UNIVERSIDAD NACIONAL

"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Escuela profesional de Ingeniería Civil

DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL

DE INGENIERO CIVIL

Bachiller **CORAL RODRÍGUEZ, Reysa Milagros.**

Asesor: ***Maestro*** **DEPAZ BLÁCIDO, Richard Alberto.**

Huaraz – Perú

2022

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	287

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL N° 282

En la ciudad de Huaraz, al (a los) CINCO día (s) del mes de ENERO del DOS MIL VEINTTRES, siendo las 17:00 horas, se reunieron el Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE : Dr. Ing. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA
PRIMER MIEMBRO : Mag. Ing. OSCAR FREDY ALVA VILLACORTA
SEGUNDO MIEMBRO : Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

[X] Tesis [ ] Trabajo de suficiencia profesional , del (de la) Bachiller

REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO

desarrollada bajo el asesoramiento de:

ASESOR : Mag. Ing. RICHARD ALBERTO DEPAZ BLACIDO
CO - ASESOR : ----------

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición de la aspirante; luego de las interrogantes, objeciones, aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

-- APROBADO --

Siendo las 18:25 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

PRESIDENTE
Dr. Ing. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA

PRIMER MIEMBRO
Mag. Ing. OSCAR FREDY ALVA VILLACORTA

SEGUNDO MIEMBRO
Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA

ASESOR
Mag. Ing. RICHARD ALBERTO DEPAZ BLACIDO

CO - ASESOR

SUSTENTANTE
REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

DEDICATORIA

A Elyón, a quien adoro y agradezco por la vida y esta investigación, hecha en aras de preservar su creación.

A mamá Guillermina, por tanto amor y por enseñarnos que "*(...) es puerta de luz un libro abierto"*.

A mamá Isabel, luz de mis ojos, razón de mis pisadas, porque mi vida es su vida, mis logros son los suyos. Por y para ella llegué hasta acá.

A papá Armando, fuente inagotable de fortaleza, amor y comprensión. Compañero de batallas, en las buenas y en las malas.

A Rocío y Mafer por ese don que tienen de darme tranquilidad, de saber escuchar y envolverme en paz, por darme su protección y ayudarme a caminar.

A Armando, eterno y amado compañero. *"(...) en las madrugadas, te vuelvo a encontrar".*

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

“En algún lugar, algo increíble está esperando ser conocido”

Carl Sagan.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

AGRADECIMIENTO

Al *Maestro* Richard Alberto Depaz Blácido por instruirme en la senda de la investigación con impecable maestría, ayuda e implicación. Por brindarme claridad en medio de la dificultad, por allanar los caminos tortuosos y en especial por el tiempo invertido.

A la *Doctora* Rosario Barra Zegarra por los consejos brindados en la época escolar para iniciar mis estudios en ingeniería civil y su desinteresado apoyo en los pininos de la presente investigación.

A Rudy Rodríguez Camones, quien me alentó para perseverar cuando más quise abandonar, aquel que me prestó sus manos de manera incondicional para concluir la campaña experimental.

A mi tía Betty Rodríguez Jara, por su inagotable cariño, apoyo, compañía y comprensión desde la infancia. Así también, por las facilidades prestadas para el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos Miriam Mejía, Yanira Portella, Sofia Vargas, Elí Montalvo, Milene Sáenz, Lionel Rodríguez, Yeyé Castillejo, Álex Cáceres, Cinthya Valdivia y Frank Flores por ser aquellos que nunca bajan los brazos, los que saltan cuando yo salto, los que van a estar a mi lado si me hago un tres o si escondo un as.

Al personal del laboratorio de mecánica de suelos de la UNASAM, Lucio y Magda por el soporte brindado en la campaña experimental.

A los trabajadores de laboratorio 3 R GEOINGENIERIA S.A.C. por el apoyo brindado en los ensayos de compresión y flexión.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ÍNDICE

ABSTRACT xiii

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN 14

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 14

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL 16

FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS 16

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 17

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 20

OBJETIVO GENERAL 20

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20

1.3. HIPÓTESIS 20

HIPÓTESIS GENERAL 20

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 20

1.4. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 21

MARCO REFERENCIAL 23

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 23

ANTECEDENTES INTERNACIONALES 23

ANTECEDENTES NACIONALES 29

ANTECEDENTES LOCALES 30

2.2. MARCO TEÓRICO 30

GENERALIDADES DEL CONCRETO 30

CONCRETO FOTOCATALÍTICO 34

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Catalizador 34

Semiconductor 35

Fotocatalizador 36

Dióxido de titanio 37

Actividad fotocatalítica 38

Propiedades fotocatalíticas 41

Factores que afectan el efecto fotocatalítico 45

Propiedades e interacción del sistema cemento-TiO_2 45

Materiales con propiedades fotocatalíticaS 45

Norma UNI 11259 47

Rodamina B 48

Colorimetría 49

Modelo de color 49

Modelo de color CIE l*a*b* 49

2.3. MARCO CONCEPTUAL 50

ADITIVO 50

DIÓXIDO DE TITANIO 51

FOTOCATÁLISIS 51

FACTOR DE FOTODEGRADACIÓN 51

AUTOLIMPIEZA 51

2.4. MARCO NORMATIVO 52

LEYES Y DERECHOS VIGENTES EN EL PERÚ 52

NORMAS TÉCNICAS VIGENTES EN EL PERÚ 52

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES 52
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION 55
3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN 55
3.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 56
3.3. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA 57
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN 58
PLAN DE RECOPILACIÓN DE DATOS 58
PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y/O ANÁLISIS ESTADÍSTICO 65
Ensayo de resistencia a la compresión: 65
Ensayo de resistencia a la flexión 65
Ensayo de Rodamina B 66
Ensayo de AUTOLIMPIEZA 66
ANÁLISIS ESTADÍSTICO 67
TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES 72
RECURSOS A EMPLEAR 72
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 74
4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS 84
4.4. TRATAMIENTO ÓPTIMO 87
CONCLUSIONES 88
RECOMENDACIONES 90

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 91

ANEXO 100

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Lista de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables..... 22

Tabla 2. Requisitos de calidad del agua. 32

Tabla 3. Propiedades físicas del dióxido de titanio. 38

Tabla 4. Tamaño muestral 57

Tabla 5. Resistencia a la compresión de los especímenes a los 7 días..... 75

Tabla 6. Resistencia a la compresión de los especímenes a los 14 días.... 75

Tabla 7. Resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días.... 75

Tabla 8. Módulo de rotura de los especímenes a los 7 días. 76

Tabla 9. Módulo de rotura de los especímenes a los 14 días. 76

Tabla 10. Módulo de rotura de los especímenes a los 28 días..... 76

Tabla 11. Valores R_4 Y R_{24} para las diversas dosificaciones de TiO_2. 81

Tabla 12. Cálculo de la diferencia entre los factores de luminosidad a las 0, 4 y 24 horas. 82

Tabla 13. Prueba de hipótesis ANOVA de la resistencia a la compresión y módulo de rotura. 84

Tabla 14. Prueba de hipótesis ANOVA de las pruebas de rodamina y autolimpieza. 85

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Lista de figuras

Figura 1. Gráfico de reacción de un catalizador. 35

Figura 2. Bandas de energía de un semiconductor..... 35

Figura 3. Proceso de la fotocatálisis..... 40

Figura 4. Ángulos de contacto de las gotas de agua con una superficie. 41

Figura 5. Representación del ángulo de contacto en función del tiempo de radiación U.V. 42

Figura 6. Esquema de Fotocatálisis en una superficie con Óxido de Titanio. 44

Figura 7. Materiales con propiedades fotocatalíticas..... 47

Figura 8. Representación del sistema CIE L*a*b* o CIELAB..... 50

Figura 9. Obtención del agregado. 58

Figura 10. Elaboración y ensayo de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión…… 59

Figura 11. Elaboración de muestras para el ensayo de resistencia a la flexión... 60

Figura 12. Ensayo de muestras para evaluar la resistencia a la flexión..... 61

Figura 13. Elaboración de muestras para el ensayo de Rodamina B y el efecto de autolimpieza…. 62

Figura 14. Ensayo de Rodamina B. 63

Figura 15. Ensayo de autolimpieza..... 64

Figura 16. Comparación descriptiva de fc a los 7 días. 77

Figura 17. Comparación descriptiva de f'c a los 14 días..... 77

Figura 18. Comparación descriptiva de f'c a los 28 días..... 78

Figura 19. Comparación descriptiva de la resistencia a la compresión en el transcurso del tiempo. 78

Figura 20. Comparación descriptiva del módulo de rotura del concreto a los 07

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

días……. 79

Figura 21. Comparación descriptiva del módulo de rotura del concreto a los 14 días……. 79

Figura 22. Comparación descriptiva del módulo de rotura del concreto a los 28 días…….. 80

Figura 23. Comparación descriptiva del módulo de rotura en el transcurso del tiempo……..... 80

Figura 24. Comparación descriptiva para el parámetro colorimétrico R_4. 83

Figura 25. Comparación descriptiva para el parámetro colorimétrico R_{24}..... 83

Figura 26. Comparación descriptiva para la diferencia de intensidad..... 84

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

RESUMEN

En la investigación, se evaluó el desempeño mecánico y fotocatalítico del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio. Para dicho fin, se evaluaron la resistencia a la compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días de curado de concreto hidráulico, con adición de TiO_2 en porcentajes variables (0, 3, 6 y 9%).

El desempeño fotocatalítico se evaluó aplicando Rodamina B a las muestras, dejándolas reposar expuestas a luz ultravioleta artificial para tomar fotografías a las 0, 4 y 24 horas. Esto para realizar la valoración colorimétrica y posterior cálculo de los factores R_4 y R_{24} que determinaron si el material es fotocatalítico o no.

Así mismo, se realizó el ensayo de autolimpieza, exponiendo las muestras a combustión de llantas durante tres minutos para luego exponerlas a luz ultravioleta natural y posteriormente realizar la valoración colorimétrica.

Finalmente, se empleó ANOVA de un factor, encontrándose que la adición de TiO_2 al concreto hidráulico, influye significativamente en la propiedad fotocatalítica, determinándose que la proporción más óptima de TiO_2 añadido es 6%. Así mismo, se encontró que también existe una influencia en el desempeño mecánico, incrementando la resistencia a la compresión y el módulo de rotura.

Palabras clave:

Desempeño mecánico, desempeño fotocatalítico, fotocatálisis, dióxido de titanio, rodamina B.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ABSTRACT

The mechanical and photocatalytic performance of the hydraulic concrete pavement with the addition of titanium dioxide was evaluated.

For this purpose, the compressive and flexural strength were evaluated at 7, 14 and 28 days of curing of hydraulic concrete, with the addition of TiO_2 in variable percentages (0, 3, 6 and 9%).

The photocatalytic property was evaluated by applying Rhodamine B to the samples, leaving them exposed to artificial ultraviolet light to take pictures at 0, 4 and 24 hours. This to carry out the colorimetric assessment and subsequent calculation of the factors R_4 and R_{24} that determined whether the material is photocatalytic or not.

Likewise, the self-cleaning test was carried out, exposing the samples to tire combustion for three minutes and then exposing them to natural ultraviolet light and subsequently performing the colorimetric evaluation.

Finally, a one-factor ANOVA was used, finding that the addition of TiO_2 to hydraulic concrete significantly influences the photocatalytic property, determining that the most optimal proportion of TiO_2 added is 6%. Likewise, it was found that there is also an influence on the mechanical performance, increasing the resistance to compression and bending.

Keywords:

Mechanical performance, photocatalytic performance, photocatalysis, titanium dioxide, rhodamine B.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En los últimos años, por el incremento de la población mundial, por un lado se ha generado el aumento de: industrias, parque automotor y alta demanda de edificaciones, y por el otro, la disminución de áreas verdes que ocasionan que los efectos negativos medioambientales adquieran mayor magnitud y diversidad (Jiménez, 2001), como los impactos sobre la calidad del aire y la atmósfera; así, la gestión de la contaminación en las grandes ciudades, impone retos en la solución de problemas medioambientales vinculados a la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

producción de desechos, la afectación de ecosistemas y las emisiones atmosféricas.

Según Friedrich et al. (2021), en la actualidad las ciudades generan el 80% de las emisiones a la atmósfera de dióxido de carbono (CO_2), fuente principal del calentamiento global.

En comparación con diversos países latinoamericanos, el aire exterior del Perú, se encuentra altamente contaminado, según el informe emitido por la Organización Mundial de la Salud; el mismo que asegura que la materia particulada del exterior está asociada con varias enfermedades crónicas. A ello se suma que siendo la minería una actividad económica principal genera un incremento significativo de la contaminación del aire (Gonzales et al., 2014).

Sumado a ello, existe un alto porcentaje de personas que emplean para cocinar los alimentos, la combustión de biomasa, que produce contaminantes con efectos perjudiciales en su salud.

Por otro lado, el Perú es un país con envidiable diversidad de ecosistemas, beneficio supremo que debería implicar un alto grado de responsabilidad para los habitantes en cuanto al cuidado y conservación de los mismos.

De lo descrito anteriormente, se concluye que el Perú atraviesa un periodo de transición de factores de riesgo ambientales debido a la coexistencia de riesgos modernos, pero también tradicionales.

De manera específica, la ciudad de Huaraz se encuentra ubicada en un departamento con gran actividad minera y con un elevado incremento del parque automotor.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Manrique (2014), encontró que la concentración de partículas PM2,5 en la ciudad de Huaraz es alta, resultado que representa un riesgo para la población. Este riesgo se incrementa en época de lluvia, la causa de este incremento se atribuye principalmente al hollín generado por el parque automotor.

Además, es una ciudad rodeada de nevados que con el pasar de los años, van desapareciendo. Esto a causa de que el producto de la contaminación por combustión de vehículos debido al flujo atmosférico, es capturado por los glaciares en forma de humo negro en su superficie, lo cual acelera la fusión.

Las consecuencias de esta situación, implican el deterioro progresivo de la salud humana, pues la contaminación ambiental podría causar problemas cardiovasculares, enfermedades bronquiales, cáncer de pulmón o piel y mucho más.

Por otro lado, las avenidas y calles de la ciudad de Huaraz están construidas con pavimento rígido, por donde transita el parque automotor, en razón de la gran área que representa, es factible aprovecharla para proponer la inclusión de TiO_2 para la captura de las emisiones de los carros.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el desempeño mecánico y fotocatalítico del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio?

FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo varía la resistencia a compresión del pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio?

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

¿Cuál es la variación del módulo de rotura del pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio?

¿Cuál es el intervalo de variación porcentual de los factores de fotodegradación R4 Y R24 del pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio?

¿Cuánto es el porcentaje de autolimpieza del pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio?

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Diversas investigaciones sostienen que el cambio climático a nivel mundial es atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera.

Las emisiones del tráfico de vehículos provocan problemas de contaminación atmosférica en todo el mundo. Se desarrollaron diversos intentos de reducir las emisiones, desde el fomento del uso compartido del automóvil y el transporte público hasta el rediseño de los propios vehículos. Sin embargo, todavía hay emisiones que contaminan el aire en un grado significativo.

Un estudio de Londres encontró que una escuela primaria cerca de una calle de alto tráfico dejaba a los niños en edad escolar vulnerables a una exposición significativa a la contaminación del aire (Moussiopoulos et al., 2007).

Es una alerta tan fuerte que despierta protestas como la de la adolescente activista Greta Thunberg, quien en la cumbre del clima de la ONU (2019), mencionó: “La gente está sufriendo, la gente está muriendo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Ecosistemas enteros están colapsando. Estamos en el inicio de una extinción masiva y lo único de lo que ustedes pueden hablar es de dinero y cuentos de hadas de eterno crecimiento económico".

Se sabe también que, el ascenso de la temperatura media es una de las consecuencias del cambio climático que se observó, tanto en la superficie terrestre, en la atmósfera y en los primeros metros de los océanos, siendo más rápida la evolución en zonas terrestres que en los mares (Del valle, 2014).

Cuatro informes emitidos en los últimos treinta años por el IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) confirman que científicamente, el cambio climático es un hecho indiscutible y es generado por las emisiones de gases de invernadero que proceden de la quema de combustibles fósiles. Así mismo, se muestra que se está generando un incremento térmico sin precedentes, lo que conlleva al aumento en la frecuencia de fenómenos sumamente perjudiciales como son las sequías e inundaciones, con una tendencia de crecimiento preocupante para el siglo XXI. A pesar de que estos efectos puedan ser positivos para zonas con climas fríos, aquellas zonas que presenten climas templados, sufrirían impactos negativos; más aún, si pertenecen a países en vías de desarrollo. Así, la concentración de actividades y personas, convierte a las zonas urbanas en espacios vulnerables (Fernández, 2007).

En el Perú, estos embates de la naturaleza no son insólitos. El informe diario sobre la clasificación de ciudad por calidad de aire y la contaminación de IQAir AirVisual posiciona a Lima, Perú como la ciudad más contaminada de Latinoamérica después de Sao Paulo, Brasil. Sugiere además que la contaminación atmosférica no es únicamente un riesgo para la salud sino

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

también un lastre para el desarrollo de la población. En este contexto, el cambio climático representa una amenaza; pero también, nuevas oportunidades de mejora y crecimiento para las generaciones futuras.

El gobierno peruano, en cumplimiento del numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú que establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, mediante Decreto Legislativo N° 1013; aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, el mismo que gestionó la aprobación de Decretos Supremos que establezcan medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud de las personas.

Por otra parte, mediante Resolución Ministerial N° 339-2012-MINAM, la ciudad de Huaraz fue considerada dentro de las zonas de atención prioritaria para la elaboración de un plan de acción para la mejora de la calidad del aire. En el año 2015, se realizó un diagnóstico de línea base que incluía el análisis de contaminantes emitidos por la Minera Barrick Mishquichilca S.A., industrias manufactureras de la ciudad (fabricación de ladrillos), vehículos automotores en circulación, escaso o nulo control de antigüedad del parque vehicular. La misma que concluyó que los valores obtenidos para dicho año, no superaban los estándares definidos. Sin embargo, se advierte una peligrosa tendencia a incrementar los niveles de contaminantes y finalmente alcanzar valores que superen los límites, debido principalmente al gran crecimiento del parque automotor; así mismo, la información epidemiológica vincula la contaminación del aire como causa de un importante porcentaje de morbilidad y mortalidad registradas en la región.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

No obstante, se considera que aplicar las medidas para mejorar la calidad del aire propuestas por el Ministerio del Ambiente, tendrían poco impacto a largo plazo. Siendo más factible, contribuir con incrementar la calidad de los materiales de construcción para mejorar la calidad del aire que restringir ciertas actividades que generan picos de contaminación.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño mecánico y fotocatalítico del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la resistencia a compresión del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio.

Evaluar el módulo de rotura del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio.

Calcular los intervalos de factores de fotodegradación R4 y R24 del pavimento de concreto hidráulico.

Determinar el porcentaje de autolimpieza del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio.

1.3. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

El desempeño mecánico y fotocatalítico del pavimento de concreto hidráulico presenta mejoras con la adición de dióxido de titanio.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La resistencia a compresión del pavimento de concreto hidráulico no presenta variación con la adición de dióxido de titanio.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

El módulo de rotura del pavimento de concreto hidráulico no presenta variación con la adición de dióxido de titanio.

Los factores de fotodegradación R4 y R24 son mayores a 25 y 50% respectivamente en el pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio.

El porcentaje de autolimpieza del pavimento de concreto hidráulico es de hasta un 70% con la adición de dióxido de titanio.

1.4. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables

Las variables de la presente investigación son:

Variable independiente:

Variable independiente *X*: Dióxido de titanio (aditivo).

Variable dependiente:

Variable dependiente Y_1: Desempeño mecánico del concreto.

Variable dependiente Y_2: Efecto fotocatalítico.

Variable interviniente:

Las variables descritas a continuación, forman parte de aquellas que no serán excluidas, debido a su intervención en la investigación.

En la medida de que la metodología lo permita, estas variables deberán ser controladas y uniformizadas.

Variable interviniente 1: *Configuración del agregado:* Se utilizará el mismo tipo de agregado para cada una de las muestras, los parámetros correspondientes serán controlados y estandarizados de acuerdo a lo que dicta la norma respectiva.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Variable interviniente 2: *Condiciones climáticas:* Todas las muestras serán sometidas a las mismas condiciones climáticas, durante el mismo tiempo.

Operacionalización de variables

En la Tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Indicador	Método y/o instrumento de investigación
Variable independiente	Dióxido de titanio	Porcentaje en peso.	Protocolo de elaboración de especímenes con adición de dióxido de titanio (Anexo 2).
Variables dependientes	Desempeño mecánico del concreto	Resistencia a compresión. Módulo de rotura.	Ensayo de resistencia a compresión. Ensayo de viga simplemente apoyada con carga puntual al medio.
	Desempeño fotocatalítico	Factores de fotodegradación R4 y R24. Autolimpieza.	Protocolo para la prueba de degradación de colorante orgánico Rodamina B (Anexo 3). Protocolo del ensayo de evaluación de autolimpieza (Anexo 4).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Se han realizado diversas investigaciones internacionales sobre los materiales de construcción fotocatalíticos, las mismas que han ido confirmando la eficacia en la autolimpieza de los aglutinantes cementosos fotocatalíticos. Las investigaciones que se presentan a continuación, no hacen alusión específica del pavimento de concreto hidráulico, sin embargo, en todos los casos se trata del concreto elaborado con cemento portland.

Kormann (1989), comparó la actividad fotocatalítica del ZnO, Fe_2O_3 y TiO_2; para dilucidar los principios de la formación fotocatalítica de peróxido

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de hidrógeno y estudiar las transformaciones de moléculas orgánicas en suspensiones de óxidos metálicos que son relevantes para el ambiente. Encontró que el ZnO y TiO_2 exhiben mucha más actividad fotocatalítica que el Fe_2O_3 en la degradación de hidrocarburos clorados, pero con el inconveniente de que el ZnO sufre fotocorrosión con la luz UV inducida por autooxidación, reduciendo su actividad fotocatalítica hasta su inactivación, esto unido a que los procesos de obtención del óxido de titanio son sobradamente conocidos convierten a este en el fotocatalizador más utilizado.

Ibusuki & Takeuchi (1994), estudiaron la incorporación de CA al TiO_2 para favorecer la adsorción de parte del NO_2 y permitir al TiO_2 oxidar el resto a HNO_3, se observó que el TiO_2 oxidó óxido nítrico a ácido nítrico rápidamente bajo iluminación con luz ultravioleta; sin embargo, una parte de NO se oxidó a dióxido de nitrógeno, el mismo que fue adsorbido por el carbón activado, concluyendo que la mezcla de TiO_2 y CA es un excelente catalizador fotoasistido para la eliminación de NO_x de baja concentración. El carbón activado, hace referencia a la adición de 1 a 3% en peso de óxido férrico (Fe_2O_3).

Komazaki, Shimizu, & Tanaka (1999), depositaron el fotocatalizador en un reactor anular para evaluar la fotoactividad, lo que mostró que el NO presenta una alta oxidación. Este hecho permitía que la disposición del reactor produzca una superficie de limpieza rápida. El dióxido de titanio utilizado para dicho fin, fue en la fase anatasa. Se logró un valor de 98 % de eficiencia.

Cassar (2004), describió algunos métodos para la evaluación del efecto fotocatalítico y mezcló TiO_2 en pastas de cemento blanco para lograr un efecto fotocatalítico. Las muestras de cemento blanco se impregnaron con una

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

solución de fenantroquinona de 0,1 mg / ml. Después de la irradiación UV, el color amarillo se desvaneció permitiendo una restauración rápida de la superficie blanca.

Vallée et al. (2004), desarrollaron productos cementosos fotocatalíticos (morteros y pinturas de revestimiento cementoso) en el proyecto europeo denominado "Picada", para el cual, se evaluó el efecto de autolimpieza a través de mediciones colorimétricas de la degradación de la rodamina B (colorante orgánico rojo). Una vez analizados los resultados, se concluyó que en la exposición a luz UV artificial de menos de un día, se obtuvo una recuperación aproximada del 65% del color inicial de la muestra (Vallée et al., 2004)

La prueba de este material se ha realizada no sólo en muestras de laboratorio sino también en edificios construidos con este tipo de materiales a través del monitoreo colorimétrico de los mismos, demostrando así que las conclusiones de laboratorio son también aplicables a la realidad.

En la Iglesia Dives in Misericordia en Roma, se pudieron ver pequeñas diferencias entre los valores internos y externos en el periodo de seis años de monitoreo. El ayuntamiento de arte en Chambéry (Francia) mostró que las variaciones de color de los paneles causadas por una sustancia inorgánica podrían eliminarse completamente lavando con agua. Con respecto al ayuntamiento de Chambéry, se pudo observar que tanto en este, oeste, norte y sur, el color inicial permaneció casi uniforme durante cinco años aproximadamente. Además de los materiales cementosos autolimpiantes, los productos de construcción exterior autolimpiables a base de TiO_2, incluidos los azulejos y vidrio fueron ampliamente comercializados y aplicados.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Yu & Brouwers (2009) llevaron a cabo un estudio experimental para la descontaminación interior de NO_x. Se introdujo la configuración de reacción fotocatalítica para la evaluación de la calidad del aire interior. Un TiO_2 modificado que puede activarse con luz visible se utilizó como fotocatalizador debido a la escasez de luz ultravioleta en condiciones de interior. Se aplicó un papel de pared especial como sustrato para el recubrimiento del fotocatalizador. El óxido nítrico (NO) es un contaminante típico del aire interior, que se utilizó como contaminante objetivo para la oxidación fotocatalítica con nivel de concentración inicial de NO, tasa de flujo, la humedad relativa del ambiente experimental, la irradiancia, la dosis de fotocatalizador. La eficiencia obtenida este estudio fue de ~20 % de descontaminación interior de NO.

Ballari et al. (2010), estudiaron experimental y teóricamente la degradación de los compuestos NO_x empleando adoquines comerciales de concreto para su aplicación en la construcción de carreteras. Los experimentos se llevaron a cabo en un fotorreactor diseñado según norma ISO22197-1 para evaluar este tipo de materiales fotocatalíticos, empleando NO como fuente contaminante. Se propuso un modelo cinético para describir la oxidación fotocatalítica de NO_x. Obtuvieron una eficiencia de 90.6% cuando estudiaron la influencia de las diversas variables presentes en el proceso del estudio cinético.

Folli (2010) concluyó de su investigación, que la aplicación de la fotocatálisis de TiO_2 al concreto proporciona una estrategia eficiente para obtener simultáneamente: autolimpieza de las fachadas de los edificios, retardo del envejecimiento natural de la superficie y mitigación de la contaminación

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

del aire, simplemente con el apoyo de la luz solar, oxígeno atmosférico y agua presente como humedad y/o agua de lluvia.

Bianchi et al. (2012) realizaron el estudio del desempeño fotocatalítico de diversos materiales con adición de TiO_2, la importancia de la elección de un sustrato adecuado como material de soporte para el TiO_2 fotoactivo, ya sea en forma de polvo o películas delgadas o en pinturas fotoactivas, con frecuencia se pasa por alto, en esta investigación, se evaluaron cuatro soportes diferentes (acero inoxidable, acero inoxidable arenado, teflón y vidrio). El objetivo final fue comprobar la presencia de interacciones entre el fotocatalizador y el soporte, directamente implicado en la actividad fotocatalítica en el abatimiento de NO_x. Siendo el acero inoxidable arenado, el material con propiedades conductoras más eficientes.

Abella (2015), luego de haber observado las propiedades en los materiales cementosos (autolimpiante, antifúngico y descontaminante), decidió analizar los mecanismos fotocatíliticos a través de los cuales, el TiO_2 confiere estas propiedades al material. Analizó los mecanismos de activación fotocatalítica, concluyendo que el TiO_2 no disminuye la resistencia del material y proporciona al mortero, propiedades autolimpiantes. Además, los morteros con cemento convencional redujeron el porcentaje de porosidad.

La Asociación Iberoamericana de la Fotocatálisis (AIF), creada en España para congregar a las empresas que aportan materiales de la construcción con propiedades fotocatalíticas, con la finalidad de implantar el concepto de *"La Isla Fotocatalítica"* en las grandes con mayor porcentaje de contaminación. Hace de esta, una gran industria que se presenta como una

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

alternativa amigable para el ciudadano frente a otras medidas que resultan coercitivas.

Boonen et al. (2015), plantearon el objetivo de demostrar la eficiencia de materiales de revestimiento fotocatalítico a una escala realista, se instaló un campo de descontaminación fotocatalítica en el Túnel Leopoldo II en Bruselas, Bélgica. Para ello, se aplicaron materiales cementosos fotocatalíticos en las paredes laterales y el techo de las secciones de prueba seleccionadas dentro de un túnel de un solo sentido. En la campaña experimental se presentaron dificultades de diversa índole, tales como la severa desactivación observada para el material investigado bajo las condiciones del túnel contaminado, que fue revelada por experimentos de laboratorio adicionales en muestras fotocatalíticas que fueron expuestas al aire del túnel. Se determinó un límite superior del 2% para la máxima reducción posible de NO_x, que corresponde a las incertidumbres experimentales. En experimentos de laboratorio posteriores al estudio del túnel, se identificó una grave pasivación de la reactividad de la superficie bajo las condiciones del túnel muy contaminado en un orden de magnitud como la razón principal de la baja remediación observada. Además, la alta humedad relativa y la velocidad del viento dentro del túnel limitaron aún más la absorción fotocatalítica de NO_x. Cuando se utiliza la cinética de absorción de los experimentos de laboratorio en muestras de túnel pasivadas, los cálculos del modelo simple basados en una cinética de reacción de primer orden indican solo un límite superior de remediación fotocatalítica dentro de la sección del túnel de 160 m de 0,4 %, que está claramente por debajo de las incertidumbres experimentales y, por lo tanto, en excelente acuerdo con los resultados del túnel.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Toro et al. (2016) hicieron la determinación de CO, NO y COVs en carreteras fotoactivas a través de asfalto y hormigones con TiO_2. Para dicho fin se utilizó concreto y asfalto con TiO_2 incorporado con spray; en los que se obtuvieron eficiencias variables según las condiciones a las que fueron expuestos.

Wang, Leng, Hüben, Oeser, & Steinauer (2016) desarrollaron un nuevo método para recubrir con TiO_2 los pavimentos de asfalto con el objetivo de mejorar la eficiencia de descomposición de NO_x y la durabilidad del material de recubrimiento para pavimentos de asfalto. En este método, se utilizó mortero de cemento de TiO_2 pulverizado como material de esparcimiento, que se adhiere a la superficie del pavimento asfáltico mediante resina epoxi. Se optimizó la composición del mortero de cemento de TiO_2 en cuanto a sus propiedades mecánicas. La eficiencia de degradación de NO_x a largo plazo, la resistencia a la abrasión y la resistencia al deslizamiento del material esparcido se midieron después de someterlo a un pulido de 300 minutos con la avanzada máquina pulidora Aachen (APM). Se concluyó que el método desarrollado puede lograr una eficiencia duradera de degradación de NO_x y que el método es viable para su implementación práctica. Se obtuvo una eficiencia de 15-22%.

ANTECEDENTES NACIONALES

Tuesta et al. (2002) concluyeron que “el monitoreo de la degradación puede seguirse paso a paso sólo con un espectrofotómetro infrarrojo”. Se pudo verificar el alto poder oxidativo del proceso fotocatalítico a través de la desaparición absoluta de las bandas de absorción (incluso de aquellas que pertenecen a los solventes aromáticos que el fabricante incluye en el producto.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Vásquez (2016), concluyó de su investigación que la incorporación de TiO_2 a los tratamientos disminuyó la resistencia a la compresión de manera proporcional a las cantidades de TiO_2 pero sin descensos considerables. Además, se comprobó que esta adición incrementó la decoloración en la prueba de Rodamina también directamente proporcional al porcentaje de adición de TiO_2. Haciendo un símil de ambas pruebas, concluyó que el porcentaje adecuado para el óptimo tratamiento pertenece a los rangos de 3-6% de TiO_2.

Medina (2017) determinó la influencia del uso del dióxido de titanio (incluido en 0, 5, 10 y 15%) en las propiedades del mortero y la diferenciación de los costos de su elaboración en la ciudad de Cajamarca. Para lo cual, los ensayos realizados fueron de absorción, fluidez, resistencia a la compresión y propiedad autolimpiable, encontrándose que todas las propiedades mecánicas del mortero se reducen proporcionalmente a la adición del fotocatalizador, eligiendo el 5% de TiO_2 como el porcentaje óptimo, recomendando el uso adicional de un aditivo plastificante para mejorar la trabajabilidad del mortero fresco.

ANTECEDENTES LOCALES

En relación a la presente investigación, no se encontraron antecedentes locales, debido al grado de innovación de la misma.

2.2. MARCO TEÓRICO

GENERALIDADES DEL CONCRETO

El concreto es un material que fue utilizado desde los inicios de la humanidad en razón de la necesidad de construir grandes obras que en la actualidad son admiradas por la durabilidad, indiscutible resistencia y evidente

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

belleza. Se trata de una mezcla de materiales pétreos y aglomerantes (Zabaleta, 1988).

Cuando hablamos de concreto, hacemos referencia a un material que se compone por la unión de los agregados finos y gruesos. Esta unión se da a través de una pasta endurecida de cemento y agua (Pozzi, 1981). De acuerdo a ello, entendemos que los componentes del concreto son:

a. Cemento

Este material es el resultado de una fusión química que se da a altas temperaturas de materiales calcáreos y arcillosos. Al mezclar el cemento con agua, se genera una mezcla denominada aglutinante que tiene la propiedad de endurecerse con el tiempo hasta llegar a ser una piedra artificial (Gómez, 2013).

b. Agregados

Se define a los agregados como la fase discontinua del concreto y se encuentran embebidos en la pasta (Sánchez de Guzmán, 2001).

El volumen ocupado por los agregados en un concreto convencional, varía entre 60 y 75%. La presencia de estos influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto, por lo tanto, en la calidad del producto (Kosmatka et al.,2004)

La granulometría de los agregados, se refiere a la distribución que presentan las partículas del agregado, por tamaño. Aquellos agregados que no presenten excesos en los tamaños o deficiencias, presentarán una curva suave que conllevará a resultados más satisfactorios (Kosmatka et al., 2004).

Los límites de tamaño para los agregados, son fijados por la NTP 400.011.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

c. Agua

La presencia del agua, condiciona el comportamiento del concreto en su estado fresco y endurecido pues este componente el que permite la reacción química del material cementante para conformar el gel.

En caso de que no se puedan realizar ensayos para comprobar la calidad del agua, será posible emplear el agua que se considere potable para la población o en su defecto, aquellas aguas que ya fueron utilizadas para la elaboración de mezclas y que estas no hayan presentado mayores inconvenientes.

De no existir antecedentes con las aguas que vayan a ser utilizadas, se permitirá elaborar testigos, cuyos resultados puedan ser contrastados con los testigos elaborados con agua potable. Estos no deberán presentar valores menores al 90% del testigo control en la prueba de resistencia a la compresión.

Requisitos de calidad

La normativa peruana contempla también los límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088, serán presentados en la Tabla 2:

Tabla 2

Requisitos de calidad del agua

Descripción	Límite máximo permisible[a]
Sólidos en suspensión	5000
Materia Orgánica	3
Alcalinidad (NaCHCO3)	1000
Sulfatos (ion SO4)	600
Cloruros (ion CI-)	1000
pH	5 a 8

Nota. Tomada de Cachay (2014). [a] En ppm.

d. Aditivos

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Según la NTP 334.001 (Normas Técnicas Peruanas, 2011), “los aditivos son el material que será añadido al concreto en cantidades previamente definidas; ya sea como aditivo de proceso, para contribuir a la fabricación o como aditivo funcional que modificará las propiedades del producto final”.

Clasificación

Según la norma (ASTM, 2016), los aditivos se clasifican en:

Tipo A: Reductores de agua

Tipo B: Retardadores de fragua

Tipo C: Aceleradores de fragua

Tipo D: Reductores de agua, retardadores de fragua

Tipo E: Reductores de agua, aceleradores de fragua

Tipo F: Reductores de agua, de alto rango

Tipo G: Reductores de agua, de alto rango, y retardadores

Tipo S: Comportamiento específico

Propiedades del concreto en estado fresco

Las propiedades que se observan en el concreto en estado fresco son la consistencia que indica el grado de fluidez que presenta la mezcla, la trabajabilidad que indica la facilidad con la que puede ser mezclado el concreto, la homogeneidad que hace referencia a la distribución regular en una adecuada proporción de los diversos componentes del concreto, la cohesión que es la capacidad de mantenerse como una masa plástica y al

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

exudación que refiere la variedad en la densidad real de los materiales que forman el concreto, generándose así, la decantación de los de mayor peso unitario y el ascenso del más liviano.

Propiedades del concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión

Se genera bajo una determinada carga de aplastamiento y se refiere al esfuerzo máximo que el concreto pueda a soportar en respuesta a esta (Gómez & Villavicencio, 2020).

Resistencia a la flexión

Hace referencia al esfuerzo máximo de la viga sometida a flexión hasta antes de sufrir agrietamiento. (Gómez & Villavicencio, 2020).

CONCRETO FOTOCATALÍTICO

CATALIZADOR

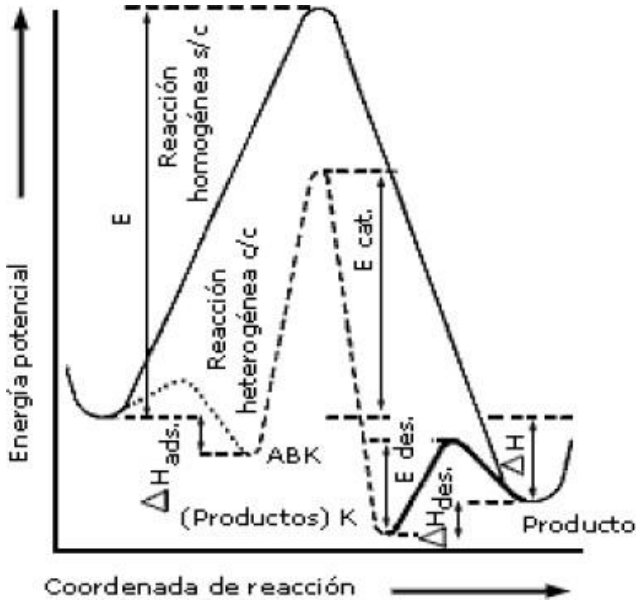
La palabra catálisis describe fenómenos de muy diversa naturaleza, pero con una característica en común: Y es que, en cada uno de ellos, podemos encontrar el catalizador que presenta una influencia notablemente superior sobre cualquier otro agente que no presente esta cualidad. Berzelius en 1836, empleó el término para describir el incremento de la velocidad que experimentaban las reacciones químicas en presencia de ciertas sustancias que aparentemente no sufrían ningún cambio (Romero, 2004).

Ningún catalizador puede ser considerado como reactivo o producto en una reacción y que la presencia de este en una reacción únicamente modifica la velocidad con la que se desarrolle dicha reacción (Fuentes & Díaz, s.f.). La Figura 1 detalla la variación de las reacciones con y sin catalizador.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 1

Gráfico de reacción de un catalizador



Nota. Tomada de Fuentes (s.f.)

El resultado realmente valioso de todo este proceso es que, a través de los catalizadores, muchas veces se obtienen productos que, de no ser por la catálisis, no podrían existir.

SEMICONDUCTOR

Se trata de un material que se caracteriza por sus propiedades eléctricas intermedias, no se posiciona ni como conductor, pero tampoco como aislante eléctrico (Figura 2). Otra característica es que suele conducir la electricidad a temperatura ambiente, generando que la conductividad dependa directamente de la temperatura (Kittel, 2003).

Cuando se incrementa la temperatura en los electrones, aquellos que estaban posicionados en la BV se excitan hasta la BC, generando un hueco en la BV denominado electrón-hueco (e-h+). Tanto los electrones pertenecientes a la BC como los huecos que quedan en la BV, contribuyen en gran manera a la conductividad eléctrica (Kittel, 2003)

Figura 2

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Bandas de energía de un semiconductor

Nota. Tomada de Abella (2015).

FOTOCATALIZADOR

Se distingue del catalizador por funcionar únicamente cuando este recibe luz en forma de radicación, pudiendo ser visible o no, artificial o natural. Es una característica que por lo general presentan los materiales semiconductores; sin embargo, no todos presentan la misma efectividad. Dichos semiconductores se dividen en tres grupos en función al potencial que presenten:

Reductivos: Existe la posibilidad de reducir el agua y de esta forma generar H_2. Empero, cuenta con un potencial de oxidación muy débil para oxidarla.

Oxidativos: Existe la posibilidad de producir la oxidación del agua.

Redox: Son semiconductores que producen reacciones fotocatalíticas debido a la diferencia de energía entre BV y BC. (García, 2012).

"Existen criterios para la adecuada selección de un fotocatalizador: Banda de valencia con un potencial redox apropiado, esto quiere decir que deba ser positivo a tal punto que haga posible la mineralización de la materia orgánica. Así mismo, la fotoactivación deberá permanecer dentro del intervalo luz visible – UV cercano, el cual, con la finalidad de aprovechar la luz solar, debería ser menor a 4.1. Además, debe presentar resistencia a la fotocorrosión, baja toxicidad y elevada área activa y no formar parte de las reacciones para no

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ir desapareciendo". (García, 2012)

La fotocatálisis es un proceso catalítico promovido por energía, capaz de excitar a un semiconductor (catalizador) al grado de hacer que se comporte como un material conductor. En la superficie del catalizador, se desarrollan reacciones de oxidorreducción, las cuales generan radicales libres muy reactivos, que reaccionan con las especies a su alrededor, rompiendo algunos enlaces moleculares y reduciendo u oxidando hasta convertirlas en especies menos complejas (De La Hoz, 2009)

Serpone (1995) la define como: "La capacidad de algunos materiales para que algunas reacciones químicas inexistentes o muy lentas, se puedan dar con mayor facilidad en presencia de la luz UV".

La fracción de radiación ultravioleta necesaria para desencadenar la reacción de oxidación es de 4%.

DIÓXIDO DE TITANIO

Es un sólido de color blanco de la familia de los óxidos metálicos en transición (Greenwood & Earnshaw, 1997). Es posible encontrarlo en tres formas cristalinas: anatasa (tetragonal), brookita (ortorrómbica) y rutilo (tetragonal); encontrando que la anatasa sería termodinámicamente más estable (Verbruggen, 2015). Las propiedades físicas de este compuesto, se detallan en la Tabla 3.

Sin embargo, las únicas formas que presentan importancia comercial son las de rutilo y anatasa. Siendo esta última la idónea para los procesos fotocatalíticos (Pelaez, y otros, 2012).

Es un compuesto químico utilizado como semiconductor en los procesos de oxidación avanzada fotocatalizada, en razón de la cualidad de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

absorber y reaccionar cuando se expone a la luz UV, generando autolimpieza en el material al que recubre.

Tabla 3

Propiedades físicas del dióxido de titanio

Propiedades físicas	Valor
Gravedad especifica	4.0 g/cm^3
Color, CIE L*	99.4
Tamaño medio de partículas	0.36 µm
pH	8.2
Resistencia a 30 ºC	10

Nota: Tomada de Chemours (2019)

Se trata de uno de los semiconductores más investigados debido a su elevada fotoactividad, costo reducido, reducida toxicidad y elevada estabilidad térmica (Hoffmann, Martin, Choi, & Bahnemann, 1995)

La forma anatasa del TiO_2 presenta una energía de salto de banda (energía entre la banda de valencia y la banda de conducción) de 3.2 eV (Kolasinski, 2012). Esto implica una de las mayores dificultades del TiO_2, ya que únicamente tiene la capacidad de absorber un 5% de todo el espectro solar.

ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA

La fotocatálisis heterogénea es aquel proceso químico en el que un semiconductor es excitado mediante los fotones de energía igual o superior a la energía de su banda prohibida. A través de este proceso se generan reacciones de oxidación y reducción simultáneas que, al desarrollarse, generan la oxidación de multitud de compuestos orgánicos e inorgánicos. Este comportamiento describe una tecnología sumamente interesante que sería útil

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

para la reducción de contaminación tanto en el agua como en el aire (Carp, Huisman & Reller, 2004).

Tenido al dióxido de titanio como semiconductor por excelencia para el concreto, químicamente se presentan la banda de conductividad, banda prohibida y banda de valencia. Cuando se presenta una interferencia de un fotón de energía superior a la banda prohibida, el electrón de valencia salta desde su respectiva banda de conductividad (fotoexitación). El efecto de este comportamiento se muestra en la Figura 3.

Cuando el electrón salta, se genera un hueco en la banda de valencia, el mismo que queda atrapado por un radical OH, formando un radical hidroxilo. Así mismo, en la banda de conductividad, este electrón que saltó, quedará atrapado por un O_2, generando un ion superóxido.

El radical hidroxilo tiene como característica principal, ser altamente reactivo ante compuestos orgánicos e inorgánicos, por esta misma razón es ampliamente conocido como el detergente de la tropósfera.

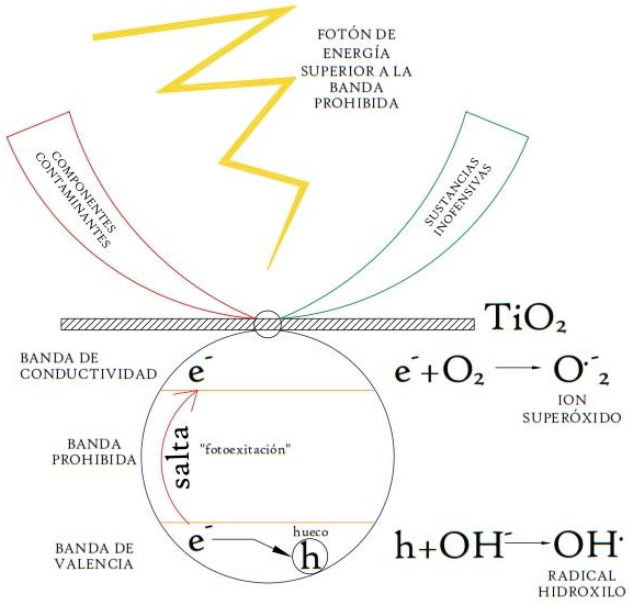
Así, este radical hidroxilo junto con el ion superóxido, reaccionarán instantáneamente con los componentes contaminantes, descomponiéndolos a través del agrietamiento, apoyándose en su alto poder de destrucción por oxidación, convirtiéndolos en agua u otras sustancias inofensivas y dispersándolos en la atmósfera.

La velocidad de oxidación en la actividad fotocatalítica va a depender significativamente de la absorción de radiación por parte del fotocatalizador (Curcó et al., 2002). Debido a esto, la fuente de radiación juega un papel sumamente importante para los procesos de óxido-reducción.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 3

Proceso de la fotocatálisis



La degradación fotocatalítica se incrementará en la medida de que la concentración del catalizador también sea incrementada, debido a que existirá mayor área superficial de adsorción y degradación (Candal et al., 2001). Empero, se observará la reducción del paso de la radiación a partir de cierta concentración.

La adsorción de los contaminantes en la superficie, constituye un factor sumamente importante para la obtención de una gran eficiencia fotocatalítica (Paz, 2010).

Hasta un valor límite, la concentración de los contaminantes, incrementará la velocidad de degradación de los mismos (Maicu, 2010). La velocidad de reacción depende directamente de la velocidad de generación de los pares e^-/h^+ y la transferencia de cargas. Por lo tanto, mientras las concentraciones del contaminante sean relativamente bajas, se limitará la generación de portadores, afectando de manera negativa a la velocidad de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

degradación. Por otro lado, si las concentraciones llegaran a ser muy elevadas, la transferencia de cargas sería muy lenta; esto daría como resultado una velocidad de degradación constante (Hernández, 2017).

En general, la fotocatálisis heterogénea se presenta como una técnica sumamente innovadora para la eliminación de compuestos tóxicos como los NO_x y COVs (Mo et al., 2009).

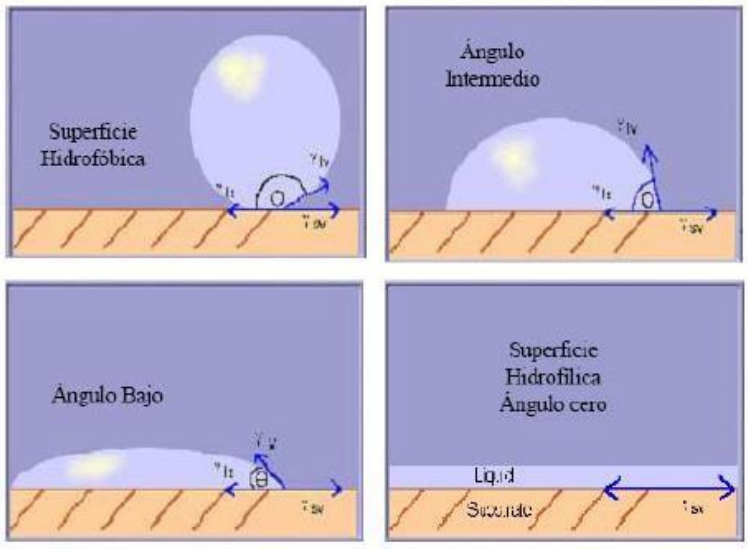
PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS

Comportamiento hidrófilo

Accidentalmente se descubrió en 1995 que, al adicionar un pequeño porcentaje de SiO_2 en una lámina delgada de dióxido de titanio, se generaban propiedades superhidrofílicas, donde los pares electrón-hueco son generados normalmente, variando únicamente la reacción, expulsando los átomos de oxígeno, dejando huecos electrónicos que serían finalmente ocupados por moléculas de agua, produciendo grupos OH adsorbidos logrando que la superficie sea hidrofílica (Figura 4).

Figura 4

Ángulos de contacto de las gotas de agua con una superficie



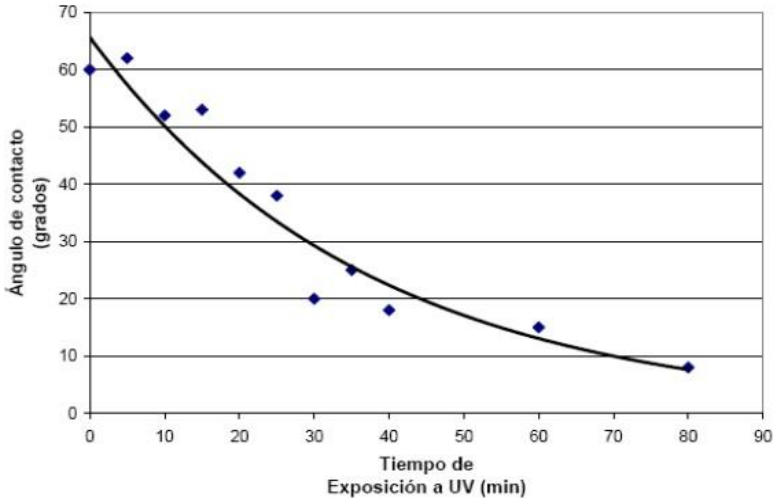
Nota. Tomada de López (2007).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

De tal forma que el agua proveniente de las precipitaciones, no se acumula como gotas sobre los materiales, sino que forma láminas en las superficies. Se reduce el ángulo de contacto del agua en la medida de que haya mayor tiempo de irradiación de luz UV, como se muestra en la Figura 5. El ángulo de contacto tiende a cero después de aproximadamente media hora de exposición, mostrando de esta forma la extensión casi completa sobre la superficie. (Abella, 2015).

Figura 5

Representación del ángulo de contacto en función del tiempo de radiación U.V.



Nota. Tomada de López (2007).

Descontaminación del aire

Para la realización de esta reacción; en primer lugar, esta se debe dar en un medio cuya base sea carbonato cálcico, como sucede conlos morteros y concretos. Además, se debe de contar con humedad ambiental.

Autolimpieza

Depende casi en su totalidad de la eficiencia de las moléculas orgánicas oxidantes. Debido a la influencia del clima, el pasar del tiempo, el alto gradode contaminación ambiental; se considera un efecto natural la pérdida de la estética en edificaciones comunes. Esto debido a la adherencia de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

depósitos grasientos y pegajosos, llevando esto consigo la fuerte adherencia de finas partículas atmosféricas que ocasionan la acumulación de suciedad en la superficie. Toda esta incomodidad trae consigo la necesidad de un constante mantenimiento de los edificios, requiriendo de esta forma el uso dequímicos que en su mayoría contienen contaminantes o el consumo adicional de energía (ambas alternativas perjudiciales para el medioambiente). Este problema logra solucionarse con el uso de materiales de construcción autolimpiables.

Las moléculas orgánicas oxidantes que generan suciedad en el concreto son limpiadas gracias al TiO_2 fotoactivado (A.Mills & S. Le Hunte, 1997).

Elimina eficientemente los residuos a base de carbono (si losorgánicos no están completamente mineralizados) y los inorgánicos adsorbidos debido a la superhidrofilia fotoinducida de la superficiede TiO_2. (L. Alarcon-Ruiz et al., 2005). Dado que las superficies tanto de concreto como de mortero no sonlisas sino más bien porosas, la distribución de TiO_2 no será homogénea. Como resultado, se puede reducir significativamente el carácter superánguloilo fotoinducido en la superficie sólida del cemento combinado con TiO_2.

Los contaminantes atmosféricos en aerosol generan manchas en las superficies de los edificios, estas partículas se adhieren en forma de hidrocarburos y ácidos grasos (Verwey & Overbeek, 1948). Esta adhesión se da gracias a los grupos carboxílicos que generan la unión química con iones de calcio presentes en el concreto (Chen K, 2011). El increíble poder redox de los radicales basados en oxígeno inducidos por los rayos ultravioleta generados en la superficie del fotocatalizador de TiO_2 irradiado puede descomponer los aglutinantes orgánicos.

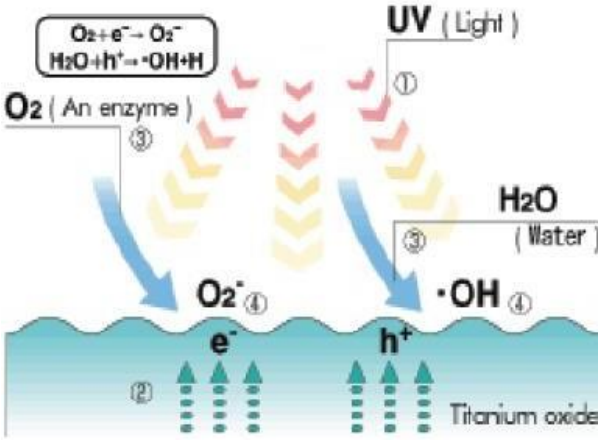
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

La luz ultravioleta necesaria para la activación del dióxido de titanio, es captada de la luz solar que recibe la tierra y en forma paralela, la atmósfera es la encargada de suministrar oxígeno y agua para formar los radicales · OH (Figura 6).

Cuando de propiedades de autolimpieza se trata, nos referimos únicamente a la superficie del material cementoso. Además, los productos químicos responsables de la suciedad y las manchas suelen ser moléculas orgánicas muy grandes presentes en la atmósfera que se adsorben en la superficie cementosa expuesta. Por esto, se requiere que las partículas de TiO_2 en el aglutinante cementoso estén muy dispersas en aglomerados de partículas pequeñas y no estén ocluidas por potenciales fases cementosas que cristalizan en la superficie del material sólido en formación (reducción del área de superficie de TiO_2 disponible) (Folli, 2010).

Figura 6

Esquema de Fotocatálisis en una superficie con Óxido de Titanio



Nota. Tomada de Peña (2007).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

FACTORES QUE AFECTAN EL EFECTO FOTOCATALÍTICO

El proceso de fotocatálisis se ve afectado por factores ambientales como son la longitud de onda e intensidad de la luz, la humedad relativa, la temperatura y el viento. Los mejores resultados para el efecto fotocatalítico son con temperaturas más altas e intensidades de luz superiores a 300 nm (Katzman, 2006). Una condición óptima para eliminar los contaminantes del aire sería un día caluroso de verano con baja humedad relativa y sin viento. Los factores que afectan el efecto fotocatalítico del TiO_2 cuando se aplica al concreto, incluyen porosidad, humedad, tipo de agregado, tamaño de agregado, método de aplicación y desgaste aplicado.

PROPIEDADES E INTERACCIÓN DEL SISTEMA CEMENTO-TIO_2

Generalmente, la mezcla del cemento y TiO_2 se realiza en seco, previo al proceso de hidratación con el agua. En esta parte del proceso se caracteriza al TiO_2 como un material altamente estable e inerte; lo cual indica que este no reaccionará con ninguna fase cementosa y tampoco participará en ninguna reacción de hidratación. Una vez iniciado el proceso de hidratación, el ambiente químico recién formado debería modificarse drásticamente la química de la superficie y las propiedades electrocinéticas de las partículas de titanio (Folli, 2010).

MATERIALES CON PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS

Debido a las extraordinarias propiedades que presentan los materiales con propiedades fotocatalíticas incluidas, la utilización de estos es cada vez mayor. De acuerdo a Chemours (2019), los elementos constructivos fotocatalíticos más aplicados son:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

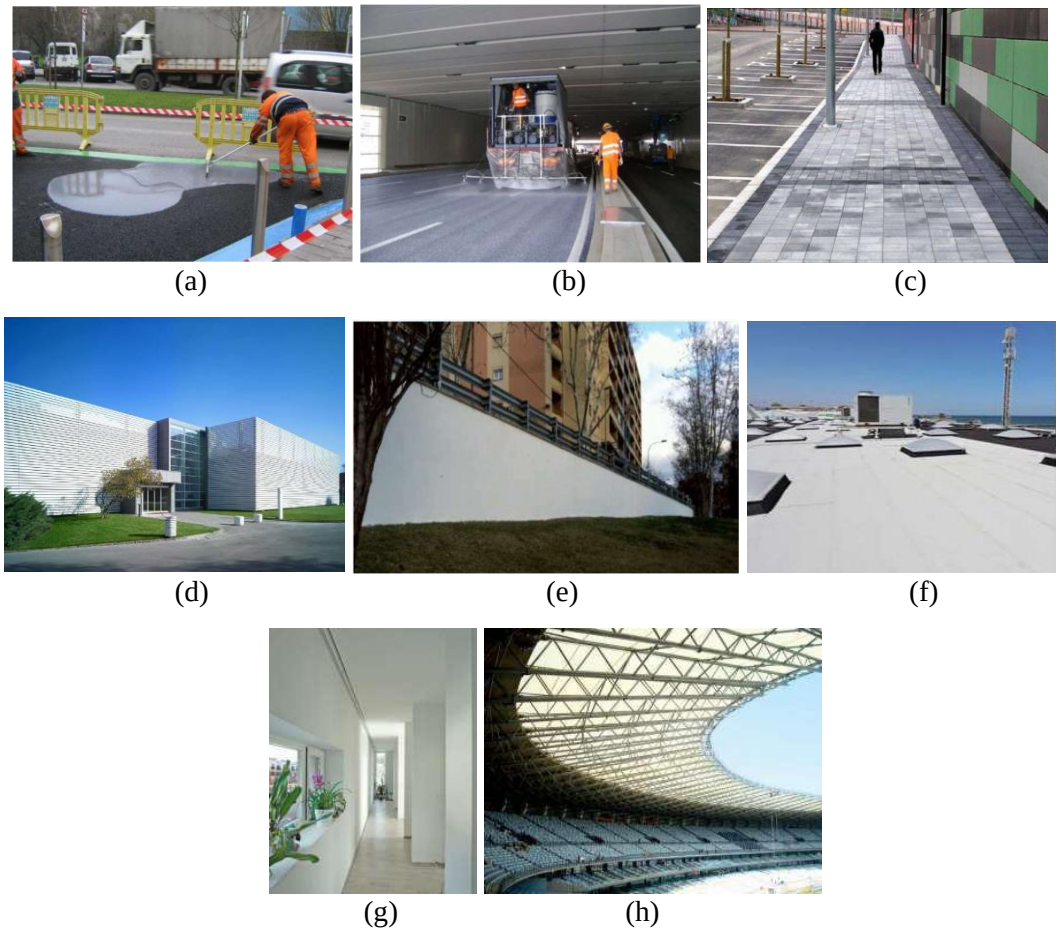
- *Pavimentos bituminosos drenantes percolados con lechada fotocatalítica:* Se trata de 4cm de espesor colocados como capa de rodadura, constituidos por una mezcla bituminosa drenante.
- *Sprays fotocatalíticos para pavimentación de calles y aceras:* Tratamiento fotocatalítico superficial para la reducción de contaminación pavimentos.
- *Losas para pavimentación de aceras:* Son losas descontaminantes elaboradas con concreto, para formar parte del pavimento (aceras peatonales)
- *Revestimiento de fachadas con materiales cerámicos:* Revestimiento de fachadas con materiales cerámicos.
- *Revestimiento de fachadas con mortero fotocatalítico:* Mortero adicionado con el fotocatalizador elegido.
- *Láminas asfálticas de impermeabilización de cubiertas:* Se trata de láminas asfálticas de impermeabilización autoprotegidas con un gránulo formulado con TiO_2.
- *Pinturas fotocatalíticas:* Se caracterizan por reducir la contaminación del aire, olores e inhibir el material de bacterias y hongos.
- *Textil fotocatalítico:* Se aplica principalmente en toldos o parasoles.

En la Figura 7 se muestran las fotografías de la aplicación del dióxido de titanio en los diversos elementos constructivos mencionados anteriormente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 7

Materiales con propiedades fotocatalíticas



Nota. Tomada de Chemours (2019). (a) Pavimentos bituminosos drenantes percolados con lechada fotocatalítica. (b) Sprays fotocatalíticos para pavimentación de calles y aceras. (c) Losas para pavimentación de aceras (d) Revestimiento de fachadas con materiales cerámicos (e) Revestimiento de fachadas con mortero fotocatalítico (f) Láminas asfálticas de impermeabilización de cubiertas (g) Pinturas fotocatalíticas (h) Textil fotocatalítico.

NORMA UNI 11259

En siglas del italiano el Organismo de Unificación Nacional de Italia se responsabiliza del desarrollo y publicación de estándares técnicos voluntarios en casi la totalidad de sectores industriales, comerciales y terciarios (UNI, 2016).

La norma UNI 11259 fue publicada con la finalidad de monitorizar la fotodegradación del colorante Rodamina B en especímenes de concreto con inclusión de TiO_2 (Italia, 2008). El procedimiento detallado en esta norma consiste principalmente en exponer a radiación UV-A durante periodos de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

tiempo continuos y prolongados a las muestras en cuestión. Esto para verificar la evolución colorimétrica en el tiempo (veinticuatro horas). Esto último se analizará con el apoyo del sistema CIE L*a*b (UNI, 2016).

Esta norma presenta ciertas exigencias para realizar el ensayo, tales como:

- La muestra de concreto deberá ser prismática.
- Antes de exponerla a radiación UV-A, se debe medir el parámetro a*en el instante t_0.
- Inmediatamente después, iniciar la radiación con la lámpara UV-A.
- La segunda medición de valores se realizará al cabo de cuatro horas.
- La tercera medición de valores se realizará al cabo de veinticuatro horas.

RODAMINA B

Se denomina Rodamina a la familia de compuestos orgánicos heterocíclicos fluorescentes, basados en el xanteno (Vitoria, 1940). Los colorantes que pertenecen a la familia de la rodamina, son solubles en etano, metanol y agua, son ampliamente utilizados en aplicaciones de biotecnología. En general, presentan cierta toxicidad. (Casey, K. 2008).

Dada la similitud que presenta este colorante orgánico con algunos contaminantes altamente dañinos que se encuentran en la atmósfera, su uso es apropiado para evaluar el efecto descontaminante. Presenta un antraceno e hidrocarburos aromáticos policíclicos en su estructura química.

Rodríguez (2015), menciona que la Rodamina B “Es un indicador utilizado para la evaluación fotocatalítica en materiales cementicios cuando

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

estos son irradiados con luz UV". Es un pigmento orgánico que presenta un color rojizo a causa del sistema p-electrón altamente deslocalizado. Es soluble en agua y presenta baja sensibilidad ante la alcalinidad del cemento.

COLORIMETRÍA

Se conoce a la colorimetría como la ciencia que evalúa la medición de color y una labor importante de dicha ciencia es la creación y desarrollo de diversos métodos para la cuantificación (Santos Espi, 2009), los mismos que se enfocan principalmente en la geometría y distribuciones espectrales de tres elementos: La fuente de luz, la reflectividad de la muestra y la sensibilidad visual del observador (Otles, 2008). El propósito fundamental de esta ciencia es transformar en números la percepción visual, consiguiendo medir, comparar y reproducir diferentes colores (Santos Espi, 2009).

La CIE definió diferentes modelos de color para conseguir la representación de colores, los cuales son fórmulas matemáticas abstractas que logran describir esa representación, RGB y CMYK son los modelos de color más conocidos (International Commission on Illumination, 2004).

MODELO DE COLOR

Se basan en tres o cuatro componentes de color y se dividen en 3 categorías, lo que hacