de edad. Se comprobó que la propiedad de autolimpieza estaba presente en todos los tratamientos con la inclusión de  $\text{TiO}_2$ , que se evaluó según la norma UNI 11259. Y basándose en el análisis del precio unitario, se determinó que el concreto con un 2% de  $\text{TiO}_2$  era económicamente viable para su comercialización.

“Evaluación de las propiedades foto catalíticas de prefabricados para obras de infraestructura vial en concreto adicionado con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ )” (Segura Montoya & Camelo Manzanares, 2019). Esta investigación forma parte del macroproyecto "obras de infraestructura vial industrializada de nueva generación" realizado por el Semillero Experimental Unipiloto Sam-SEUS, el cual tiene como objetivo crear prototipos de obras de infraestructura vial con auténticas características de diseño, materiales innovadores y sustentables a partir de materiales reciclados. residuos de cantera. Este proyecto evalúa cualitativa y cuantitativamente el uso de materiales de construcción con propiedades foto catalíticas, en este caso se trata de concretos elaborados con cemento, agregados de residuos de cantera y adicionados con diferentes proporciones de dióxido de titanio  $\text{TiO}_2$ , se han realizado muestras que permiten medir. la resistencia a la compresión del concreto y la capacidad de degradación de los contaminantes atmosféricos, de esta manera se ha podido determinar qué proporción de dióxido de titanio funciona mejor para obtener resultados ideales en el diseño de la mezcla y ser útil en obras de infraestructura.

“Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en la propiedad autolimpiable del concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” (Vásquez Espinoza, 2016). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del fotocatalizador de dióxido de titanio sobre las propiedades de autolimpieza del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y su resistencia a la compresión. Se concluyó que el aumento del porcentaje de dióxido de titanio en los tratamientos de concreto estudiados redujo ligeramente

su resistencia a la compresión y, por tanto, su desarrollo. El tratamiento con 15% de TiO<sub>2</sub> mostró el menor desarrollo de la resistencia, alcanzando el 65,01% a los 7 días, aumentando al 90,78% a los 14 días y finalmente al 97,53% a los 28 días. El tratamiento sin TiO<sub>2</sub> mostró el mayor desarrollo de resistencia, alcanzando el 67,27% a los 7 días, aumentando al 92,44% a los 14 días y terminando con el 100,78% a los 28 días. Además, el ensayo de cambio de color nos dio como resultado que el único tratamiento no foto catalítico y autolimpiante es el tratamiento sin TiO<sub>2</sub>, ya que el valor R<sub>4</sub> de este tratamiento es inferior al 20% (6,19% < 20%) y el valor R<sub>26</sub> de este tratamiento es inferior al 50% (19,35% < 50%); en contraste con los otros tratamientos, que son foto catalíticos y auto limpiantes, ya que en todos los casos obtuvieron valores R<sub>4</sub> superiores al 20% y valores R<sub>26</sub> superiores al 50%. Finalmente, a partir de las investigaciones realizadas tanto en la resistencia a la compresión, como en el ensayo de desvanecimiento y el análisis económico, se concluye que el tratamiento óptimo para el rendimiento real es un tratamiento entre el 3% de TiO<sub>2</sub> - 6% de TiO<sub>2</sub>, ya que es el concreto que estadísticamente pertenece al mismo grupo con el concreto demandado en cuanto a la resistencia a la compresión, es foto catalítico y autolimpiante y el precio de producción no es muy elevado

### **1.3 Formulación del problema**

#### **1.3.1 Problema general**

¿Cuál es la influencia del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote?

#### **1.3.2 Problemas específicos**

¿Cuál es la influencia del dióxido de titanio en la permeabilidad del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote?

¿Cuál es la influencia del dióxido de titanio en la resistencia a la compresión del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote?

¿Cuál es la influencia del dióxido de titanio en las propiedades foto catalíticas del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote?

## **1.4 Delimitación de la investigación**

### **1.4.1 Delimitación Espacial**

La presente investigación se desarrolló en el distrito de nuevo Chimbote

### **1.4.2 Delimitación Temporal**

En cuanto al aspecto temporal, la misma abarco una temporalidad comprendida entre el año 2019 al 2021.

### **1.4.3 Delimitación Teórica**

Las teorías circunscritas en esta investigación fueron aquellas inherentes al dióxido de titanio y el concreto permeable con efecto fotocatalizador.

## **1.5 Justificación de la investigación**

### **1.5.1 Justificación teórica**

La presente investigación corresponde a generar conocimientos y aportes teóricos que corresponden a mejorar una mezcla a emplearse en concretos permeables, lo antes mencionado por medio de la adición de dióxido de titanio para mejorar las propiedades mecánicas del material, basándose en una optimización de una mezcla aportando buen flujo y alta estabilidad; adicionalmente, se debe verificar que la mezcla cumpla con las especificaciones de las distintas normas técnicas peruana, sumado a los beneficios económicos y ambientales.

### **1.5.2 Justificación metodológica**

La investigación responde a la selección de material que se ajusta a las propiedades solicitadas del caso, y permite confirmar la eficiencia de un método por medio de su desarrollo, que permite verificar y validar los resultados, lo que lo hace relevante en la consecución de estudios posteriores que sean de utilidad al diseño de nuevas opciones

tecnológicas que mejoren las condiciones mecánicas de las mezclas asfálticas de concretos permeables. Asimismo, muestra una alternativa de realización del material de dióxido de titanio, lo que refiere una disminución de impacto ambiental.

### **1.5.3 Justificación practica**

La presente investigación responde a contribuir al conocimiento del área de nuevas tendencias en concretos y geotecnias por lo que plantea la caracterización de un concreto con mejores propiedades mecánicas a través de la adición de un componente a la mezcla de diseño de un concreto. Cabe destacar que se propone el uso de dióxido de titanio como aditivo en la mezcla de diseño de concreto con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas, lo cual refiere una innovación en los materiales que se adaptan a nuevas características, adicional al aporte ambiental de la alternativa.

## **1.6 Objetivos de la investigación**

### **1.6.1 Objetivo general**

Determinar la influencia del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote

### **1.6.2 Objetivos específicos**

Establecer la influencia del dióxido de titanio en la permeabilidad del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

Establecer la influencia del dióxido de titanio en la resistencia a la compresión del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

Establecer la influencia del dióxido de titanio en las propiedades foto catalíticas del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Bases teóricas

##### 2.1.1 Concreto permeable con efecto fotocatalizador

Los materiales cementosos de fotocatalisis han sido estudiados como una alternativa para eliminar la contaminación ambiental mediante el uso de materiales de construcción que contengan compuestos fotocatalizadores. Además, el mantenimiento de las características estéticas de las estructuras, especialmente las basadas en cemento blanco, fue otro pilar importante para desarrollar materiales basados en cemento fotocatalisis (Kawahara et al., 2002) (Di Paola et al., 2012) (Hamidi & Aslani, 2019a). Debido a la adición de  $\text{TiO}_2$  en la mayor parte de la estructura, se espera que la tecnología del concreto y las propiedades finales de los productos cementicos no se vean afectadas, lo que significa que tanto el cemento blanco como el gris se pueden utilizar sin ningún problema particular (R. K. Nath et al., 2016).

Sin embargo, las mezclas orgánicas y otros materiales cementosos complementarios deben seleccionarse cuidadosamente para que no interfieran con la actividad foto catalítica de los productos. Utilizando materiales cementosos foto catalíticos, se han diseñado y construido varios edificios desde 2000, incluida una iglesia, Dives in Misericordia, en Italia; el ayuntamiento de la música y las artes, Chambéry, en Francia; estación central de policía, Burdeos, en Francia; edificio de air France, Aeropuerto Roissy-Charles de Gaulle, en Francia; y la corte de San Juan en Mónaco (Sikora et al., 2018) (Jalvo et al., 2017) (Ibrahim et al., 2019). Las aplicaciones más comunes de  $\text{TiO}_2$  en materiales cementosos se clasifican como aplicaciones verticales, horizontales y de túnel.

El concreto y las superficies externas de los edificios son ideales para incorporar materiales foto catalíticos, ya que sus configuraciones planas facilitarían la exposición del

fotocatalizador a la luz solar (Chung, 2000). En los cementos foto catalíticos, el  $\text{NO}^{3-}$  formado reacciona con el calcio del cemento para formar una sal soluble en agua, el nitrato de calcio, que el agua de lluvia puede eliminar fácilmente. La eliminación eficiente de los contaminantes del aire con concentraciones en el rango de 0,1 a 10 ppm es posible por medio de estos materiales cementosos foto catalíticos (Jiang et al., 2018).

Se han realizado numerosos estudios de laboratorio para demostrar el efecto descontaminante de los materiales foto catalíticos a base de cemento para la eliminación de COV,  $\text{NO}_x$ , CO, tolueno, plomo y  $\text{SO}_2$ , que se puede encontrar en detalle en (Chung, 2002) (Bellardita et al., 2018) (Amagua Sangoquiza, 2021) (Li et al., 2017) (Tsai & Cheng, 1997) (L. Y. Yang et al., 2015). Además, Etxeberria et al. (Etxeberria et al., 2017) exploró el impacto de la acumulación de polvo y aceite en la eficiencia de las superficies de concreto con actividad foto catalítica en la eliminación de  $\text{NO}_x$ .

Informaron que la acumulación de polvo daría como resultado una pérdida parcial de eficiencia en la eliminación de  $\text{NO}_x$  para  $\text{TiO}_2$  concreto revestido, mientras que para las muestras en las que se incluyó  $\text{TiO}_2$  en el concreto, se observó una severa pérdida de eficiencia. La impregnación de aceite también condujo a la pérdida completa de la eficiencia foto catalítica para el concreto que contenía  $\text{TiO}_2$ , mientras que para el concreto revestido con  $\text{TiO}_2$ , la capacidad inicial de eliminación de  $\text{NO}_x$  mostró una disminución del 80 % al 90 % porque el concreto revestido con  $\text{TiO}_2$  tenía mejor accesibilidad a los rayos UV.

Las propiedades mecánicas de los materiales cementosos a base de  $\text{TiO}_2$  dependen en gran medida de los productos de hidratación y la microestructura de los compuestos de cemento (Fujishima & Honda, 1972). Se ha demostrado que en circunstancias particulares, que incluyen un pH alto, la presencia de electrolitos no indiferentes como el  $\text{Ca}^{2+}$  y una actividad iónica alta, que son condiciones típicas dentro de la pasta de cemento, las partículas de  $\text{TiO}_2$  de tamaño nano y micro representan una gran tendencia a la aglomeración debido a los

fenómenos de correlación ion-ion (Wang, Zhang, et al., 2018) (Hoffmann et al., 1995) (Addamo et al., 2008) que son similares a las partículas de hidrato de silicato de calcio (CSH) en el cemento (Navarrete Angulo & Peñafiel Carpio, 2019) (Segura Montoya & Camelo Manzanares, 2019).

Sin embargo, la estructura de los grupos de partículas que contienen gel CSH es completamente diferente de la del aglomerado de  $\text{TiO}_2$  (Herrmann, 2005). Al comparar partículas de Titania de tamaño nano y micro, los agregados de  $\text{TiO}_2$  de tamaño micro son más pequeños y tienen poros más grandes y una mejor dispersión que el nano- $\text{TiO}_2$  (Salman et al., 2016). Tratamientos superficiales químicos de micro y nano- $\text{TiO}_2$  con fósforo y potasio, destinados a potenciar y controlar el crecimiento de cristales y facilitar la dispersión en sistemas acuosos, realizados por Folli et al. (Macphee & Folli, 2016), reveló aglomerados pequeños, de floculados y altamente dispersos para micro- $\text{TiO}_2$ , mientras que para nano- $\text{TiO}_2$ , se observaron grandes aglomerados floculados con débiles dispersiones.

De acuerdo con dicha evidencia experimental, la actividad foto catalítica de los materiales cementosos es una función del área superficial accesible en la estructura de cemento endurecido en lugar del área superficial específica del nano- $\text{TiO}_2$  (Wang, Zheng, et al., 2018) (Zhang et al., 2015). Por ejemplo, las moléculas grandes, como la rodamina B (RhB) con un diámetro de molécula promedio de 1,6 nm (Kurihara & Maruyama, 2016), pueden penetrar en los grupos de nano- $\text{TiO}_2$  (tamaño de poro de alrededor de 8 nm) con dificultad, mientras que sería fácil acceder a grupos de micro- $\text{TiO}_2$  (Li et al., 2018) (Reches, 2018).

El micro- $\text{TiO}_2$  más pequeño y bien disperso, los agregados en la superficie de las muestras de cemento, junto con sus macroporos, podrían ser más eficientes que los agregados de nano- $\text{TiO}_2$  más grandes y mal dispersos en términos de ofrecer un área de superficie accesible más grande para la adsorción y, posteriormente, la reacción de moléculas grandes como la rodamina. No obstante, las moléculas más pequeñas, como el  $\text{NO}_x$  gaseoso con dimensiones

de 100 a 200  $\mu\text{m}$ , pueden penetrar fácilmente en los grupos de nano y micro- $\text{TiO}_2$  y tener acceso a un área de superficie más alta en ambos catalizadores (Hanus & Harris, 2013).

En tales circunstancias, el área de superficie específica más alta del  $\text{TiO}_2$  nanométrico es un indicador de su alta capacidad foto catalítica para la degradación de  $\text{NO}_x$ . El entorno alcalino de los aglutinantes hidráulicos (es decir, cemento y cal hidráulica) y los aglutinantes no hidráulicos (es decir, yeso y cal) afecta la actividad foto catalítica del  $\text{TiO}_2$ . Estos aglutinantes suelen ser porosos a micro y nano escala. Estos poros son donde normalmente se colocaría  $\text{TiO}_2$ , actuando como un agregado adicional o nanorrelleno. Los productos de hidratación ilimitados en las porosidades del material podrían adsorberse en la superficie de  $\text{TiO}_2$  y, por lo tanto, reducir el área de superficie disponible del fotocatalizador.

Además, también podría ocurrir un aumento en la recombinación de huecos de electrones en especies adsorbidas (Rhee et al., 2018) (Cassar et al., 2007). Además, por el envejecimiento del material, los materiales alcalinos serían carbonatados y, por lo tanto, inducirían un aumento de volumen sólido superior al 10 %, lo que resultaría en una disminución de la absorción capilar y precipitación de carbonato de calcio (R. Nath et al., 2012) (L. Yang et al., 2018). Estos precipitados interceptarían los sitios activos del fotocatalizador y disminuirían la eficiencia foto catalítica del  $\text{TiO}_2$ , en particular para los efectos de protección (Loh et al., 2018).

La situación se vería agravada por la acumulación de contaminantes en las superficies expuestas al medio ambiente (Zhong & Haghghat, 2015). Por lo tanto, sería un desafío preservar la eficiencia a largo plazo de la actividad foto catalítica en un entorno alcalino de materiales cementosos. Ahora, surge la pregunta de cómo afectaría el fotocatalizador incorporado a la microestructura del ligante. Lackhof et al. y Li et al. (Li et al., 2018) enfatizó que el  $\text{TiO}_2$  tiene actividad puzolánica, respaldada por una aceleración observada en la

hidratación del cemento por Li et al. (Li et al., 2017), mientras que Lackhoff et al. no tenía datos de validación.

Por una reducción en el tiempo de fraguado y la porosidad final de los materiales cementosos foto catalíticos a base de  $\text{TiO}_2$ , Nazari y Riahi apoyaron la idea de la actividad puzolánica del  $\text{TiO}_2$ , mientras que Chen y Poon (J. Chen & Poon, 2009) rechazaron cualquier actividad puzolánica del  $\text{TiO}_2$  ya que no se observó ningún cambio de masa para el  $\text{TiO}_2$  durante la hidratación del cemento, lo que sugiere el comportamiento inerte del nano polvo de Titania. Por lo tanto, la actividad puzolánica del  $\text{TiO}_2$  aún necesita más trabajo pionero.

Como se mencionó anteriormente, el  $\text{TiO}_2$  también afectaría la estructura de poros de la pasta de cemento. Zhang et al. (Zhang et al., 2015) reveló que mediante la adición de 1, 3 y 5 % en peso de nano- $\text{TiO}_2$ , los diámetros de poro más probables después de 28 días correspondían a 84, 53 y 47 nm respectivamente, mientras que el diámetro de poro de la pasta de cemento era 103 nm antes de la adición de nano- $\text{TiO}_2$ . Además, al aumentar el contenido de nano- $\text{TiO}_2$ , el volumen de poro acumulativo disminuyó.

Otros investigadores (J. Chen & Poon, 2009) (G. Palmisano et al., 2007) (Teoh et al., 2012) (Han et al., 2017) (Haque & Chen, 2019) informaron una tendencia decreciente en el volumen de poro específico total al aumentar el nano- $\text{TiO}_2$  contenido. Li et al. (Li et al., 2018) demostraron que el nano- $\text{TiO}_2$  mejoraría la compacidad de los compuestos cementosos y reduciría su porosidad del 9,045 % al 6,96 %. Asimismo, Salman et al. (Salman et al., 2016) observaron que el nano- $\text{TiO}_2$  es capaz de llenar los poros dentro de la matriz de cemento, reduciendo el tamaño de los cristales de hidrato de calcio y densificando la microestructura de los compuestos cementosos.

### **2.1.2 Dióxido de titanio**

Un fotocatalizador es un compuesto que facilita una reacción química tras la absorción de luz y se genera en el proceso (Banerjee et al., 2015) (Bogue, 2014). Muchos óxidos de metales de

transición muestran actividad foto catalítica, es decir, estas sustancias actuarían como fotocatalizadores y promoverían reacciones de oxidación y reducción cuando se exponen a la radiación electromagnética (S. Chen & Cao, 2006). El proceso foto catalítico heterogéneo básico es la activación de un fotocatalizador semiconductor por irradiación (Hamidi & Aslani, 2019b).  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  y  $\text{CdS}$  son materiales semiconductores ampliamente utilizados (L. Palmisano et al., 2011).

Los semiconductores contienen una banda de conducción llena y una banda de valencia vacía, que están separadas por una banda prohibida de energía ( $E_g$ ). Al absorber un fotón de energía igual o mayor que  $E_g$ , un electrón ( $e^-$ ) de la banda de valencia sería promovido a la banda de conducción resultando un hueco ( $h^+$ ) en la banda de valencia. El hueco de la banda de valencia es un fuerte agente oxidante y es capaz de oxidar moléculas donadoras de electrones adsorbidas en la superficie, mientras que el electrón de la banda de conducción es un poderoso agente reductor y reduciría las moléculas aceptoras (X. Chen & Mao, 2007) (Fujishima et al., 2000).

Las especies reactivas de oxígeno tienen la capacidad de descomponer los microbios en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  (Teoh et al., 2012) (Hanus & Harris, 2013) (Bogue, 2014). La eficiencia del proceso fotoquímico es una función compleja de varios factores, en los que cinco de ellos son los más influyentes: (1) absorción efectiva de la luz solar, (2) separación rápida de carga después de la absorción de luz para evitar la recombinación de huecos de electrones, (3) la separación del producto de la superficie del fotocatalizador, (4) la compatibilidad entre los potenciales redox del hueco de la banda de valencia y el electrón de la banda de conducción con los de las especies donadora y aceptora, respectivamente, y (5) la estabilidad a largo plazo del fotocatalizador (Banerjee et al., 2015) (Kurihara & Maruyama, 2016) (Han et al., 2017) (Loh et al., 2018) (Jalvo et al., 2017).

Entre todos los óxidos de metales de transición, el  $\text{TiO}_2$  es el fotocatalizador más estudiado para materiales cementosos auto limpiantes debido a su bajo costo, estabilidad química y seguridad humana, no toxicidad y actividad foto catalítica eficiente (Kurihara & Maruyama, 2016) (Salman et al., 2016) (Li et al., 2017). En condiciones ambientales, el  $\text{TiO}_2$  tiene tres estructuras cristalinas principales, que incluyen anatasa (estructura cristalina tetragonal distorsionada), rutilo (también tetragonal) y brookita (estructura cristalina ortorrómbica), en las que solo el rutilo y la anatasa son atractivos para aplicaciones prácticas, ya que son de banda ancha. semiconductores de brecha (Haque & Chen, 2019) (Navarrete Angulo & Peñafiel Carpio, 2019) (Loh et al., 2018) (Etxeberria et al., 2017).

En general, la anatasa es más eficiente en la degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en fase vapor o líquida (Kabadi, 2020) (Segura Montoya & Camelo Manzanares, 2019). Las fases de rutilo y brookita son más aplicables para la oxidación selectiva de síntesis orgánicas (Trujillo & Ossa, 2019) (Rhee et al., 2018) (Hamidi & Aslani, 2019a). Sin embargo, el acoplamiento de las fases de anatasa y rutilo aumentaría significativamente la actividad foto catalítica en comparación con cada componente individual (Bogue, 2014). La banda prohibida de la anatasa es del orden de 3,2 eV, correspondiente a una longitud de onda de 388 nm, por lo que su activación necesita una fuente de irradiación con una longitud de onda inferior a 388 nm, que se encuentra en la región del UV cercano.

Por lo tanto, la luz visible no es lo suficientemente energética para inducir la actividad foto catalítica en la anatasa (Macphee & Folli, 2016) (Vásquez Espinoza, 2016) (Jalvo et al., 2017). La alta actividad foto catalítica de la anatasa ha dado lugar a sus amplias aplicaciones como revestimientos foto catalíticos en diversos sustratos bajo luz ultravioleta cercana de baja intensidad (Ibrahim et al., 2019). Con respecto a los parámetros influyentes, numerosas variables fisicoquímicas tienen impacto en las propiedades foto catalíticas del  $\text{TiO}_2$ , a saber, tamaño de partícula, área de superficie, volumen de poro, contenido de hidroxilo superficial y

grado de cristalinidad (L. Palmisano et al., 2011) (Zhong & Haghghat, 2015) (Cassar et al., 2007).

La cristalinidad, en particular, es un factor importante que contribuye a la alta fotoactividad, ya que la presencia de una fase amorfa facilitaría la recombinación de electrones y huecos foto excitados. La superhidrofilia es una propiedad importante para lograr funciones de autolimpieza en los materiales. Las gotas de agua pueden esparcirse, generando una película delgada en las superficies superhidrofílicas. Al rociar agua sobre tales superficies por medio de la lluvia o la luz, el agua puede difundirse en el espacio entre el sustrato y el polvo, eliminando el polvo (Han et al., 2017).

Las superficies hidrofílicas tienen un ángulo de contacto con el agua de menos de  $90^\circ$  y, en el caso de las superficies superhidrofílicas, el ángulo de contacto con el agua es cercano a  $0^\circ$  (Li et al., 2017). Los materiales con actividades foto catalíticas son las sustancias más comunes para superficies hidrofílicas. Entre los numerosos materiales con propiedades superhidrofílicas, el  $\text{TiO}_2$  es uno de los más prometedores debido a sus favorables propiedades físicas y químicas. El  $\text{TiO}_2$  puede exhibir propiedades de superhidrofilia tanto foto catalíticas como foto inducidas.

$\text{TiO}_2$  ha sido ampliamente investigado durante la última década; sin embargo, se están realizando más investigaciones para identificar los mecanismos exactos para la destrucción de contaminantes específicos. Sin embargo, es difícil distinguir si la fotocatalisis o la superhidrofilia foto inducida son más importantes para las propiedades de autolimpieza (R. K. Nath et al., 2016) (Sikora et al., 2018). La superhidrofilia es de gran importancia en las estructuras civiles ya que prolongaría la durabilidad estética de las estructuras.

Las superficies hidrófilas con actividades foto catalíticas son más ventajosas debido a su capacidad para descomponer una amplia gama de contaminantes orgánicos, como aromáticos, tensioactivos y tintes (L. Y. Yang et al., 2015) (Di Paola et al., 2012), así como muchos

compuestos disponibles en las manchas en las superficies exteriores en el presencia de oxígeno (Kawahara et al., 2002). Proporcionar más radicales hidroxilo en la superficie de  $\text{TiO}_2$  a través de la superhidrofilia conduciría a una mayor eficiencia de degradación de sustancias orgánicas (Addamo et al., 2008). Además, la transición de hidrofilia a hidrofobicidad es posible debido a la adsorción de compuestos orgánicos en la superficie de la película; por lo tanto, una descomposición foto catalítica más eficiente de estos contaminantes orgánicos resultaría en el mantenimiento de la superhidrofilia de la superficie (Salman et al., 2016).

Por lo tanto, los efectos simultáneos de la fotocatalisis y la superhidrofilia asegurarán que se conserve el comportamiento de autolimpieza de las películas de  $\text{TiO}_2$ . En las industrias de la cerámica y la construcción, existe un interés creciente por el efecto antimicrobiano foto inducido del  $\text{TiO}_2$ , en particular para entornos microbiológicamente sensibles, como las instalaciones médicas. Como revelan estudios relevantes (X. Chen & Mao, 2007) (Rhee et al., 2018), la instalación de baldosas foto catalíticas en muebles de interior no solo redujo la cantidad de bacterias en la superficie de la pared a un nivel insignificante, sino que también disminuyó significativamente la cantidad de bacterias en el aire.

Además, la actividad antimicrobiana foto inducida del  $\text{TiO}_2$  también se puede aplicar para controlar el crecimiento biológico en la superficie del concreto (J. Chen & Poon, 2009). El crecimiento de biopelículas en las superficies de concreto provocaría la pérdida de la apariencia estética de los edificios y deterioraría la durabilidad de las estructuras de concreto. La eficacia de los fotocatalizadores de nanopartículas antimicrobianas se limita al medio ambiente, lo que significa que debe haber suficiente irradiación con una longitud de onda requerida (luz UV de 388 nm para  $\text{TiO}_2$ ).

Como alternativa, el dopaje de  $\text{TiO}_2$  para disminuir su banda prohibida daría como resultado la activación del proceso foto catalítico por luz visible, lo que promoverá la actividad foto

catalítica en interiores. Se ha informado que el dopaje de  $\text{TiO}_2$  con metales nobles (es decir, Ag, Ni, Pt, Au, Cu, Rh, Pd), óxidos (es decir, ZnO,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{SiO}_3$ ,  $\text{CrO}_3$ ) o no metales (es decir, C, N, S, P) sería eficaz (Macphee & Folli, 2016). Sin embargo, el dopaje de nano- $\text{TiO}_2$  con metales nobles es costoso (Cassar et al., 2007). Por lo tanto, la sustitución de  $\text{TiO}_2$  con otras nanopartículas fotocatalizadores con mejores actividades antimicrobianas, como ZnO (Bogue, 2014), podría considerarse una alternativa viable.

La contaminación del aire por óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) es un problema dramático que contribuye a empeorar la calidad de vida, especialmente en las grandes áreas urbanas (Hamidi & Aslani, 2019b) (J. Chen & Poon, 2009) (Loh et al., 2018). Los  $\text{NO}_x$  junto con los óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ) son los principales compuestos químicos responsables de la lluvia ácida y el smog fotoquímico (Jalvo et al., 2017) (Herrmann, 2005). La contaminación del aire interior por sustancias que incluyen  $\text{NO}_x$ , que, en química atmosférica, es la suma de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), óxidos de carbono (es decir, CO y  $\text{CO}_2$ ), y los compuestos orgánicos volátiles (COV), no solo amenazan la salud humana, sino que también afectan gravemente el metabolismo normal de las plantas (Salman et al., 2016).

Entre todos, los  $\text{NO}_x$  son los contaminantes más problemáticos. El NO se considera el contaminante primario, que se introduce principalmente en la atmósfera directamente de la combustión a alta temperatura en el transporte y las actividades industriales, mientras que el  $\text{NO}_2$  se considera un contaminante secundario ya que se forma principalmente en la atmósfera debido a la interacción entre el NO y  $\text{O}_2$  u  $\text{O}_3$  y/o luz solar (Rhee et al., 2018). Los fotocatalizadores son capaces de descomponer varios óxidos y compuestos orgánicos contaminantes que causan problemas de salud y ambientales.

El mecanismo de descomposición que rige implica la generación de radicales debido a la irradiación de la sustancia fotocatalizador y, posteriormente, la conversión de contaminantes en compuestos inocuos (Loh et al., 2018) (Haque & Chen, 2019).  $\text{NO}_3^-$  es inofensivo en

pequeñas cantidades y sería arrastrado por las gotas de agua. El primer informe sobre la descomposición foto catalítica de contaminantes a base de  $\text{TiO}_2$  se publicó en 1977, en el que se informó sobre la capacidad del proceso foto catalítico para degradar el cianuro en un producto inocuo en las aguas residuales (Bogue, 2014).

En los últimos años, la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos del aire a través del proceso foto catalítico se ha explorado ampliamente debido al potencial de los fotocatalizadores para purificar el aire en oficinas, edificios, hogares, escuelas, etc. (Ibrahim et al., 2019). Entre las tecnologías más utilizadas para la remediación de  $\text{NO}_x$  (Haque & Chen, 2019) (Han et al., 2017), la degradación foto catalítica de  $\text{NO}_x$  se ha convertido en una alternativa válida en las últimas décadas, confirmada por tremendos intentos científicos (Hanus & Harris, 2013) (Zhong & Haghghat, 2015) (Li et al., 2017) (Navarrete Angulo & Peñafiel Carpio, 2019) y el continuo crecimiento de productos comerciales disponibles en el mercado, que son principalmente cementos y pinturas que contienen  $\text{TiO}_2$  (Loh et al., 2018) (Wang, Zheng, et al., 2018).

## **2.2 Marco conceptual**

AASHTO: Asociación Estadounidense de funcionarios de Transporte y Carreteras Estatales

Arena: Una partícula de suelo entre 0,05 y 2,0 mm de tamaño

Base graduada densa: Generalmente una base de agregado triturado con finos que, cuando compactado, crea una base para concretos y no permite que entren cantidades significativas de agua. Los tamaños de las partículas pueden variar desde 40 mm (1,5 pulg.) hasta menos que el tamiz n.º 200 (0,075 mm).

Cobertura impermeable: superficies que no permiten que la lluvia se infiltre en el suelo

Erosión: El proceso de desgaste del suelo por el agua, el viento, el hielo y la gravedad.

Exfiltración: el movimiento descendente del agua a través de una base de piedra triturada abierta hacia el suelo que se encuentra debajo.

Finos: partículas de limo y arcilla en un suelo, generalmente aquellas más pequeñas que el No. 200 o 0.075 mm

Grava: agregados que varían en tamaño desde U pulg. (6 mm) a 3 pulg. (75 mm) que ocurre naturalmente en lechos de arroyos o riberas de ríos que han sido suavizados por la acción del agua

Limo: Suelo formado por partículas de tamaño entre 0,05 y 0,002 mm.

Relación de vacíos: volumen de vacíos alrededor del agregado dividido por el volumen de sólidos.

Concreto permeable: una superficie con penetraciones capaces de pasar y esparcir agua capaz de soportar peatones y vehículos, por ejemplo, concreto permeable de concreto entrelazado

Concreto poroso: Una superficie llena de poros capaz de soportar peatones y vehículos

Permeabilidad: La tasa de movimiento del agua a través de una columna de suelo bajo condiciones saturadas

Piedra triturada: roca triturada mecánicamente que produce partículas angulares.

Porosidad: Volumen de vacíos en un base dividido por el volumen total de una base.

Sedimento: Suelos transportados y depositados por agua, viento, hielo o gravedad.

Superficies/cobertura permeables o permeables: superficies que permiten la infiltración de la lluvia, como áreas con vegetación

Tasa de infiltración: La tasa a la que el agua de lluvia se mueve a través del suelo, medida en pulgadas por hora o metros por segundo

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Hipótesis de la investigación**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

Existe diferencia significativa del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

Existe diferencia significativa del dióxido de titanio en la permeabilidad del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

Existe diferencia significativa del dióxido de titanio en la resistencia a la compresión del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote

Existe diferencia significativa del dióxido de titanio en las propiedades foto catalíticas del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote

#### **3.2 Variables de la investigación**

##### **3.2.1 Definición conceptual**

- Concreto permeable con efecto fotocatalizador: mezcla de cemento, conocido como auto limpiante, cuyas propiedades únicas son los componentes foto catalíticos que utilizan la energía de los rayos ultravioleta para oxidar compuestos orgánicos y algunos inorgánicos (L. Y. Yang et al., 2015).
- Dióxido de titanio: es un mineral muy abundante en la tierra: también es el noveno elemento químico más abundante en la corteza terrestre. Se puede utilizar en cosmética como filtro UV o como colorante blanco (Cassar et al., 2007).

##### **3.2.2 Definición operacional**

- Concreto permeable con efecto fotocatalizador: análisis de las propiedades del concreto, específicamente resistencia a la compresión, permeabilidad y efecto

fotocatalizador, a partir de la adición de  $\text{TiO}_2$  en porcentajes de 1.5%, 3.5% y 5.5% en fase rutilo y fase anatasa.

- Dióxido de titanio: adición de  $\text{TiO}_2$  en porcentajes de 1.5%, 3.5% y 5.5% en fase rutilo y fase anatasa, para la evaluación de las propiedades del concreto permeable, específicamente resistencia a la compresión, permeabilidad y efecto fotocatalizador.

### **3.3 Método de la investigación**

Método experimental, es un método científico de comprobación de la veracidad de afirmaciones hipotéticas a través de la experiencia, implica la manipulación de variables que permiten obtener los datos de forma inequívoca y precisa.

### **3.4 Diseño de la investigación**

La presente investigación refirió un diseño pre experimental, considerando los ensayos y pruebas necesarias para determinar la influencia del dióxido de titanio en el concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

Diseños pre – experimentales

- I. Una medición previa de la variable dependiente a ser estudiada (pre test).
- II. Introducción o aplicación de la variable independiente o experimental X a los sujetos Y.
- III. Una nueva medición de la variable dependiente en los sujetos (post test)

### **3.5 Población y muestra**

Para los fines de la investigación desarrollada, el universo es el concreto permeable, porque este tipo de concreto ha sido objeto de análisis y experimentos; la población estuvo conformada por 63 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm y 42 probetas de 9.5 x 15 cm de concreto.

Teniendo entonces como muestra probetas con diseño convencional (sin adición de titanio), y por los diseños de mezcla utilizando dióxido de titanio, considerando el estado de dióxido de

titanio y el porcentaje de este sobre el concreto; así mismo se ejecutaron 3 réplicas por cada diseño tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.  
*Muestra*

Diseño	Estado del TiO <sub>2</sub>	Dióxido de titanio en %	Réplicas	Variables de Respuesta
1	Sin TiO <sub>2</sub>	Patrón	9	
2	TiO <sub>2</sub> en fase rutilo	1.5	9	Resistencia a la compresión, permeabilidad y efecto fotocatalizador
3		3.5	9	
4		5.5	9	
6		1.5	9	
7	TiO <sub>2</sub> en fase Anatasa	3.5	9	
8		5.5	9	

### 3.6 Actividades del proceso investigativo

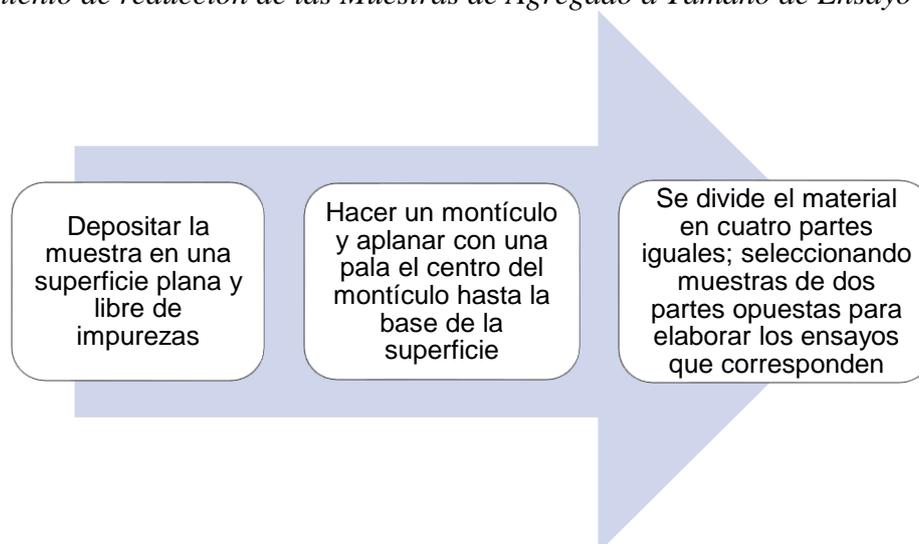
Para poder recolectar información se requirieron procedimientos experimentales que permitieron obtener datos reales y fiables prestos a ser analizados, tales como: método Marshall, límite líquido, límite e índice plástico, análisis granulométrico por tamizado, absorción del agregado y peso específico grueso, equivalente de arena, absorción del agregado y peso específico fino, porcentaje de caras fracturadas, contenido de sales solubles agregados, abrasión de los ángeles al riego de liga de los agregados y porcentaje de partículas chatas y alargadas. Lo anterior de acuerdo con las siguientes actividades:

- Extracción y Preparación de Muestras (ASTM D 75 / NTP 400.010): Esto se hace con el objetivo de obtener muestras que indiquen la naturaleza y las condiciones del material que representan. La investigación preliminar y el muestreo de las posibles canteras de áridos es muy importante, ya que determina la conveniencia de su uso.
- Reducción de las Muestras de Agregado a Tamaño de Ensayo (ASTM C 702/ NTP 400.043): proporciona los procedimientos necesarios para reducir la gran muestra de

campo, tanto de áridos gruesos como de finos, para poder realizar las pruebas de caracterización y clasificación de los materiales de forma que la pequeña muestra sea representativa de la muestra total.

*Figura 1.*

*Procedimiento de reducción de las Muestras de Agregado a Tamaño de Ensayo*



- Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados por secado. (ASTM C 566 / NTP 339.185): establece que el propósito del contenido de humedad es determinar la humedad evaporativa total del mineral en su estado natural, esto es para cualquier tipo de mineral.
- Determinación de contenido de aire de mezcla de concreto por el método de presión. (ASTM C 231 / NTP 339.083): Llène el depósito con concreto en dos capas de igual volumen. Utilice un mazo de goma para golpear suavemente los lados del recipiente 10-15 veces para cada capa para eliminar las burbujas de aire. Nivele, termine la superficie de concreto, retire todo el exceso de concreto y monte el equipo.
- Determinación de granulometría de los agregados Fino, Grueso y Global. (ASTM C 136 / NTP 400.012): Se encarga de identificar y clasificar las partículas de los áridos según su tamaño. Con este ensayo se puede calcular el tamaño máximo, el tamaño

máximo nominal y el módulo de finura; ya que a partir de estos resultados se realiza el diseño y control de las mezclas.

- Determinación de la capacidad de retención de partículas contaminantes: en este ensayo se considerará desarrollar un ambiente controlado donde se agregue óxido de nitrógeno que contaminará las probetas experimentales y realizar la comparación con las muestras patrón.
- Determinación de la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. (ASTM C 138 / NTP 339.046): determina los pasos para determinar el peso unitario. El objetivo de esta norma es calcular la densidad del concreto fresco por 1 m<sup>3</sup> de masa de concreto mediante la dosificación de la mezcla. Llene el recipiente en dos capas de igual volumen sin compactar. Utilizar un mazo de goma para golpear suavemente los lados de cada capa del recipiente de 10 a 15 veces. Nivelar, terminar la superficie del concreto, limpiar el exceso de concreto y pesar.
- Determinación de la propiedad autolimpia: en este ensayo se observará la capacidad de las probetas experimentales para que luego de haber absorbido gases contaminantes, como el óxido de nitrógeno, este sea removido mediante la adición de los rayos solares y se realice la comparación con las muestras patrón.
- Determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (ASTM C 39 / NTP 339.034): Retirar las muestras de concreto de la zona de curado. La edad de ruptura considerada es de 28 días. Limpie las superficies de las muestras y calcule sus diámetros. Coloque almohadillas de neopreno para una distribución uniforme de la carga y colóquelas en el tornillo de banco. Alinear las muestras con el cabezal de la máquina de ensayo. Aplique la carga de forma continua y uniforme sin

detenerse. Registre la carga máxima que alcanza la muestra durante el ensayo y calcule la resistencia a la compresión según la NTP 339 034

- Determinación de la temperatura de mezclas de concreto. (ASTM C 1064 / NTP 339.184): La prueba consiste en introducir el medidor de temperatura en la muestra de concreto de forma que quede rodeado por todos los lados por la mezcla (al menos 3" y alejado del recipiente en el que se encuentra), tiempo El tiempo mínimo de permanencia en el medidor es de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Esta prueba debe realizarse dentro de los 5 minutos siguientes al muestreo.
- Determinación de Materiales más que pasan por el Tamiz 75  $\mu\text{m}$ . (ASTM C 117 / NTP 400.018): Secar el espécimen de prueba hasta alcanzar un peso constante a una temperatura no superior a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y pesarlo con una precisión de 0,1% Agitar con suficiente fuerza para separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (N.º 200) y provocar la suspensión de las partículas finas. Este paso se repite hasta que el agua de lavado salga completamente limpia. Cualquier material que quede en el conjunto de tamices se devuelve a la muestra lavada. El agregado lavado se seca hasta peso constante a una temperatura no superior a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y se pesa con una precisión del 0,1% del peso del agregado de la muestra. La cantidad de material que pasa por el tamiz se estima en 75  $\mu\text{m}$  (N.º 200), por lavado
- Determinación del asentamiento del concreto de cemento Portland. (ASTM C 143 / NTP 339.035): En el concreto bien graduado, el contenido de agua necesario para producir un determinado asentamiento depende de varios factores; se requiere más agua con los áridos de forma angular y textura gruesa, reduciéndose su contenido a medida que aumenta el tamaño máximo del árido. El ensayo de medición de la consistencia del cemento se denomina ensayo de deslizamiento y consiste en

consolidar una muestra de concreto fresco en un molde cónico (cono de Abrams), midiendo el asentamiento de la mezcla tras el mezclado.

- Determinación del nivel de decoloración mediante aplicación de rodamina: en este tipo de ensayo se procederá a utilizar las probetas de concreto las cuales serán cubiertas por un colorante orgánico (rodamina) para luego ser expuestas a luz solar y evaluar si el material experimental desarrolla un proceso foto catalítico mediante la decoloración del colorante utilizado y compararlo con la reacción obtenida por las probetas patrón.
- Determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. (ASTM C 403 / NTP 339.082): Se obtendrá una muestra de mortero mediante el cribado de una muestra representativa de concreto fresco, se colocará en un recipiente y se almacenará a una temperatura ambiente especificada, a intervalos regulares se obtendrá la resistencia a la penetración del mortero utilizando la aguja estándar 645 1 pulg<sup>2</sup>, ½ pulg<sup>2</sup>, ¼ pulg<sup>2</sup>, 1/10 pulg<sup>2</sup>, 1/20 pulg<sup>2</sup> y 1/40 pulg<sup>2</sup>. Se proporcionará un dispositivo para medir la fuerza necesaria para provocar la penetración de la aguja, el dispositivo deberá ser capaz de medir la fuerza de penetración con una precisión de  $\pm 10$  N y una capacidad de al menos 600 N.
- Determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. (ASTM C 29 / NTP 400.017): especifica las pautas a seguir para obtener el peso unitario en estado suelto y compactado de los áridos. Obtener la muestra de acuerdo con la NTP 400.010. Reducir la muestra al tamaño de la prueba según la NTP 400.043. La muestra será del 125% al 200% de la cantidad necesaria para llenar la capacidad del contenedor. Descargue el agregado a una altura no superior a 50 mm (2 pulgadas) por encima de la parte superior del recipiente, luego retire el agregado restante utilizando una regla. Pesar el contenedor con su contenido y el contenedor vacío. Calcular el peso por unidad de volumen según NPT 400.017.

- Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. (ASTM C 31 / NTP 339.033): El procesamiento de muestras cilíndricas de 10cm x 20cm se hace en dos vueltas, se necesita un vaso, muestras cilíndricas debidamente lubricadas, una pared de goma y una barra de compactación para llenar manualmente, también se puede hacer con una mesa vibratoria. Para el curado inicial, las muestras se almacenarán en condiciones que mantengan una temperatura ambiente de 16°C a 27°C. para evitar la pérdida de humedad. Inmediatamente después, las muestras se colocarán en una solución acuosa de cal saturada a una temperatura de 23°C ± 2°C. La saturación puede lograrse añadiendo temporalmente 2g de cal hidratada por litro de agua.
- Muestreo de Concreto Recién Mezclado. (ASTM C 172 / NTP 339.036): establece que las muestras para la determinación de la resistencia deben ser de al menos 28 L (1 pie cúbico) mediante el muestreo en dos o más porciones.
- Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso. (ASTM C 127 / NTP 400.021): El peso específico es una característica comúnmente utilizada para calcular el volumen ocupado por un árido en una mezcla de concreto, analizado en base al volumen absoluto y determinado después de que el árido se haya empapado durante al menos 24 horas.
- Refrentado de testigos cilíndricos de concreto. (ASTM C 617 / NTP 339.037): Consiste en preparar y acondicionar las muestras que se van a ensayar posteriormente. Se cubren con un mortero de azufre para conseguir una distribución uniforme de la carga. El procedimiento seguido: el azufre se calentó en una caldera hasta una temperatura de 130°C. Se aplicó una fina capa de aceite al molde para facilitar la extracción de la muestra de la placa. Se añadió azufre fundido al molde e inmediatamente se colocó la muestra encima, se esperó unos segundos y se sacó la muestra del molde. Se comprobó la nivelación de las muestras y, en caso contrario, se

volvieron a inclinar. A continuación, se dejó curar durante 2 horas, tal como se describe en la norma ASTM C617. A continuación, se realizó una prueba de **resistencia a la compresión**.

### **3.7 Técnicas e instrumentos de la investigación**

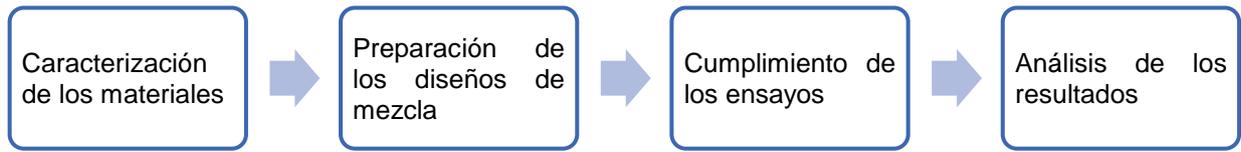
Para recopilar la información, se requieren procedimientos experimentales que permitan obtener datos reales y fiables listos para el análisis: Método Marshall, límite líquido, límite e índice plástico, análisis granulométrico por tamizado, absorción del árido y peso específico del grueso, equivalente de arena, absorción del árido y densidad del fino, porcentaje de superficies rotas, contenido de sales solubles de relleno, abrasión del ángel con riesgo de relleno y porcentaje de partículas planas y alargadas.

Para facilitar el procesamiento de datos, se utilizaron programas especializados como SPSS, que proporciona técnicas de recolección de datos y análisis predictivo para resolver problemas de investigación. El análisis ANOVA, es un análisis de varianza, donde se define un valor de F, que nos indica cuando las diferencias entre los datos son significativas, utilizando además una prueba de Tukey, en la cual se miden dichas diferencias en términos de la varianza de los grupos evaluados, con relación a un valor de diferencia significativo. Considerando que se trata de una distribución de probabilidad, cuando el tamaño de la muestra es grande ( $n > 30$ ) y / o se establece la diferencia, el problema de estimar la media de la población de distribución normal está entre las medias de la muestra, y finalmente uno es el diseño tradicional de mezcla de concreto permeable y el otro es el diseño de mezcla modificada, proviene de una muestra mayor a 30, y el nivel de significancia es 0.05 (nivel de confianza del 95%).

### **3.8 Procedimiento para la recolección de datos**

La misma se cumplió de acuerdo con el siguiente procedimiento:

*Figura 2.*  
*Procedimiento de investigación*



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Influencia del dióxido de titanio en la permeabilidad del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

Tabla 2.  
*Diseños de mezcla*

	Relación A/C	Contenido de vacíos	Humedad	Absorción	P.E (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño seco (kg)	Diseño húmedo (kg)
patrón	0.27	20%	0.2%	0.6%	2850	0.55	1568	1571
1.5% rutilo	0.27	20%	0.2%	0.6%	2850	0.56	1568	1571
3.5% rutilo	0.27	20%	0.2%	0.6%	2850	0.57	1568	1571
5.5% rutilo	0.27	20%	0.2%	0.6%	2850	0.58	1568	1571
1.5% anatasa	0.27	20%	0.2%	0.6%	2850	0.59	1568	1571
3.5% anatasa	0.27	20%	0.2%	0.6%	2850	0.60	1568	1571
5.5% anatasa	0.27	20%	0.2%	0.6%	2850	0.61	1568	1571

La relación agua/cemento (a/c) no sólo afecta a la resistencia a la compresión del concreto y el mortero, sino también a su permeabilidad (Di Paola et al., 2012). Pequeños cambios en esta relación (a/c) pueden representar diferencias significativas en la permeabilidad, por lo que a menor a/c menor permeabilidad. La relación agua/cemento (a/c) se define como el peso de agua presente por unidad de peso de cemento (Kawahara et al., 2002).

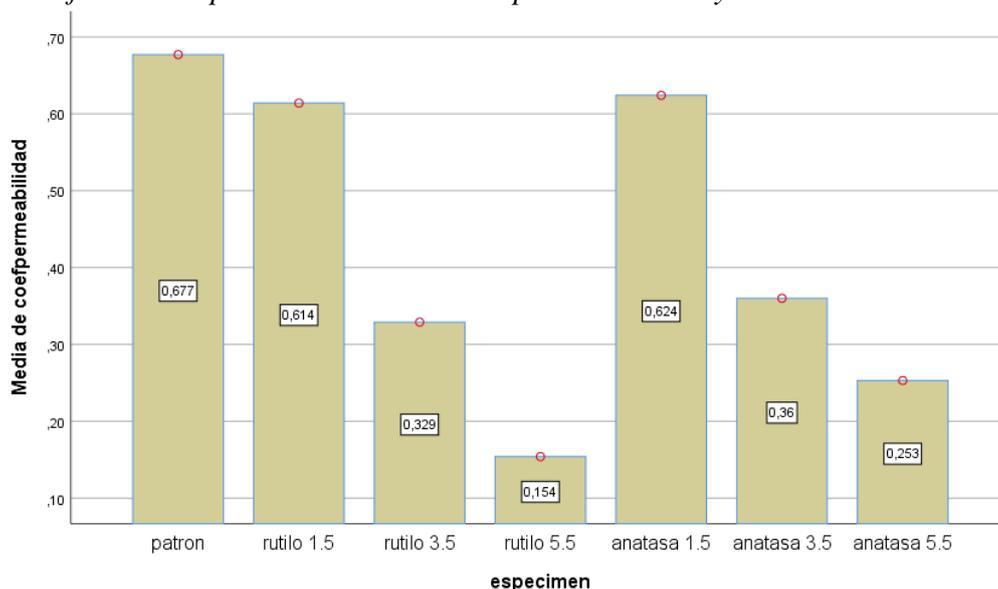
Tabla 3.  
*Permeabilidad del concreto permeable*

	Longitud de probeta	Carga hidráulica	Tiempo	Altura de descarga	Volumen de descarga	Coficiente de permeabilidad
patrón	12,48	16,85	15,95	11,75	779,40	6,77E-01
1,5% rutilo	15,47	14,05	17,03	9,50	630,15	6,14E-01
3,5% rutilo	15,47	12,00	39,42	10,05	666,63	3,29E-01
5,5% rutilo	15,48	12,50	84,30	10,50	696,48	1,54E-01
1,5% anatasa	15,46	12,00	20,64	10,00	663,32	6,24E-01

	Longitud de probeta	Carga hidráulica	Tiempo	Altura de descarga	Volumen de descarga	Coefficiente de permeabilidad
3,5% anatasa	15,47	12,00	35,81	10,00	663,32	3,60E-01
5,5% anatasa	15,48	12,00	51,01	10,00	663,32	2,53E-01

La muestra patrón presenta el mayor coeficiente de permeabilidad, mientras que en los porcentajes de adición de  $\text{TiO}_2$  (1,5%; 3,5% y 5,5% respectivamente) no se observa ningún cambio importante en los resultados del paso del agua, con relación a las fases de anatasa y rutilo. Teniendo en cuenta que el  $\text{TiO}_2$  es un material que absorbe naturalmente la humedad, este pigmento no mejora ni empeora su permeabilidad (Jalvo et al., 2017). Aunque hubo un aumento de la penetración de agua conforme el porcentaje de adición de  $\text{TiO}_2$ , las mediciones no difirieron significativamente.

Figura 3.  
Media de coeficiente de permeabilidad vs los especímenes ensayados



Se puede observar que el mayor coeficiente de permeabilidad lo presentó la muestra patrón, sin embargo, los especímenes con 1,5% de  $\text{TiO}_2$  en fase anatasa presentaron buenos índices de coeficiente de permeabilidad.

#### 4.2 Influencia del dióxido de titanio en la resistencia a la compresión del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

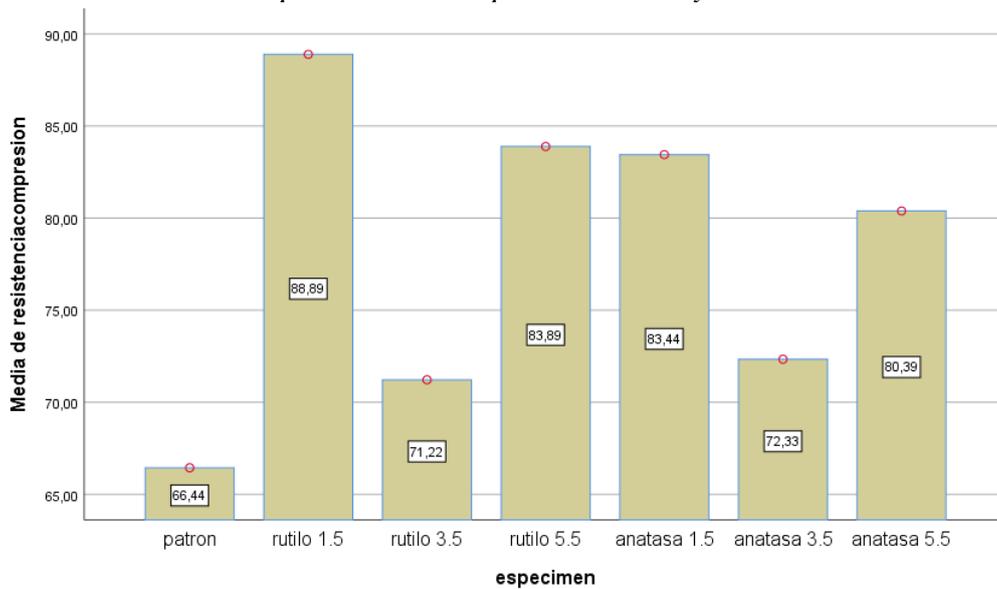
Tabla 4.  
*Resistencia a la compresión*

	patrón			1.5% rutilo			3.5% rutilo			5.5% rutilo			1.5% anatasa			3.5% anatasa			5.5% anatasa		
edad	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
	122	130	138	101	104	113	102	126	100	218	167	155	113	103	146	140	194	164	171	186	121
Carga máxima (kN)	119	99	129	84	111	97	209	131	139	151	202	156	165	131	140	119	162	174	135	176	152
	130	138	116	82	88	78	94	57	149	201	229	156	137	101	161	153	123	184	87	173	146
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	72	74	80	57	59	68	58	71	59	125	96	89	65	59	82	80	112	92	99	106	69
	70	57	74	48	63	55	62	74	78	87	115	90	95	76	78	68	94	98	76	101	88
	79	79	68	45	50	44	57	33	83	115	130	94	79	58	90	87	71	104	50	100	83

La adición de dióxido de titanio al concreto afecta a la resistencia, ya que su proporción aumenta, pero debido a los ensayos realizados, se observa que en el rango de adición del 1,5% al 3,5% de TiO<sub>2</sub> en fase rutilo y 1,5% en fase anatasa, el diseño de la resistencia a la compresión de la mezcla la reduce, sin embargo, el diseño cumple con los requisitos de resistencia según la NTP. Además, se sabe que, en los primeros días de fraguado, el concreto adicionado con TiO<sub>2</sub> acelera el endurecimiento del concreto y le permite alcanzar un mayor nivel de resistencia. Al respecto, una gran cantidad de TiO<sub>2</sub> puede afectar a la hidratación del cemento y, por tanto, a la resistencia a la compresión (Amagua Sangoquiza, 2021). Por lo tanto, debe establecerse el equilibrio de la cantidad estándar de TiO<sub>2</sub>, que garantiza los aspectos positivos de las propiedades mecánicas (Kabadi, 2020).

Figura 4.

Media de resistencia a la compresión vs los especímenes ensayados



Se puede observar que la mayor resistencia a la compresión lo presento la muestra con 1.5% de  $TiO_2$  en fase rutilo, sin embargo, los especímenes con 5,5% de  $TiO_2$  en fase rutilo presentaron buenos índice de resistencia a la compresión.

### 4.3 Influencia del dióxido de titanio en las propiedades foto catalíticas del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

Tabla 5.

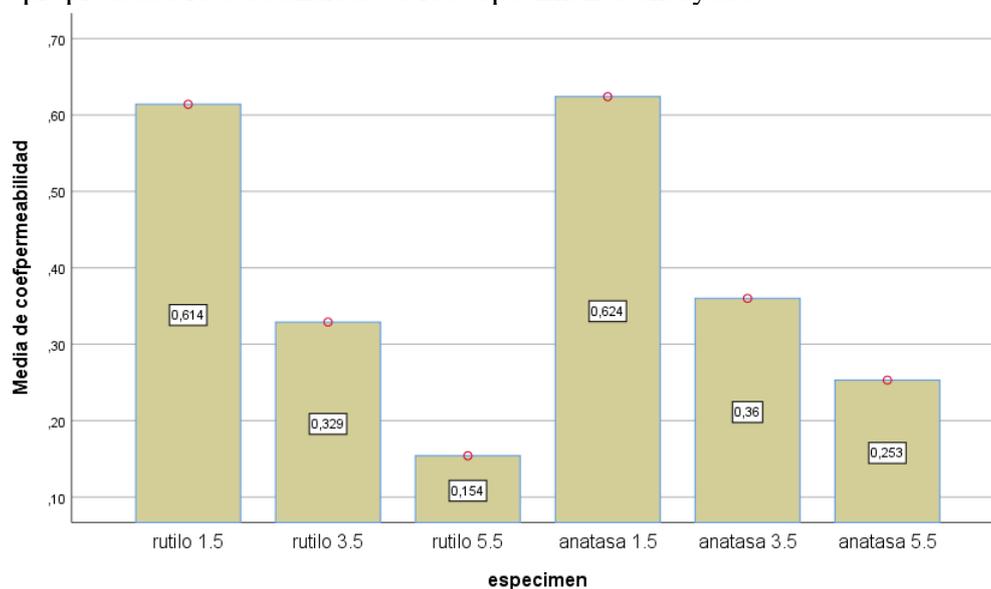
Propiedades foto catalíticas (% de degradación vs tiempo)

Tiempo (horas)	Anatasa 1.5%	Rutilio 1.5%	Anatasa 3.5%	Rutilio 3.5%	Anatasa 5.5%	Rutilio 5.5%
0	4	4	4	4	4	4
1	4	4	4	4	4	4
2	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3
3	3	3	3	3	3	3
4	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2
5	2	2	2	2	2	2
6	1,5	1,5	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0

el valor 4 significa el color más intenso de rodamina por eso todas las probetas inician con ese valor, al pasar del tiempo se va degradando, ya que esta se ve afectada también con el tiempo, a mayor tiempo menor degradación, asimismo, a medida que aumenta el porcentaje de dióxido de titanio en el concreto, aumentan sus propiedades foto catalíticas, y las muestras con un 3,5% de adición muestran una mayor degradación del color. Los concretos con propiedades foto catalíticas deben añadirse con dióxido de titanio  $TiO_2$ , preferiblemente un 3,5% en la fase de rutilo, ya que es más comercial y más fácil, esta proporción permite que el concreto alcance la resistencia requerida (Bellardita et al., 2018).

Figura 5.

Media de propiedades foto catalíticas vs los especímenes ensayados



Se puede observar que la mayor propiedades foto catalíticas lo presentaron los especímenes con 1,5% de  $TiO_2$  en fase anatasa poseyendo buenos índice de coeficiente de permeabilidad.

#### 4.4 Contrastación de hipótesis

Para la evaluación estadística se utilizó  $\pm$  (DS) desviación estándar (ANOVA), cuyo análisis de varianza se trabajó con 0,05% de significancia; al encontrar diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey, todas las muestras individualmente ( $n=3$ ) se analizaron por triplicado.

Tabla 6.  
Prueba homogeneidad de varianzas

		Sig.
Coef permeabilidad	Se basa en la media	1,000
Resistencia compresión	Se basa en la media	,027
Foto catalíticas	Se basa en la media	,061

- Para resistencia a la compresión Como  $p < 0,05$  no hay homogeneidad de varianza, por lo tanto, se interpreta Wells
- Para propiedades foto catalíticas Como  $p > 0,05$  hay homogeneidad de varianza, por lo tanto, se interpreta ANOVA
- Para coeficiente de permeabilidad Como  $p > 0,05$  hay homogeneidad de varianza, por lo tanto, se interpreta ANOVA

Tabla 7.  
ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Coef permeabilidad	Entre grupos	,765	6	,128	1275,534	,000
resistencia compresión	Entre grupos	1200,465	6	200,078	5,892	,003
foto catalíticas	Entre grupos	12,792	6	2,132	119,389	,000

Como cuando sig.  $< 0,05$  significa que hay diferencia entre los grupos, es decir los grupos no se comportan igual.

- Por lo tanto: Existe diferencia significativa del dióxido de titanio en la permeabilidad del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.
- Existe diferencia significativa del dióxido de titanio en la resistencia compresión del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote.

- Por lo tanto: Existe diferencia significativa del dióxido de titanio en las propiedades foto catalíticas del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Se determinó que los especímenes con 1,5% de TiO<sub>2</sub> en fase anatasa presentaron buenos índice de coeficiente de permeabilidad en relación con el coeficiente de permeabilidad presentado por la muestra patrón.

Se Determino que la mayor resistencia a la compresión se presenta en la muestra con 1.5% de TiO<sub>2</sub> en fase rutilo, siendo seguidos por los especímenes con 5,5% de TiO<sub>2</sub> en fase rutilo y 1.5% en la fase anatasa que también presentaron buenos índice de resistencia a la compresión

Se determinó que la mayor propiedad fotocatalíticas se presentaron en los especímenes con 1,5% de TiO<sub>2</sub> en fase anatasa.

Se concluye que la dosificación de 1.5% en la fase anatasa es la más recomendable dado que muestra un buen índice de permeabilidad, así como mejoras significativas en la resistencia a la compresión del concreto y en la propiedad fotocatalítica

Se estableció que existe diferencia significativa del dióxido de titanio en la permeabilidad del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote, con sig. = 0, 000 < 0,05, significa que hay diferencia entre los grupos, es decir los grupos no se comportan igual, lo cual indica que hay 0% de probabilidad que no exista diferencia significativa.

Se estableció que existe diferencia significativa del dióxido de titanio en la resistencia compresión del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote, con sig. = 0,003 < 0,05, significa que hay diferencia entre los grupos, es decir los grupos no se comportan igual, lo cual indica que hay 0,3% de probabilidad que no exista diferencia significativa.

Se estableció que existe diferencia significativa del dióxido de titanio en las propiedades foto catalíticas del concreto permeable con efecto fotocatalizador, distrito de nuevo Chimbote, con sig. = 0,000 < 0,05, significa que hay diferencia entre los grupos, es decir los grupos no se

comportan igual, lo cual indica que hay 0% de probabilidad que no exista diferencia significativa.

## **5.2 Recomendaciones**

A futuros investigadores realizar un estudio más profundo con una mayor variación de la relación a/c del porcentaje de TiO<sub>2</sub> utilizado, dado que la resistencia a la compresión de un concreto totalmente compactado es inversamente proporcional a la relación agua / cemento.

A futuros investigadores realizar un estudio con sustitución de TiO<sub>2</sub> con relación al peso del cemento, utilizado dosificaciones entre 1% a 6%, ya que pequeños cambios en esta relación (a/c) pueden representar diferencias significativas en la permeabilidad, por lo que a menor a/c menor permeabilidad.

A futuros investigadores realizar ensayos que permitan determinar cuantitativamente los elementos minerales contenidos en las muestras trabajadas esto a través de un análisis químico por espectrometría infrarroja.

A futuros investigadores realizar ensayos a escala de utilidad: paneles de revestimiento interior y/o exterior, elementos de cubierta, elementos estructurales que tengan requerimientos de absorción de energía.

A futuros investigadores realizar estudios de resistencia a largo plazo, así como evaluar el efecto de la temperatura ambiente en diferentes épocas del año.

A futuros investigadores realizar pruebas con diferentes tipos de nanopartículas, ya que hay varios pigmentos en el mercado con diferentes precios y propiedades foto catalíticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addamo, M., Augugliaro, V., Bellardita, M., Di Paola, A., Loddo, V., Palmisano, G., Palmisano, L., & Yurdakal, S. (2008). Environmentally Friendly Photocatalytic Oxidation of Aromatic Alcohol to Aldehyde in Aqueous Suspension of Brookite TiO<sub>2</sub>. *Catalysis Letters*, 126(1), 58-62. <https://doi.org/10.1007/s10562-008-9596-0>
- Amagua Sangoquiza, J. A. (2021). *Diseño de un pavimento asfáltico drenante basado en un material de protección ambiental de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), aplicado en el corredor vial de alto tráfico, sector El Trébol, cantón Quito*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24119>
- Banerjee, S., Dionysiou, D. D., & Pillai, S. C. (2015). Self-cleaning applications of TiO<sub>2</sub> by photo-induced hydrophilicity and photocatalysis. *Applied Catalysis B: Environmental*, 176-177, 396-428. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.03.058>
- Bellardita, M., Di Paola, A., Megna, B., & Palmisano, L. (2018). Determination of the crystallinity of TiO<sub>2</sub> photocatalysts. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 367, 312-320. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.08.042>
- Bogue, R. (2014). Smart materials: A review of capabilities and applications. *Assembly Automation*, 34(1), 16-22. <https://doi.org/10.1108/AA-10-2013-094>
- Cassar, L., Beeldens, A., Pimpinelli, N., & Guerrini, G. L. (2007). Photocatalysis of cementitious materials. *International RILEM Symposium on Photocatalysis, Environment and Construction Materials*, 131-145.
- Cassar, L., Pepe, C., Tognon, G., Guerrini, G. L., & Amadelli, R. (2003). *White cement for architectural concrete, possessing photocatalytic properties*.
- Chen, J., & Poon, C. (2009). Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications. *Building and Environment*, 44(9), 1899-1906. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.002>

- Chen, S., & Cao, G. (2006). Study on the photocatalytic oxidation of NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ions using TiO<sub>2</sub> beads as a photocatalyst. *Desalination*, 194(1), 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.11.006>
- Chen, X., & Mao, S. S. (2007). Titanium dioxide nanomaterials: Synthesis, properties, modifications, and applications. *Chemical Reviews*, 107(7), 2891-2959. <https://doi.org/10.1021/cr0500535>
- Chung, D. D. L. (2000). Cement-matrix composites for smart structures. *Smart Materials and Structures*, 9(4), 389-401. <https://doi.org/10.1088/0964-1726/9/4/302>
- Chung, D. D. L. (2002). Composites get smart. *Materials Today*, 5(1), 30-35. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(02\)05140-4](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(02)05140-4)
- Di Paola, A., García-López, E., Marcì, G., & Palmisano, L. (2012). A survey of photocatalytic materials for environmental remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 211-212, 3-29. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.11.050>
- Etxeberria, M., Guo, M.-Z., Maury-Ramírez, A., & Poon, C. S. (2017). Influence of Dust and Oil Accumulation on Effectiveness of Photocatalytic Concrete Surfaces. *Journal of Environmental Engineering*, 143(9), 04017040. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001239](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001239)
- Fujishima, A., & Honda, K. (1972). Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. *Nature*, 238(5358), 37-38. <https://doi.org/10.1038/238037a0>
- Fujishima, A., Rao, T. N., & Tryk, D. A. (2000). Titanium dioxide photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 1(1), 1-21. [https://doi.org/10.1016/S1389-5567\(00\)00002-2](https://doi.org/10.1016/S1389-5567(00)00002-2)
- Hamidi, F., & Aslani, F. (2019a). Additive manufacturing of cementitious composites: Materials, methods, potentials, and challenges. *Construction and Building Materials*, 218, 582-609. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.140>

- Hamidi, F., & Aslani, F. (2019b). TiO<sub>2</sub>-based Photocatalytic Cementitious Composites: Materials, Properties, Influential Parameters, and Assessment Techniques. *Nanomaterials*, 9(10), 1444. <https://doi.org/10.3390/nano9101444>
- Han, B., Li, Z., Zhang, L., Zeng, S., Yu, X., Han, B., & Ou, J. (2017). Reactive powder concrete reinforced with nano SiO<sub>2</sub>-coated TiO<sub>2</sub>. *Construction and Building Materials*, 148, 104-112. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.065>
- Hanus, M. J., & Harris, A. T. (2013). Nanotechnology innovations for the construction industry. *Progress in Materials Science*, 58(7), 1056-1102. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2013.04.001>
- Haque, M. A., & Chen, B. (2019). Research progresses on magnesium phosphate cement: A review. *Construction and Building Materials*, 211, 885-898. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.304>
- Herrmann, J.-M. (2005). Heterogeneous photocatalysis: State of the art and present applications In honor of Pr. R.L. Burwell Jr. (1912–2003), Former Head of Ipatieff Laboratories, Northwestern University, Evanston (Ill). *Topics in Catalysis*, 34(1), 49-65. <https://doi.org/10.1007/s11244-005-3788-2>
- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., & Bahnemann, D. W. (1995). Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*, 95(1), 69-96. <https://doi.org/10.1021/cr00033a004>
- Ibrahim, M. H., El-Naas, M. H., Benamor, A., Al-Sobhi, S. S., & Zhang, Z. (2019). Carbon Mineralization by Reaction with Steel-Making Waste: A Review. *Processes*, 7(2), 115. <https://doi.org/10.3390/pr7020115>
- Jalvo, B., Faraldos, M., Bahamonde, A., & Rosal, R. (2017). Antimicrobial and antibiofilm efficacy of self-cleaning surfaces functionalized by TiO<sub>2</sub> photocatalytic nanoparticles

- against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas putida*. *Journal of Hazardous Materials*, 340, 160-170. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.07.005>
- Jiang, S., Zhou, D., Zhang, L., Ouyang, J., Yu, X., Cui, X., & Han, B. (2018). Comparison of compressive strength and electrical resistivity of cementitious composites with different nano- and micro-fillers. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(1), 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.05.010>
- Kabadi, C. (2020). Titanium Dioxide-Potential use in Permeable Pavement. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(5). <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS050173>
- Kawahara, T., Konishi, Y., Tada, H., Tohge, N., Nishii, J., & Ito, S. (2002). A patterned TiO<sub>2</sub>(anatase)/TiO<sub>2</sub>(rutile) bilayer-type photocatalyst: Effect of the anatase/rutile junction on the photocatalytic activity. *Angewandte Chemie (International Ed. in English)*, 41(15), 2811-2813. [https://doi.org/10.1002/1521-3773\(20020802\)41:15<2811::AID-ANIE2811>3.0.CO;2-#](https://doi.org/10.1002/1521-3773(20020802)41:15<2811::AID-ANIE2811>3.0.CO;2-#)
- Kurihara, R., & Maruyama, I. (2016). INFLUENCES OF NANO-TiO<sub>2</sub> PARTICLES ON ALTERATION OF MICROSTRUCTURE OF HARDENED CEMENT. *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, 38, 219-224.
- Li, Z., Ding, S., Yu, X., Han, B., & Ou, J. (2018). Multifunctional cementitious composites modified with nano titanium dioxide: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 111, 115-137. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.05.019>
- Li, Z., Han, B., Yu, X., Dong, S., Zhang, L., Dong, X., & Ou, J. (2017). Effect of nano-titanium dioxide on mechanical and electrical properties and microstructure of reactive powder concrete. *Materials Research Express*, 4(9), 095008. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aa87db>

- Loh, K., Gaylarde, C. C., & Shirakawa, M. A. (2018). Photocatalytic activity of ZnO and TiO<sub>2</sub> 'nanoparticles' for use in cement mixes. *Construction and Building Materials*, 167, 853-859. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.103>
- Macphee, D. E., & Folli, A. (2016). Photocatalytic concretes—The interface between photocatalysis and cement chemistry. *Cement and Concrete Research*, 85, 48-54. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.03.007>
- Nath, R. K., Zain, M. F. M., & Jamil, M. (2016). An environment-friendly solution for indoor air purification by using renewable photocatalysts in concrete: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1184-1194. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.018>
- Nath, R., Zain, M., & Kadhum, A. (2012). Photocatalysis- a novel approach for solving various environmental and disinfection problems: A Brief Review. *Journal of Applied Sciences Research*, 8, 4147-4155.
- Navarrete Angulo, S. M., & Peñafiel Carpio, F. J. (2019). *Estudio de las características del fotocatalizador dióxido de titanio en concretos, según la norma UNI 11259*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20195>
- Pacheco-Torgal, F., Diamanti, M. V., Nazari, A., Goran-Granqvist, C., Pruna, A., & Amirghanian, S. (2018). *Nanotechnology in Eco-efficient Construction: Materials, Processes and Applications*. Woodhead Publishing.
- Palmisano, G., Yurdakal, S., Augugliaro, V., Loddo, V., & Palmisano, L. (2007). Photocatalytic Selective Oxidation of 4-Methoxybenzyl Alcohol to Aldehyde in Aqueous Suspension of Home-Prepared Titanium Dioxide Catalyst. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 349(6), 964-970. <https://doi.org/10.1002/adsc.200600435>
- Palmisano, L., Augugliaro, V., Bellardita, M., Di Paola, A., García López, E., Loddo, V., Marci, G., Palmisano, G., & Yurdakal, S. (2011). Titania photocatalysts for selective

- oxidations in water. *ChemSusChem*, 4(10), 1431-1438.  
<https://doi.org/10.1002/cssc.201100196>
- Reches, Y. (2018). Nanoparticles as concrete additives: Review and perspectives. *Construction and Building Materials*, 175, 483-495.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.214>
- Rhee, I., Lee, J.-S., Kim, J. B., & Kim, J.-H. (2018). Nitrogen Oxides Mitigation Efficiency of Cementitious Materials Incorporated with TiO<sub>2</sub>. *Materials*, 11(6), 877.  
<https://doi.org/10.3390/ma11060877>
- Salman, M. M., Eweed, K. M., & Hameed, A. M. (2016). Influence of partial replacement TiO<sub>2</sub> nanoparticles on the compressive and flexural strength of ordinary cement mortar. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 19(2), 265-270.  
<https://nahje.com/index.php/main/article/view/20>
- Segura Montoya, D. J., & Camelo Manzanares, D. M. (2019). *Evaluación de las propiedades foto catalíticas de prefabricados para obras de infraestructura vial en concreto adicionado con dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)* [Tesis].  
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5759>
- Sikora, P., Augustyniak, A., Cendrowski, K., Nawrotek, P., & Mijowska, E. (2018). Antimicrobial Activity of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, and ZnO Nanoparticles in Scope of Their Further Application in Cement-Based Building Materials. *Nanomaterials*, 8(4), 212. <https://doi.org/10.3390/nano8040212>
- Teoh, W. Y., Scott, J. A., & Amal, R. (2012). Progress in Heterogeneous Photocatalysis: From Classical Radical Chemistry to Engineering Nanomaterials and Solar Reactors. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 3(5), 629-639.  
<https://doi.org/10.1021/jz3000646>

- Trujillo, M., & Ossa, A. (2019, noviembre 18). *Resistencia al daño inducido por humedad en pavimentos purificadores de aire*. <https://doi.org/10.3233/STAL190218>
- Tsai, S.-J., & Cheng, S. (1997). Effect of TiO<sub>2</sub> crystalline structure in photocatalytic degradation of phenolic contaminants. *Catalysis Today*, 33(1), 227-237. [https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(96\)00152-6](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(96)00152-6)
- Vásquez Espinoza, M. A. A. (2016). Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en la propiedad autolimpiable del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1296>
- Wang, D., Zhang, W., Ruan, Y., Yu, X., & Han, B. (2018). Enhancements and mechanisms of nanoparticles on wear resistance and chloride penetration resistance of reactive powder concrete. *Construction and Building Materials*, 189, 487-497. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.041>
- Wang, D., Zheng, Q., Ouyang, J., Yu, X., & Han, B. (2018). Influences of curing period on mechanical properties of reactive powder concrete incorporating nanoparticles. *Materials Research Express*, 6(2), 025023. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aaed8b>
- Wrighton, M. S., Ellis, A. B., Wolczanski, P. T., Morse, D. L., Abrahamson, H. B., & Ginley, D. S. (1976). Strontium titanate photoelectrodes. Efficient photoassisted electrolysis of water at zero applied potential. *Journal of the American Chemical Society*, 98(10), 2774-2779. <https://doi.org/10.1021/ja00426a017>
- Yang, L., Hakki, A., Wang, F., & Macphee, D. E. (2018). Photocatalyst efficiencies in concrete technology: The effect of photocatalyst placement. *Applied Catalysis B: Environmental*, 222, 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.10.013>
- Yang, L. Y., Jia, Z. J., Zhang, Y. M., & Dai, J. G. (2015). Effects of nano-TiO<sub>2</sub> on strength, shrinkage and microstructure of alkali activated slag pastes. *Cement and Concrete Composites*, 57, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.11.009>

Zhang, R., Cheng, X., Hou, P., & Ye, Z. (2015). Influences of nano-TiO<sub>2</sub> on the properties of cement-based materials: Hydration and drying shrinkage. *Construction and Building Materials*, 81, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.003>

Zhong, L., & Haghghat, F. (2015). Photocatalytic air cleaners and materials technologies – Abilities and limitations. *Building and Environment*, 91, 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.01.033>

## ANEXOS

### *Anexo 1. Densidad del concreto permeable fresco*

	Mm	Mc	Vm	D
patrón	235,00	13.095,00	6.997,00	1,84
1,5% rutilo	235,00	13.402,00	6.997,00	1,88
3,5% rutilo	235,00	13.500,00	6.997,00	1,90
5,5% rutilo	235,00	13.530,00	6.997,00	1,90
1,5% anatasa	235,00	13.400,00	6.997,00	1,88
3,5% anatasa	235,00	13.482,00	6.997,00	1,89

*Anexo 2.*

*Contenido de vacío del concreto permeable fresco*

	Ms	Vs	T	U (%)
patrón	2.108.138,99	1000000	2,11	12,82%
1,5% rutilo	2.114.515,84	1000000	2,12	11,01%
3,5% rutilo	2.112.975,09	1000000	2,11	10,28%
5,5% rutilo	2.121.197,61	1000000	2,12	10,42%
1,5% anatasa	2.114.515,84	1000000	2,12	11,02%
3,5% anatasa	2.112.975,09	1000000	2,11	10,40%
5,5% anatasa	2.121.197,61	1000000	2,12	10,24%

Anexo 3. Resultados de laboratorio



Geotecnia en Proyectos de Edificaciones, Eléctricas, Hidráulicas y Pavimentos. Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto.

Ciudad Bellavista El Estero Mz. B2 - Lt. 8 - 9 Nuevo Chimbote, Santa, Ancash  
 Claro: 943355197 / Entel: 998185953 / E-mail: geomg17@yahoo.es - informes@geomg.com  
 www.geomg.com

**INFORME N° GM-LB21-15-01**

**ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES  
 MTC E-207 / ASTM C-635**

Proyecto: TESIS: "INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2018"  
 Solicita: Mgr. ING. JENISSE FERNANDEZ MANTELLA  
 Cantera: LA SORPRESA  
 Material: PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO PERMEABLE

Fecha Por: JPM  
 Ing. Responsable: JMT  
 Fecha: 4/01/2021

GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
ESFERAS	12	11	8	8
1.18" - 1"		-		
1" - 3/4"		-		
3/4" - 1/2"		2500.2		
1/2" - 3/8"		2500.1		
3/8" - 1/4"		-		
1/4" - Nº4		-		
Nº4 - Nº8		-		
Peso Muestra		5000.3		
Peso Retenido Tamó Nº 12		4541.8		
Peso Pasado Tamó Nº 12		458.5		
% DESGASTE		9.17		
PROMEDIO		9.17%		

Nota: Muestra proporcionada por el solicitante



**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Barrios Trujillo  
 CIP N° 68726

**INFORME N° GM-LB21-15-02**

**PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO  
MTC E 210**

Proyecto: TESIS: INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR.  
DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2018

Solicitante: Mge. ING. JORGE FERNANDEZ MARTELA

Carretera: LA SORPRESA

Muestra: PIEDRA CLASIFICADA PARA CONCRETO PERMEABLE

Hecho Por: JFM

Ing. Responsable: JMT

Fecha: 4/9/2021

**A- CON UNA CARA FRACTURADAS**

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	(B/A)*100	(g)	C/D
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1200.2	1200.2	100.0	41.8	4,188.0
1/2"	3/8"	300.8	300.8	100.0	38.1	3,516.0
TOTAL		1500.2	1500.2			

**PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA**

$$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{7680}{76.90} = 100.0 \%$$

**B- CON DOS CARAS FRACTURADAS**

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	(B/A)*100	(g)	C/D
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1200.2	1170.4	97.5	41.80	4,074.2
1/2"	3/8"	300.8	291.0	97.0	35.10	3,464.7
TOTAL		1500.2	1461.4			

**PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS**

$$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{7481}{83.3} = 89.8 \%$$

Nota: Resultados proporcionados por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge C. Barillo Trujillo  
CIP N° 66735

**INFORME N° GM-LB21-15-03**

**PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS  
ASTM D 4791  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**Proyecto:** TESTE: INFLUENCIA DEL ÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR,  
DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019

**Solicitante:** Ing. ING. JENISSE PARRANDEZ MANTELLA

**Muestra:** PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO PERMEABLE

**Hecho Por:** JFM

**Ing. Responsable:** JMT

**Fecha:** 4/01/2021

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTICULAS	CHATAS y ALARGADAS (2-1)		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.000						
1/2"	12.700	1128.0	41.86	613.3	30.2	4.92	2.08
3/8"	9.500	945.0	25.18	287.2	35.1	11.53	4.05
N° 4	4.750	619.0	22.97	43.4	13.2	30.41	8.99
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA:</b>		<b>2695.0</b>					

<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b>	<b>13.16</b>
--	--------------

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 48730

## INFORME N° GM-LB21-15-04

### FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E - 204

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto: TESIS: "IMPACTO DEL DISEÑO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR"

DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2018

Solicitante: Agr. ING. JENYFER FERNANDEZ BRAYLLA

Fecha Por: JFM

Ing. Responsable: JET

Fecha: 08/02/18

#### DATOS DE LA MUESTRA

Centro: LA SORPRESA

Muestra: PIEDRA CHARGADA PARA CONCRETO PERMEABLE

Tamaño Máximo: 3/4"

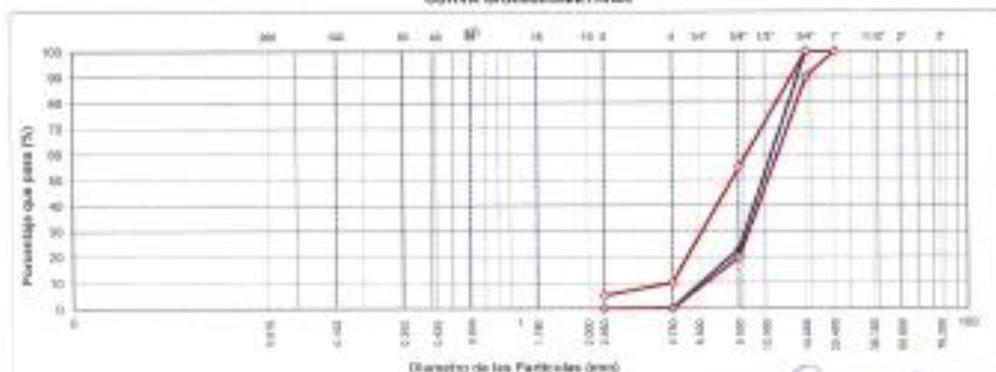
Peso Inicial Seco: 2700.4 g

TAMIZ	ABRITO 7.37 (mm)	PERO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RESIDUO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN AS - II	RESERVA DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400					100	100
3/4"	19.000				100.0	90	100
1/2"	12.500	1125	41.6	41.6	58.2		
3/8"	9.500	248	9.1	79.9	23.1	20	55
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	819	30.3	98.4	0.2	0	10
N° 6	2.500	6	0.2	100.0	0.0	0	5
N° 10	1.750						
N° 15	1.000						
N° 20	0.840						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 75	0.190						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075						
< N° 200	PONDO						



OBSERVACIONES

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Barillo Trujillo  
CIP N° 64726

## INFORME N° GM-LB21-15-05

<b>PROYECTO</b>	TESIS: INFLUENCIA DEL DIÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019.
<b>SOLICITA</b>	MGTR. ING. JENISSE FERNANDEZ MANTILLA
<b>FECHA</b>	04/01/2021
<b>CANTERA</b>	LA SORPRESA
<b>MUESTRA</b>	AGREGADO PARA CONCRETO PERMEABLE

### PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS (ASTM C 127)

	BULK	SSS	APARENTE
PESO DE CESTA SUMERGIDA	778.55	778.55	778.55
PIEDRA (SUMERGIDA) + CESTA (SUMERGIDA)	2135.16	2135.16	2135.16
TARA DE PIEDRA SSS	605.81	605.81	605.81
PIEDRA SSS + TARA DE LA PIEDRA SSS	2695.93	2695.93	2695.93
PIEDRA SSS SECA AL HORNO + TARA DE PIEDRA SSS	2682.01	2682.01	2682.01
<b>PESO ESPECIFICO DE LA PIEDRA</b>	<b>2.83</b>	<b>2.85</b>	<b>2.89</b>

### ABSORCION DE SOLIDOS (ASTM C 125)

PIEDRA SSS SECA AL HORNO	2076.2
PIEDRA SSS	2090.12
<b>ABSORCIÓN (%)</b>	<b>0.67</b>



  
 Ing. Jorge B. Borillo Trujillo  
 CIP N° 64736

**INFORME N° GM-LB21-15-06**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 MTC E 203 - ASTM C 29**

Proyecto: TESIS: INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR  
 DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019

Solicitó: Ape. Ing. JORGE FERNANDEZ MANTILLA

Hecho Por: JFM  
 Ing. Responsable: JM  
 Fecha: 4/1/2021

Cantón: LA SORPRESA  
 Material: PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO PERMEABLE

AGREGADO GRUESO					Tamaño Max. 3/4"		
DESCRIPCION	UND.	SUELTO			COMPACTADO		
		1	2	3	4	5	6
Peso del Agregado Seco	Kg	20.482	20.519	20.543	22.281	22.316	22.354
Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.01418			0.01418		
Peso Unitario	Kg/m <sup>3</sup>	1.444	1.447	1.449	1.571	1.574	1.576
Peso Unitario Promedio	Kg/m <sup>3</sup>	1.447			1.574		



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge & Marilú Trujillo  
 CIP N° 50736

**INFORME N° GM-LB21-18-01**

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE**  
 Control de Diseño 211 ACI (ACI 211.3R-02)

PROYECTO:	1505 - PROYECTO DEL TALLER DE TRUJILLO EN EL COMPLEJO PERMEABLE CON CASO DE FORTALECIMIENTO, CENTRO DE SERVICIOS, etc.
OBJETIVO:	Apq. del AGREGADO GRANULAR
FECHA:	06/05/2011

CEMENTO:  
 - Cemento Tipo I Pacasmayo  
 - Peso específico: 2.12 g/cm<sup>3</sup>

ENSAYOS DE LABORATORIO		
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso Natural
Densidad específica (SGG)	—	2.83
Tubo	in	34"
Alt.	—	6.18
Humedad	%	0.2%
Absorción	%	0.6%
PLC	kg/m <sup>3</sup>	1574
PLS	kg/m <sup>3</sup>	1647

Diseño Mezcla							
Relación A/C = 0.37		Contenido de vacíos teórico = 30%		Índice = 0.99		Vol. De Tarea de Probeta = 9.03	
		Densidad = 8"					
MATERIAL	Humedad	Absorción	Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño Seco (kg)	Diseño Húmedo (kg)	Tarea (kg)
Cemento Tipo I Pacasmayo	—	—	2150	0.1550	425	425	12.78
Agua	—	—	1000	0.1148	115	122	3.67
Vaciado	—	—	—	0.2080	—	—	—
Agregado Grueso natural	0.2%	0.6%	2800	0.5500	1550	1571	47.12
				Vol. Pesar	0.2497		
				Vol. Total	1.0000		

Observación:



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Norillo Trujillo  
 CIP N° 65736

**INFORME N° GM-LB21-18-02**

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE**  
Comité de Diseño 211 ACI (ACI 211.3R-02)

PROYECTO	EDIFICIO DE INVESTIGACIÓN DEL COMITÉ DE DISEÑO PARA CONCRETO PERMEABLE, DISEÑO DE MEZCLA PERMEABLE
PARCELA	Agua y C. ADICIONALES PARA CONCRETO PERMEABLE
FECHA	04/01/2018

**COMENTARIOS:**

- Cemento Tipo I Pacasmayo

- Pesa específica: 3.11 g/cm<sup>3</sup>

ENSAYOS DE LABORATORIO		
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grupo Netam <sup>1</sup>
Densidad específica (SSD)	—	3.09
TMH	m	34"
MP	—	8.38
Humedad	%	0.2%
Absorción	%	0.6%
PUC	kg/m <sup>3</sup>	1874
PUS	kg/m <sup>3</sup>	1447

Diseño Párrafo							
Relación A/C = 0.21		Contenido de agua libre = 28%		sbo = 0.99		Vol. De Tarde de Puerto = 0.83	
		Slump = 0"					
INGREDIENTE	Humedad	Absorción	Pesa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño Seco (kg)	Diseño Húmedo (kg)	Tarado (kg)
Cemento Tipo I Pacasmayo	—	—	3.11	0.1393	425	425	12.75
Agua	—	—	1000	0.1148	115	122	3.87
Gravas	—	—	—	0.2808	—	—	—
Agregado Grueso Netam <sup>1</sup>	0.2%	0.6%	2850	0.5503	1684	1571	47.12
				Vol. Puerto	0.2407		
				Vol. Total	1.0802		

0805/PAC008 Se calza 1.0 % al diseño de diseño (pesos) por kg de cemento



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge S. Borjas Trujillo  
CIP N° 64730

**INFORME N° GM-LB21-18-03**

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE**  
 Comité de Diseño 211 ACI (ACI 211.3R-02)

PROYECTO	SEAL - SUPERFICIA DEL PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEABLE CON DRENAJE INTEGRADO, INTERSECCIÓN DE AVENIDA OBRERA, 2007
ENCARGO	Mg. ING. JORGE BARRILLO TRUJILLO
ESPECIA	SEAL-SEAL

**COMENTOS:**

- Cemento Tipo I / Pacasmayo
- Faja específica: 2.23 gr/cm<sup>3</sup>

ENSAYOS DE LABORATORIO		
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso Natural
Densidad específica (SSD)	---	2.23
TMS	in	24"
MP	---	6.18
Humedad	%	8.2%
Absorción	%	0.6%
PLC	kg/m <sup>3</sup>	1574
PLS	kg/m <sup>3</sup>	1447

Diseño Pábrón							
Relación A/C = 0.28		Contenido de agua teórico = 32%		tubo = 0.08		Vol. De Tarea de Prueba = 8.83	
		slump = 6"					
RESUMO	Humedad	Absorción	Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Volumen (lit)	Densidad Seca (kg)	Densidad Húmeda (kg)	Tanda (kg)
Cemento Tipo I Pacasmayo	---	---	3150	0.1285	411	411	52.39
Agua	---	---	1000	0.1182	118	127	3.81
Trapos	---	---	---	0.2080	---	---	---
Agregado Grueso Natural	8.2%	0.6%	2880	0.6520	1868	1571	47.12
				Vol. Pasta	0.2487		
				Vol. Total	1.9560		

Observación: Se usó 1.0 % de aceite de sésamo (SBO) por litro de cemento.



GEOMG S.A.C.  
 Mg. Jorge B. Barrillo Trujillo  
 EIP N° 68736

INFORME N° GM-LB21-18-04

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE**  
 Comité de Diseño 211 ACI (ACI 211.3R-02)

PROYECTO	SEMPEREVIVIR S.A. ANILLO DE CEMENTO DE CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO CATALIZADOR, LÍNEA DE ACEROS GRABITE 2017
PROCESO	Ag. de ANILLO PERMEABLE MATRIZ
FECHA	06.01.2017

**CEMENTO**

- Cemento Tipo I Pacasmayo
  - Pasa específica
- 0.21 gr/cm<sup>3</sup>

ENSAYOS DE LABORATORIO		
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso Natural
Coeficiente específico (K <sub>SC</sub> )	—	3.88
TMH	m	34"
MF	—	8.78
Humedad	%	0.2%
Absorción	%	0.6%
PUC	kg/m <sup>3</sup>	1574
PUS	kg/m <sup>3</sup>	1447

Diseño Práctico							
Relación A/C =		Contenido de vacíos teórico = 28%		f <sub>bo</sub> =		0.98	
8.26		G <sub>ump</sub> = 0"		Vol. de Tarda de Prueba =		0.80	
RESUMO	Humedad	Absorción	Pasa específica kg/m <sup>3</sup>	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño Seco (kg)	Diseño Húmedo (kg)	Tarda (kg)
Cemento Tipo I Pacasmayo	—	—	3182	0.1265	411	411	12.33
Agua	—	—	1802	0.1192	139	127	3.81
Vacíos	—	—	—	0.2308	—	—	—
Agregado Grueso Natural	0.2%	0.6%	2850	0.8803	1568	1571	47.52
				Vol. Peste	0.2497		
				Vol. Total	1.0808		

CONSTRUCCIÓN Se usará 0.2 % de humedad de almacenamiento por kg de cemento.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge Z. Espino Trujillo  
 CIP N° 60734



**INFORME N° GM-LR21-18-06**

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE**  
 Comité de Diseño 211 ACI (ACI 211.3R-02)

PROYECTO	1100 - INSPECCIÓN DEL DISEÑO DE TRAZADO DE CONCRETO PERMEABLE CON EFECTOS POSITIVOS EN LA DURABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS.
DIRECCIÓN	Agro-IND. AGROPECUARIO MAPAYZA
FECHA	20/01/2011

**COMENTARIOS**

- Cemento Tipo I Pacasmayo
- Proyección: 1.23 grad

ENSAYOS DE LABORATORIO		
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso Natural
Gravidad específica (SGC)	—	2.65
TMH	m	24"
MP	—	6.16
Humedad	%	6.2%
Absorción	%	6.6%
PUC	kg/m <sup>3</sup>	1674
PUS	kg/m <sup>3</sup>	1447

Diseño Patrón							
Relación AC = 0.28		Contenido de vacíos teórico = 20%		Gravim = 8"		Libra = 0.99	
			Vol. De Tarea de Prueba = 9.00				
MEZCLA	Humedad	Absorción	Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad Seca (kg)	Densidad Húmeda (kg)	Tarea (kg)
Cemento Tipo I Pacasmayo	—	—	3150	0.1325	411	411	12.33
Agua	—	—	1000	0.1192	119	127	3.81
Vacíos	—	—	—	0.2690			
Agregado Grueso Natural	0.2%	6.6%	2050	2.5533	1968	1571	47.12
				Vol. Pasta	0.2687		
				Vol. Total	1.0000		

COMENTARIO: Se usó 2.0 % de Albedo de Hierro (Asbesto) por Kg de Cemento.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68736

**INFORME N° GM-LB25-18-07**

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE**  
**Condit de Diseño 211 ACI (ACI 211.3R-02)**

PROYECTO	PROYECTO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE CON ESTABILIZACION DE SUELO, ANEXO DE PLANTA FERRETA, 2017
CLIENTE	Ag. ACI - ENDOG PERMEABLE ANDILLA
FECHA	06/02/2018

**CEMENTO**

- Cemento Tipo I Pacasmayo
- Pasa espesora 4.12 gr/cm<sup>3</sup>

ENSAYOS DE LABORATORIO		
ENSAYOS	Unidad	Ag. Gravel Natural
Gravedad específica (GSI)	—	2.85
TMB	in	347
MC	—	6.18
Humedad	%	0.2%
Absorción	%	0.8%
PLC	kg/m <sup>3</sup>	1574
PLS	kg/m <sup>3</sup>	1467

Diseño Pasta							
Relación A/C = 0.29		Contenido de vacíos teórico = 20%		f <sub>br</sub> = 8.99		Vol. De Tarea de Prueba = 0.03	
		Blanco = 8"					
INGREDIENTE	Humedad	Absorción	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño (Saca (kg))	Diseño (Mojado (kg))	Tarea (kg)
Cemento Tipo I Pacasmayo	—	—	3150	0.1305	411	411	12.33
Agua	—	—	1000	0.1192	119	127	3.91
Varina	—	—	—	0.2900	—	—	—
Agregado Gravel Natural	0.2%	0.8%	2850	0.5903	1968	1571	47.52
				Vol. Pasta	0.2497		
				Vol. Total	1.0000		

COMENTARIOS: Se usó 5.5 % de exceso de agua (humedad) por kg de cemento.



GEOMG S.A.C.  
 Mg. Jorge E. Huicho Trujillo  
 CIP N° 98736

## INFORME N° GM-LB21-25-01

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR. DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE 2019  
 SOLICITA: Mgy. ING. JESSIE FERNANDEZ MANTELLA  
 FECHA: 30/1/2021

## DENSIDAD Y EL CONTENIDO DE VACIO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (NTP 339.230)

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20%)

### DENSIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Mm - MASA DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (GR)	235.00
Mc - MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO (GR)	13095.00
Vm - VOLUMEN DE MEDIDA (CM <sup>3</sup> )	6997.00
D - DENSIDAD DEL CONCRETO (GR/CM <sup>3</sup> )	1.838

### CONTENIDO DE VACIO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad U = \frac{T - D}{T} \times 100\%$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Mm - MASA TOTAL DE TODOS LOS MATERIALES (GR)	2108138.99
Vs - SUMA DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (CM <sup>3</sup> )	1000000.00
T - DENSIDAD TEORICA (GR/CM <sup>3</sup> )	2.108
U - PORCENTAJE DE VACIOS EN EL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (%)	12.82

Nota: Muestra elaborado por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Borja Fragillo  
 CIP N° 64735

## INFORME N° GM-LB21-25-02

PROYECTO: TESIS "INFLUENCIA DEL ÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019"  
 SOLICITA: Mgr. ING. JENISSE FERNANDEZ MANTILLA  
 FECHA: 06/10/2019

## DENSIDAD Y EL CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (NTP 339.230)

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 1.5% Ruido)

### DENSIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>m</sub> - MASA DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (GR)	235.00
M <sub>c</sub> - MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO (GM)	13402.00
V <sub>m</sub> - VOLUMEN DE MEDIDA (CM <sup>3</sup> )	6997.00
D - DENSIDAD DEL CONCRETO (GR/CM <sup>3</sup> )	1.882

### CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad U = \frac{T - D}{T} \times 100\%$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>s</sub> - MASA TOTAL DE TODOS LOS MATERIALES (GR)	2114515.84
V <sub>s</sub> - SUMA DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (CM <sup>3</sup> )	1000000.00
T - DENSIDAD TEÓRICA (GR/CM <sup>3</sup> )	2.115
U - PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (%)	11.01

Nota: Muestra elaborada por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Noctub Trujillo  
 CIP N° 88730

## INFORME N° GM-LB21-25-03

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA DEL DÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2018  
 SOLICITA: Mge. ING. JENISSE FERNANDEZ MANTELLA  
 FECHA: 05/1/2021

## DENSIDAD Y EL CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (NTP 339.230)

Muestra: Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 3.5% Ruido)

### DENSIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>c</sub> - MASA DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (GR)	235.00
M <sub>m</sub> - MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO (GM)	13500.00
V <sub>m</sub> - VOLUMEN DE MEDIDA (CM <sup>3</sup> )	8007.00
D - DENSIDAD DEL CONCRETO (GR/CM <sup>3</sup> )	1.896

### CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad U = \frac{T - D}{T} \times 100\%$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>s</sub> - MASA TOTAL DE TODOS LOS MATERIALES (GR)	2112975.00
V <sub>s</sub> - SUMA DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (CM <sup>3</sup> )	1000000.00
T - DENSIDAD TEÓRICA (GR/CM <sup>3</sup> )	2.113
U - PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (%)	10.28

Nota: Muestra elaborada por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Ricardo Trujillo  
 CIP N° 64730

## INFORME N° GM-LB21-25-04

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA DEL ÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO DIVISORTE, 2019

SOLICITA: Ing. W.G. JANSSE FERNANDEZ MANTILLA

FECHA: 03/10/21

## DENSIDAD Y EL CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (NTP 339.230)

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 5.5% Ruido)

### DENSIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Mm - MASA DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (GR)	235.00
Mc - MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO (GM)	13530.00
Vm - VOLUMEN DE MEDIDA (CM <sup>3</sup> )	6897.00
D - DENSIDAD DEL CONCRETO (GR/CM <sup>3</sup> )	1.900

### CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad U = \frac{T - D}{T} \times 100\%$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Ms - MASA TOTAL DE TODOS LOS MATERIALES (GR)	2121197.61
Vs - SUMA DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (CM <sup>3</sup> )	1000000.00
T - DENSIDAD TEÓRICA (GR/CM <sup>3</sup> )	2.121
U - PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (%)	10.42

Nota: Muestra elaborada por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Ricardo Trujillo  
C.C. N° 88732

## INFORME N° GM-LB21-25-05

PROYECTO: TESIS "INFLUENCIA DEL DÍÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019"  
 SOLICITA: Mgr. ING. JESSIE FERNANDEZ MAWTELA  
 FECHA: 04/10/21

### DENSIDAD Y EL CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (NTP 339.230)

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 1.5% Anataso)

#### DENSIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Mm - MASA DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (GR)	235.00
Mc - MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO (GR)	13400.00
Vm - VOLUMEN DE MEDIDA (CM <sup>3</sup> )	6967.00
D - DENSIDAD DEL CONCRETO (GR/CM <sup>3</sup> )	1.882

#### CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad U = \frac{T - D}{T} \times 100\%$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>s</sub> - MASA TOTAL DE TODOS LOS MATERIALES (GR)	2114515.84
V <sub>s</sub> - SUMA DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (CM <sup>3</sup> )	1050000.00
T - DENSIDAD TEÓRICA (GR/CM <sup>3</sup> )	2.115
U - PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (%)	11.02

Nota: Muestra elaborado por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Nájito Trujillo  
 CIP N° 16736

## INFORME N° GM-LB21-25-06

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA DEL DÍOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019  
 SOLICITA: Mgr. ING. JENISSE FERNANDEZ MANUELA  
 FECHA: 10/01/2021

### DENSIDAD Y EL CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (NTP 339.230)

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teóricos 20% + 3.5% Anataca)

#### DENSIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>m</sub> - MASA DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (GR)	235.00
M <sub>c</sub> - MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO (KG)	13482.00
V <sub>m</sub> - VOLUMEN DE MEDIDA (CM <sup>3</sup> )	6897.00
D - DENSIDAD DEL CONCRETO (GR/CM <sup>3</sup> )	1.893

#### CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad U = \frac{T - D}{T} \times 100\%$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>s</sub> - MASA TOTAL DE TODOS LOS MATERIALES (GR)	2112975.00
V <sub>s</sub> - SUMA DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (CM <sup>3</sup> )	1000000.00
T - DENSIDAD TEÓRICA (GR/CM <sup>3</sup> )	2.113
U - PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (%)	10.40

Nota: Muestra elaborada por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Morillo Fraguillo  
 CIP N° 58736

## INFORME N° GM-LB21-25-07

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA DEL DÍOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019  
 SOLICITA: Mgr. ING. JENISSE FERNANDEZ MAYULLA  
 FECHA: 2021/03/27

### DENSIDAD Y EL CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (NTP 339.230)

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 5.5% Anafasa)

#### DENSIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>m</sub> - MASA DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (GR)	235.00
M <sub>c</sub> - MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO (GM)	13557.00
V <sub>m</sub> - VOLUMEN DE MEDIDA (CM <sup>3</sup> )	8957.00
D - DENSIDAD DEL CONCRETO (GR/CM <sup>3</sup> )	1.504

#### CONTENIDO DE VACÍO DEL CONCRETO PERMEABLE FRESCO

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad U = \frac{T - D}{T} \times 100\%$$

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
M <sub>s</sub> - MASA TOTAL DE TODOS LOS MATERIALES (GR)	2121197.61
V <sub>s</sub> - SUMA DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (CM <sup>3</sup> )	1000000.00
T - DENSIDAD TEÓRICA (GR/CM <sup>3</sup> )	2.121
U - PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL CONCRETO PERMEABLE FRESCO (%)	10.24

Nota: Muestra elaborada por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Norberto Trujillo  
 CIP N° 88730

## INFORME N° GM-LB21-26-01

PROYECTO: TESIS "INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019"  
SOLICITA: MSTR. ING. JUANSE FERNANDEZ MANTILLA  
FECHA: 09/01/2021

### PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE

$$k = \frac{V \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t} \text{ (cm/s)}$$

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20%)  
Fecha de Elaboración : 01/01/2021  
Fecha de Ensayo : 08/01/2021  
Edad : 7 días

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
LONGITUD DE LA PROBETA (CM)	15.48
DIAMETRO (CM)	9.19
AREA (CM <sup>2</sup> )	66.33
CARGA HIDRAULICA (CM)	16.85
TIEMPO (S)	15.96
ALTURA DE DESCARGA (CM)	11.75
VOLUMEN DE DESCARGA (CM <sup>3</sup> )	779.40
K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CM/S)	6.77E-01

Nota: Muestra proporcionada por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Norberto Trujillo  
CIP N° 48736

## INFORME N° GM-LB21-26-02

**PROYECTO:** TESIS: INFLUENCIA DEL DÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE 2018  
**SOLICITA:** MGR. ING. JENISSE FERNANDEZ BANTILLA  
**FECHA:** 06/1/2021

### PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE

$$k = \frac{V \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t} \text{ (cm/s)}$$

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 1.5% Rublo)  
 Fecha de Elaboración : 01/01/2021  
 Fecha de Ensayo : 08/01/2021  
 Edad : 7 días

DESCRIPCION	RESULTADOS
LONGITUD DE LA PROBETA (CM)	15.47
DIAMETRO (CM)	9.19
AREA (CM <sup>2</sup> )	66.33
CARGA HIDRAULICA (CM)	14.05
TIEMPO (S)	17.03
ALTURA DE DESCARGA (CM)	9.50
VOLUMEN DE DESCARGA (CM <sup>3</sup> )	630.15
K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CMS)	6.14E-01

Note: Muestra proporcionado por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge S. Espinoza Trujillo  
 CIP N° 66738

## INFORME N° GM-LB21-26-03

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA DEL DÍÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR. DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019  
SOLICITA: MSTR. ING. JESSIE FERNÁNDEZ MANTILLA  
FECHA: 05/01/2021

### PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE

$$k = \frac{V \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t} \text{ (cm/s)}$$

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 3.5% Rutlo)  
Fecha de Elaboración : 01/01/2021  
Fecha de Ensayo : 05/01/2021  
Edad : 7 días

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
LONGITUD DE LA PROBEA (CM)	15.47
DIÁMETRO (CM)	9.18
ÁREA (CM²)	66.33
CARGA HIDRÁULICA (CM)	12.00
TIEMPO (S)	39.42
ALTURA DE DESCARGA (CM)	10.05
VOLUMEN DE DESCARGA (CM³)	666.63
K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CM/S)	3.29E-01

Nota: Muestra proporcionada por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Norberto Trujillo  
CIP N° 60346

## INFORME N° GM-LB21-26-04

PROYECTO: TESIS: "INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019"  
SOLICITA: MSTR. ING. JESSIE FERNANDEZ MARTELLA  
FECHA: 30/10/21

### PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE

$$k = \frac{V \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t} \text{ (cm/s)}$$

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 5.5% Rutlo)  
Fecha de Elaboración : 02/01/2021  
Fecha de Ensayo : 09/01/2021  
Edad : 7 días

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
LONGITUD DE LA PROBETA (CM)	15.48
DIAMETRO (CM)	9.19
AREA (CM <sup>2</sup> )	66.33
CARGA HIDRÁULICA (CM)	12.60
TIEMPO (S)	84.30
ALTURA DE DESCARGA (CM)	10.50
VOLUMEN DE DESCARGA (CM <sup>3</sup> )	695.40
K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CM/S)	1.54E-01

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Martillo Trujillo  
20 de 10/2021

## INFORME N° GM-LB21-26-05

PROYECTO: TESIS "INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019"  
SOLICITA: MSTR. ING. JENISSE FERNANDEZ MAATILLA  
FECHA: 05/12/21

## PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE

$$k = \frac{V \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t} \text{ (cm/s)}$$

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 1.5% Anatasas)  
Fecha de Elaboración : 02/01/2021  
Fecha de Ensayo : 09/01/2021  
Edad : 7 días

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
LONGITUD DE LA PROBETA (CM)	15.45
DIÁMETRO (CM)	8.19
ÁREA (CM <sup>2</sup> )	66.33
CARGA HIDRÁULICA (CM)	12.00
TIEMPO (S)	20.64
ALTURA DE DESCARGA (CM)	10.00
VOLUMEN DE DESCARGA (CM <sup>3</sup> )	663.32
K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CM/S)	6.24E-01

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorga E. Noriega Trujillo  
CIP N° 10736

## INFORME N° GM-LB21-26-06

**PROYECTO:** TESTS "INFLUENCIA DEL DIÓXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE 2019"  
**SOLICITA:** MSTR. ING. JENIFER FERNANDEZ MANTELLA  
**FECHA:** 20/01/2021

### PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE

$$k = \frac{V \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t} \text{ (cm/s)}$$

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 3.5% Anatasá)  
 Fecha de Elaboración : 03/01/2021  
 Fecha de Ensayo : 10/01/2021  
 Edad : 7 días

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
LONGITUD DE LA PRUEBA (CM)	15.47
DIÁMETRO (CM)	9.19
ÁREA (CM <sup>2</sup> )	66.33
CARGA HIDRÁULICA (CM)	12.00
TIEMPO (S)	35.81
ALTURA DE DESCARGA (CM)	10.00
VOLUMEN DE DESCARGA (CM <sup>3</sup> )	663.32
K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CM/S)	3.60E-01

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge El Morillo Trujillo  
 CIP N° 68726

## INFORME N° GM-LB21-26-07

PROYECTO: TESIS: "INFLUENCIA DEL DÍOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019"  
 SOLICITA: MSTR. ING. JENISSE FERNANDEZ MANTILLA  
 FECHA: 20/01/2021

### PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE

$$k = \frac{V \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t} \text{ (cm/s)}$$

Muestra : Diseño Patrón (Contenido de vacíos teórico 20% + 5.5% Anelasa)  
 Fecha de Elaboración : 03/01/2021  
 Fecha de Ensayo : 10/01/2021  
 Edad : 7 días

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
LONGITUD DE LA PROBETA (CM)	15.48
DIÁMETRO (CM)	9.19
ÁREA (CM <sup>2</sup> )	66.33
CARGA HIDRÁULICA (CM)	12.00
TIEMPO (S)	81.01
ALTURA DE DESCARGA (CM)	10.00
VOLUMEN DE DESCARGA (CM <sup>3</sup> )	863.32
K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CM/S)	2.53E-01

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Barillo Trujillo  
 CIP N° 46726

**INFORME N° GM-LB21-122-01**

PROYECTO	USO: INFLUENCIA DEL DÍOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON AFECTO POLYMERIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2019
ROLISTA	Mp: ING. JESSE FERNANDEZ AMAYELA
FORMA	MEMORIA

Registro de ensayo acreditado: D021 CC - 2019

Certificado de calibración: LFP - 130 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

(ASTM C39/C39M - 18)

N°	Tipo de Testigo	Fecha		Edad (días)	Diámetro Proyectado (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Moldeo	Ensayo										
1	Cuerpo Plano (Control de vacíos testigo 20%)	08/10/21	10/10/21	7	140.0	200.0	11000.0	1000	100	7.0	70	0	No
2	Cuerpo Plano (Control de vacíos testigo 20%)	08/10/21	10/10/21	7	140.0	200.0	11000.0	1090	108	6.8	68	0	No
3	Cuerpo Plano (Control de vacíos testigo 20%)	08/10/21	10/10/21	7	140.7	200.2	10800.0	1020	100	7.7	77	0	No

Observaciones: La información sobre el moldeo, moldeo, fecha y procedimiento de los testigos, fueron proporcionadas por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Rogelio Trujillo  
 CIP N° 97730  
 Analizado por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB21-122-03**

PROYECTO	TRABAJO DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE ATAMIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2da F
LOCALIDAD	Mz. B2 - Lt. 8 - 9 NUEVO CHIMBOTE, SANTA, ANCAH
PROYECTANTE	BOCADAM

Máquina de ensayo utilizada: DGS CC - 30T10

Certificado de calibración: CFP - 136 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

(ASTM C39/C39M - 18)

N°	Tipo	Identificación	Fecha		Edad (días)	Diámetro Probado (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
			Moldeo	Ensayo										
1	Prueba Faltas (Control de relación agua/cemento 20% + 1.5% H <sub>2</sub> O)	08010301	18/01/2021	7	150.8	365.4	1828.7	1020	100	5.6	57	4	No	
2	Prueba Faltas (Control de relación agua/cemento 20% + 1.5% H <sub>2</sub> O)	08010302	18/01/2021	7	150.8	287.8	1760.8	855	86	4.1	48	2	No	
3	Prueba Faltas (Control de relación agua/cemento 20% + 1.5% H <sub>2</sub> O)	08010303	18/01/2021	7	150.8	366.1	1833.2	828	82	4.4	48	3	No	

Observaciones: La información sobre el muestreo, molde, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Morales Trujillo  
 CEP N° 08733  
 Validado por: F.A.J.  
 Revisado por: H.T.J.

## INFORME N° GM-LB21-122-03

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA DEL DISEÑO DE TIPO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON AFECTO POROCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2014  
 SOLICITA : Mgr. ING. JUAN SEBASTIÁN GONZÁLEZ BAYLELLA  
 PRIMA : INDICADA

Máquina de ensayo utilizada: D031 CD - 3013

Certificado de calibración: LAF - 130 - 2017

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C39/C39M - 10)

AP	Identificación	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Módulo	Ensayo										
1	Queda Pared (Contenido de vacíos teórico 20% ± 3.0% Real)	08/10/21	10/10/21	7	100.0	200.0	1770.0	1000	100	5.7	60	0	No
2	Queda Pared (Contenido de vacíos teórico 20% ± 3.0% Real)	08/10/21	10/10/21	7	101.0	200.0	1800.0	1100	108	6.0	62	0	No
3	Queda Pared (Contenido de vacíos teórico 20% ± 3.0% Real)	08/10/21	10/10/21	7	100.2	200.2	1800.0	900	88	6.0	62	0	No

Observación: La información sobre el número, fecha, fecha y procedencia de los testigos, serán proporcionada por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Borda Trujillo  
 CIP N° 66730  
 Analista por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LB21-123-04

PROYECTO	TRABO "IMPULSION DEL GOBIERNO DE TONDO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO POTENCIALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2018"
USUARIO	Ing. Ed. JAVIER FERNANDEZ SANTIOLA
FECHA	HOYADA

Mapa de ensayo unitario: DGS/CC - 3010  
 Certificado de calificación: LFP - 108 - 2007

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PRUEBAS CILINDRICAS DE CONCRETO (ASTM C39/C39M - 15)

N°	Identificación	Fecha		Edad (días)	Cemento Portland (kg)	Agrego (kg)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Hoyada	Ensayo										
1	Cilindro Prueba (Concreto de Viales 20% + 5.5% Rubo)	08/1/2021	10/1/2021	7	48.3	301.2	1750.2	2046	218	12.2	95	0	No
2	Cilindro Prueba (Concreto de Viales 20% + 5.5% Rubo)	08/1/2021	10/1/2021	7	50.4	302.5	1750.4	1520	151	8.6	67	0	No
3	Cilindro Prueba (Concreto de Viales 20% + 5.5% Rubo)	08/1/2021	10/1/2021	7	58.3	303.8	1758.8	2450	251	13.7	100	0	No

Observación: La información sobre el maestro, ensayo, fecha y procedencia de las pruebas, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68730  
 Emitido por: J.E.T.  
 Recibido por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB21-122-05**

Proyecto: TESIS: INFLUENCIA DEL DIOXIDO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2014  
 SOLICITA: Ing. JORGE FERNANDEZ AMATELLA  
 REGIM: INDICADO

Máquina de ensayo uniaxial: DGS100 - 2010  
 Certificado de calibración: LFP - 136 - 2017

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**  
 (ASTM C39/C39M - 08)

SP	Identificación	Fecha		Estado	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Molde	Prueba										
1	Depto. Pabón (Concreto de Resist. 20% + 1.0% Anatas)	04/01/2011	04/13/2017	F	300.2	300.2	11142.2	11499	110	8.4	90	9	No
2	Depto. Pabón (Concreto de Resist. 20% + 1.0% Anatas)	04/01/2011	04/13/2017	F	300.8	300.8	15111.1	9698	950	9.3	90	2	No
3	Depto. Pabón (Concreto de Resist. 20% + 1.0% Anatas)	04/01/2011	04/13/2017	F	300.8	300.8	11180.0	12990	127	7.7	79	9	No

Observaciones: La información sobre el sustrato, moltes, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionadas por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Norberto Trujillo  
 CIP N° 60731  
 Responsable por: E.A.J.  
 Responsable por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LB21-122-08

PROYECTO: TESIS "INFLUENCIA DEL DISEÑO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON CRECITO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE BUENO CHIMBOTE, 2018"  
 LOCALIDAD: Mz. B2, Lta. 8 y 9, N. Chimbote, Santa, Ancash  
 PROYECTANTE: ING. JOSSE FERNANDEZ MARTILLA

Registro de ensayo en el laboratorio: DGGI CC - 30910

Certificado de calibración: LFP - 136 - 2021

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C39/C39M - 18)

N°	Identificación	Fecha		Edad (días)	Diseño Probado (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Faja de Faja	Defectos
		Moldeo	Ensayo										
1	Prueba Patrón Controlado de resistencia 30% ± 3.0% Análisis	15/01/2021	15/01/2021	7	101.2	303.2	1760.0	1030	10	7.8	60	3	No
2	Prueba Patrón Controlado de resistencia 30% ± 3.0% Análisis	15/01/2021	15/01/2021	7	101.7	303.2	1760.0	1247	12	12.7	95	3	No
3	Prueba Patrón Controlado de resistencia 30% ± 3.0% Análisis	15/01/2021	15/01/2021	7	101.9	304.8	1764.0	1043	10	9.9	75	3	No

Observaciones: La información sobre el material, método, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionadas por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Borillo Trujillo  
 CIP N° 40736

Revisado por: K.A.J.  
 A.T.J.

**INFORME N° GM-LR21-123-07**

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DEL DISEÑO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON APLICADO POTOCALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2018"  
 SOLICITA : Agt. ING. JORGE FERNANDEZ BANTILLA  
 FECHA : INDICADA

Máquina de ensayo universal: DCS-300

Certificado de calibración: LPP - 736 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**  
 (ASTM C39/C39M - 16)

N°	Tipo	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Alto (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Inicio	Fin										
1	Concreto (Composición de partes iguales 20% + 5.5% Anidrido)	10/10/2021	11/01/2021	3	100.0	300.2	1700.4	1700	171	6.7	66	3	NA
2	Concreto (Composición de partes iguales 20% + 5.5% Anidrido)	10/10/2021	11/01/2021	7	101.3	300.8	1709.7	1378	136	7.0	70	3	NA
3	Concreto (Composición de partes iguales 20% + 5.5% Anidrido)	10/10/2021	11/01/2021	7	100.8	300.8	1709.0	880	87	4.0	40	3	NA

**Observaciones:** La información sobre el espécimen, número, fecha y procedencia de los ensayos, ha sido efectuada bajo responsabilidad del cliente por su personal.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge Fernando Bantilla  
 CIP N° 68760  
 Analizado por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LB21-128-01

PROYECTO: OBRAS DE MEJORA DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2017  
 PRODUCTO: MDT JUEL JONAS FERNANDEZ MANTILLA  
 REGIMEN: INDICADA

Máquina de ensayo utilizada: DGSJ CC - 30910

Certificado de calibración: LPP - 130 - 2021

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CLÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C496C098 - 18)

N°	Testigo	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Molde	Elvaje										
1	Disco Pared Control de calidad 20%	06/01/2021	22/01/2021	14	100.8	303.0	15912.1	3279	130	7.3	74	2	No
2	Disco Pared Control de calidad 20%	06/01/2021	22/01/2021	14	100.2	303.0	17762.2	3086	90	6.6	67	2	No
3	Disco Pared Control de calidad 20%	06/01/2021	22/01/2021	14	100.8	303.0	17800.2	3404	138	7.7	79	2	No

Observaciones: La información sobre el muestreo, recibos, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Martín Trujillo  
 CP N° 68732  
 Autorizado por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LB21-128-02

PROYECTO: TRAMO "BELLAVICIN DEL DÓNDO DE YANHO" AN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FLOTODIFUSIONADO, DISTRITO DE BARRIO CHIMBOTE, 2018  
 LOCALIDAD: Sgo. San JAVIERRE FERNANDEZ MONTILLA  
 PREGUNTA: RESISTENCIA

Máquina de ensayo uniaxial: DGS/CC - 3000

Certificado de calibración: LPP - 128 - 2021

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C39/C39M - 10)

N°	Descripción	Fecha		Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Área en Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kgf)	Carga Máxima (N)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falta	Defectos
		Muestra	Ensayo										
1	Clase Pávil (Contenido de agua según 30% + 1.5% Pávil)	08/01/2021	08/11/2021	14	111.6	307.8	3000.0	8830	104	5.3	50	0	No
2	Clase Pávil (Contenido de agua según 30% + 1.5% Pávil)	08/01/2021	08/11/2021	14	111.2	389.4	1586.0	14370	111	8.2	80	0	No
3	Clase Pávil (Contenido de agua según 30% + 1.5% Pávil)	08/01/2021	08/11/2021	14	110.8	386.4	1584.0	8930	80	6.8	70	0	No

Observaciones: La información sobre el muestreo, molde, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Barrios Trujillo  
 CIP N° 66738  
 Empleado por: E.A.  
 Empleado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LR21-128-03

PROYECTO: TESIS: "ANÁLISIS DEL Efecto DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON APLICACIÓN POTOCATALIZADORA, DISTRITO DE SURCO CHIMBOTE, 2018"  
 SOLICITA: Agr. ING. JORGE FERNANDEZ MANTILLA  
 PROBA: INDICADA

Máquina de ensayo universal: OSGI CC - 20112

Certificado de calibración: LTP - 126 - 2017

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C39/C39M - 10)

N°	Descripción	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Moldeo	Ensayo										
1	Uso de Pasta (Composición de valores teórico 20% + 3.5% Agua)	20/03/21	22/03/21	14	91.0	97.8	1933.4	1280	125	7.0	71	2	No
2	Uso de Pasta (Composición de valores teórico 20% + 3.5% Agua)	20/03/21	22/03/21	14	91.1	94.3	1797.1	1280	121	7.3	74	2	No
3	Uso de Pasta (Composición de valores teórico 20% + 3.5% Agua)	20/03/21	22/03/21	14	90.9	99.0	1194.2	990	97	5.5	53	2	No

Observaciones: La información sobre el molde, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Borjas Trujillo  
 CIP N° 88726  
 Revisado por: A.S.J.  
 Revisado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LB21-128-04

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DEL GRADO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2014"  
 SOLICITA : Sr. ING. JEREMY FERNANDEZ MARTINELLI  
 FECHA : 05/04/2014

Máquina de ensayo de masa: OLS/CC - 30010

Certificado de calibración: LPP - 128 - 2011

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C39/C39M - 18)

N°	Identificación	Fecha		Edad (Días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Deformación
		Moldeo	Ensayo										
1	Quinta Planta (Concreto de vacíos laterales 20% + 0.2% NaOH)	08/03/2014	05/04/2014	14	106.2	395.0	11716.9	1795	167	9.4	98	3	No
2	Quinta Planta (Concreto de vacíos laterales 20% + 0.2% NaOH)	08/03/2014	05/04/2014	14	106.1	372.0	11509.9	2581	232	11.5	118	2	No
3	Quinta Planta (Concreto de vacíos laterales 20% + 0.2% NaOH)	08/03/2014	05/04/2014	14	101.2	365.0	11055.2	2283	205	12.8	132	2	No

Observaciones: La información sobre el muestreo, métodos, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge A. Borlido Trujillo  
 CIP N° 88736  
 Revisado por: K.A.J.  
 Aprobado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LR2J-128-05

PROYECTO	PROJ. "AMPLIACION DEL EDIFICIO DE VIVANT EN EL CONCRETO REFORZADO CON EFECTO FOTODUPLICADOR, DISTRITO DE HUAYO CHABOYAL 2018"
PROYECTA	Mgn. ING. JESSIE FERNANDEZ MARTILLA
FECHA	INDICADA

Registro de ensayo acústico: DGGI CC - 30810

Certificados de calibración: LCP - 130 - 2021

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C39/C39M - 18)

N°	Descripción	Fecha		Edad (días)	Diámetro Probado (mm)	Área (cm²)	Área de Sección Transversal (cm²)	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Defectos
		Moldes	Ensayo										
1	Prueba Patrón (Contorno de espesor nominal 20% + 1.5% máximo)	2001/02/01	2001/02/01	14	100.0	100.0	1714.0	16491	161	1.6	70	2	No
2	Prueba Patrón (Contorno de espesor nominal 20% + 1.5% máximo)	2001/02/01	2001/02/01	14	100.0	100.0	1700.0	16494	161	1.6	70	2	No
3	Prueba Patrón (Contorno de espesor nominal 20% + 1.5% máximo)	2001/02/01	2001/02/01	14	100.0	100.0	1704.2	16511	161	1.7	74	2	No

Observaciones: La información sobre el muestreo, moldeo, fecha y procedencia de los testigos, ha sido efectuada bajo responsabilidad del cliente por su personal.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge S. Enrique Prájer  
 CIP N° 84700  
 Autorizado por: K.A.J.  
 Autorizado por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB21-128-06**

PROYECTO: TENDIDO Y PAVIMENTACIÓN DEL DÓNDO DE TITANO EN EL DISTRITO PERIBARRIL CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2016  
 SOLICITA: Mgr. ING. ADRÉS FERNÁNDEZ MARTELLA  
 REGISTRO: INSC-0004

Registro de ensayo acreditado: DGS-DC - 30819

Certificado de calificación: LPP - 130 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

(ASTM C39/C39M - 18)

N°	Testigo	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kgf)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fallo	Defectos
		Molde	Ensayo										
1	Daño Pequeño Controlado de vapor saturado 20% + 3.0% anhídrido	10/01/2021	24/01/2021	14	100.0	204.2	1703.4	9281	94	11.2	112	2	No
2	Daño Pequeño Controlado de vapor saturado 20% + 3.0% anhídrido	10/01/2021	24/01/2021	14	100.0	204.0	1701.2	9080	93	9.2	96	2	No
3	Daño Pequeño Controlado de vapor saturado 20% + 3.0% anhídrido	10/01/2021	24/01/2021	14	100.0	204.1	1704.4	9286	93	7.6	77	2	No

Observaciones: La información sobre el ensayo, molde, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionadas por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge & Ricardo Trujillo  
 C.R. N° 20730  
 Redactado por: R.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB21-128-07**

TÍTULO	TESIS: INFLUENCIA DEL DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL CONCRETO PORMADURABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE AYOJO CHIMBOTE, 2014
ALUMNO	ING. ING. JENISSE FERNANDEZ MANTELA
FECHA	08/03/2014

Registro de empresa unificada: DGSR CC - 30610  
 Certificado de calificación: JFP - 138 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**  
 (ASTM C39/C39M - 18)

N°	Identificación	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura	Defectos
		Moldeo	Desmoldo										
1	Concreto Falso (Controlado de variación 20% + 0.5% Análisis)	18/03/2014	24/03/2014	14	150.7	300.2	11500.0	8891	198	10.4	138	3	No
2	Concreto Falso (Controlado de variación 20% + 0.5% Análisis)	18/03/2014	24/03/2014	14	150.8	301.6	11611.2	7329	170	6.4	101	3	No
3	Concreto Falso (Controlado de variación 20% + 0.5% Análisis)	18/03/2014	24/03/2014	14	150.2	300.4	11110.0	1788	172	6.4	100	6	No

Observación: La información sobre el ensayo, incluido, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Acosta Trujillo  
 CIP N° 98730  
 Analizado por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB21-129-01**

PROYECTO: OBRAS DE MEJORA DEL DISEÑO DE TUBERÍAS AL CONCRETO ARMADO CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2017  
 CLIENTE: Ing. MSc. JORGE BARRILE TRUJILLO  
 PFECHA: 2023/04

Registra de ensayo estándar: D020 CC - 2010

Certificado de calificación: JPP - 138 - 2011

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

(ASTM C39/C39M - 18)

M <sup>o</sup>	Identificación	Fecha		Edad (Días)	Diámetro Probado (mm)	Alto (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura	Defectos
		Elaboración	Ensayo										
1	Drado Pared (Concreto de resistencia 20%)	2023/02/01	2023/02/01	28	149.5	287.5	17647.0	14872	138	7.8	80	2	No
2	Drado Pared (Concreto de resistencia 20%)	2023/02/01	2023/02/01	28	149.5	286.5	17583.0	12289	124	7.0	74	2	No
3	Drado Pared (Concreto de resistencia 20%)	2023/02/01	2023/02/01	28	149.5	296.7	17286.0	13838	126	8.7	90	2	No

Observaciones: La información sobre el muestreo, fechas, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge S. Barrile Trujillo  
 CIP N° 68728  
 Teléfono: 943 355 197  
 Celular: 998 185 953

**INFORME N° GM-LB21-129-02**

PROYECTO	SEGE: INFLUENCIA DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, URBINO DE NUEVO CHIMBOTE, 2018
CLIENTE	Mg. ING. JENIFER ESPINOZA MARTELLO
UBICACIÓN	SECCION

Máquina de ensayo utilizada: DGS CC - 30010

Certificado de calibración: LFP - 130 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

(ASTM C39/C39M - 18)

N°	Identificación	Fecha		Edad (Días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura	Defectos
		Molde	Ensayo										
1	Detalle Pavto (Concreto de resistencia 20% + 1.5% Plástico)	06/03/2021	06/03/2021	28	117.1	381.4	3394.4	1180	111	9.8	65	3	No
2	Detalle Pavto (Concreto de resistencia 20% + 1.5% Plástico)	06/03/2021	06/03/2021	28	116.7	381.2	3390.0	884	87	5.4	55	2	No
3	Detalle Pavto (Concreto de resistencia 20% + 1.5% Plástico)	06/03/2021	06/03/2021	28	116.1	380.2	3380.1	794	78	4.2	44	2	No

Observaciones: La información sobre el número, molde, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge A. Barillo Trajillo  
 CIP N° 40734  
 Autorizado por: F.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LR21-129-03

PROYECTO	TC010: IMPLANTACIÓN DEL DÓNDEO DE ITIARO EN EL CONCRETO ARMADO CON EFECTO POTOCALIBROSO, DISTRITO DE NUEVO CHIMOTE, BAP
CLIENTE	Mg. ING. JORGE NORRINO TRUJILLO
FECHA	INDICADA

Máquina de ensayo utilizada: DGS1 CC - 3001E

Certificado de calibración: LPI - 130 - 2021

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

(ASTM C39/C39M - 05)

N°	Descripción	Fecha		Edad (días)	Diámetro Proyectado (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (Kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura	Deflexión
		Molde	Ensayo										
1	Detalle Pádelo (Concreto de vaporación 20% + 1.7% Ruido)	08/03/2021	08/03/2021	28	144.6	160.3	1742.1	16017	160	1.1	81	1	No
2	Detalle Pádelo (Concreto de vaporación 20% + 1.7% Ruido)	08/03/2021	08/03/2021	28	144.6	160.3	1607.3	14881	139	1.0	78	2	No
3	Detalle Pádelo (Concreto de vaporación 20% + 1.7% Ruido)	08/03/2021	08/03/2021	28	144.6	160.3	1608.14	15278	149	0.9	81	3	No

Observación: La información sobre el tamaño, estado, forma y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge B. Norrino Trujillo  
 20 de setiembre  
 Autorizado por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB21-129-04**

PROYECTO: TESTE DE PENETRACION DEL COQUEO DE TITANIO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTO POTOCALIDADOR, DISTRITO DE MARIANO CHAVEZ, EDP  
 CLIENTE: Ing. ING. JESUS PERAZOZA MANTILLA  
 FROM: INGENIERIA

Modelo de ensayo utilizado: C1031 CC - 2007C  
 Certificado de calificación: LPP - 138 - 2001

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO**  
 (ASTM C39/C39M - 18)

N°	Identificación	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Carga Última (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Deflexión
		Moldes	Coqueo										
1	Testigo Pared (Cilindrico de radio interior 20% + 5 Mm Radio)	20/03/2021	06/03/2021	28	100.0	100.0	1704.0	1550	155	9.9	20	6	No
2	Testigo Pared (Cilindrico de radio interior 20% + 5 Mm Radio)	20/03/2021	06/03/2021	28	100.7	100.7	1700.0	1600	160	9.9	20	6	No
3	Testigo Pared (Cilindrico de radio interior 20% + 5 Mm Radio)	20/03/2021	06/03/2021	28	101.1	101.1	1664.0	1540	154	9.2	20	2	No

Observaciones: La información está en sus testos, moldes, fecha y procedencia de los testigos, Asesor personalmente por el solicitante



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge El Morillo Trujillo  
 CIP N° 60793

Revisado por: R.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

## INFORME N° GM-LB21-129-05

Proyecto: TESIS: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO FORMADO CON EFECTO FOTOCATALIZADOR, DISTRITO DE NUEVO CHIMBO DE 2014"  
 Ejecutor: Mgr. ING. JESSIE FERNÁNDEZ MANTILLA  
 Etapa: PROBAB

Máquina de ensayo universal: DCS CT - 3000  
 Certificado de calibración: LRP - 106 - 2011

### RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO (ASTM C39/C39M - 10)

N°	Tipo de Testigo	Fecha		Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Alto (cm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Moldeo	Ensayo										
1	Beleto Pórtico (Concreto de relación agua/cemento = 1.0%)	08/01/2014	08/02/2014	28	112.7	307.0	15074.3	14888	148	8.1	80	2	No
2	Beleto Pórtico (Concreto de relación agua/cemento = 1.0%)	08/01/2014	08/02/2014	28	112.8	306.4	15051.4	14891	148	7.6	75	3	No
3	Beleto Pórtico (Concreto de relación agua/cemento = 1.0%)	08/01/2014	08/02/2014	28	112.1	307.0	14963.3	14888	147	8.0	80	3	No

Observaciones: La información sobre el sustrato, molde, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionadas por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Berillo Trujillo  
 CIP 14 44734

Verificado por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB23-129-06**

PROYECTO: OSE: INFLUENCIA DEL GRADO DE FUNDADO EN EL CONCRETO PERMEABLE CON EFECTOS FUNDACIONALES DEL RAYO DE MUELO CHIMBOTE 2017  
 SOLICITA: ING. JORGE FERNANDEZ MATEJKA  
 FECHA: MEDICION

Máquina de ensayo de Metales: 0001 CC - 30013  
 Certificado de calibración: CFP - 130 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRUEBAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

(ASTM C39/C39M - 03)

#	Identificación	Fecha		Edad (días)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Carga Máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Defectos
		Muestreo	Ensayo										
1	Prueba FIC01 (Contenido de vacíos total 20% ± 3.5% Anisot)	08/10/21	05/02/22	28	112.2	286.8	10217.5	9994	94	60	60	2	No
2	Prueba FIC02 (Contenido de vacíos total 20% ± 3.5% Anisot)	08/10/21	05/02/22	28	112.2	286.5	10466.7	11193	114	66	66	3	No
3	Prueba FIC03 (Contenido de vacíos total 20% ± 3.5% Anisot)	08/10/21	05/02/22	28	112.2	286.2	10222.5	10002	94	60	60	3	No

Observaciones: La información sobre el número, método, fecha y precisión de las escalas, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Noriega Trujillo  
 CIP N° 48754  
 Analizado por: K.A.J.  
 Revisado por: M.T.J.

**INFORME N° GM-LB21-129-87**

PROYECTO: TESIS "INFLUENCIA DEL DÓNDO DE TRAMO EN EL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE POLYACETALDEHIDRO, DISTRITO DE SURCO CHIMBOTE, 2017"  
 INGENIERO: Abg. ING. JORGE B. MORTILLO TRUJILLO  
 FECHA: INDICADA

Mapa de ensayo utilizado: 2018/CC - 18870

Certificado de calibración: LPT - 128 - 2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

(ASTM C39/C38M - 18)

N°	Descripción	Fecha		Edad (días)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kgf)	Carga Última (kgf)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Deficiente
		Moldeo	Ensayo										
1	Estado Normal (concreto de sacos arena 20% + 5.5% ARENADO)	08/10/21	07/02/22	28	149.8	380.1	1787.3	1320	127	8.7	88	3	No
2	Estado Normal (concreto de sacos arena 20% + 5.5% ARENADO)	08/10/21	07/02/22	28	148.5	380.1	1754.5	1244	122	8.6	86	2	No
3	Estado Normal (concreto de sacos arena 20% + 5.5% ARENADO)	08/10/21	07/02/22	28	149.1	380.2	1782.3	1227	146	8.1	83	2	No

Observaciones: La información sobre el número, estado, fecha y procedencia de los testigos, fueron proporcionados por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge B. Mortillo Trujillo  
 C.R.N° 88126

Revisado por: K.E.J.  
 Revisado por: M.T.J.



Punto de Precisión SAC

**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 565 - 2021**

Página : 1 de 2

Expediente : T 166-2021  
Fecha de emisión : 2021-05-04

1. Solicitante : JENISSE FERNANDEZ MANTILLA

Dirección : URB. BELLAMAR SEGUNDA ETAPA MZ. B2 LOTE 8 -  
NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

2. Instrumento de Medición : MEDIDOR VOLUMETRICO

Marca : NO INDICA

Modelo : NO INDICA

Alcance : 0 cm a 30 cm

División : 0,1 cm

Material del Molde : ACRILICO

Código de Identificación : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
03 - MAYO - 2021

4. Método de Calibración  
La calibración se efectuó por el método de comparación utilizando patrones certificados.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM
CINTA METRICA	STANLEY	L - 0442 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,3	21,2
Humedad %	64	64

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

*Anexo 5. Panel Fotográfico*

**Figura N° 1:**  
Dosificación de agregado para mezcla por peso



**Figura N° 2:**  
Dosificación de dióxido de titanio para mezcla por peso



**Figura N° 3:**  
Dosificación de agua para la mezcla en ml



**Figura N° 4:**  
Preparación del concreto permeable



**Figura N° 5:**  
Verificación de slump de diseño



**Figura N° 6:**  
Codificación de probetas según porcentajes de dióxido de titanio



**Figura N° 7:**  
Ensayo a la compresión



**Figura N° 8:**  
Ensayo de permeabilidad



**Figura N° 9:**  
Ensayo de permeabilidad



**Figura N° 10:**  
Ensayo de rodamina



**Figura N° 11:**

Ensayo de rodamina en proceso de autolimpieza con exposición al sol



**Figura N° 12:**

Ensayo de rodamina luego de autolimpieza con exposición al sol



**Figura N° 13:**  
Ensayo de contaminación con gases



**Figura N° 14:**  
Ensayo de contaminación con gases



**Figura N° 15:**  
Ensayo de contaminación con gases



# REPERCUCION DEL DIÓXIDO DE TITANIO EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO PERMEABLE, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, 2022

*por* Jenisse Fernandez

---

**Fecha de entrega:** 02-jul-2023 10:18p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2125786059

**Nombre del archivo:** informe\_final\_titanio.docx (7.42M)

**Total de palabras:** 11008

**Total de caracteres:** 61620

9	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
10	riaa.uaem.mx Fuente de Internet	<1 %
11	revistas.itm.edu.co Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.esge.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	cd.dgb.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
17	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.ausjal.org Fuente de Internet	<1 %

20	<a href="https://repositorio.upsjb.edu.pe">repositorio.upsjb.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="https://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="https://repositorio.ucss.edu.pe">repositorio.ucss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad de San Buenaventura Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="https://e-archivo.uc3m.es">e-archivo.uc3m.es</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="https://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="https://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %

31 [apirepositorio.unh.edu.pe](http://apirepositorio.unh.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

32 [cimav.repositorioinstitucional.mx](http://cimav.repositorioinstitucional.mx) <1 %  
Fuente de Internet

---

33 [repositorio.lamolina.edu.pe](http://repositorio.lamolina.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

34 [www.coursehero.com](http://www.coursehero.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo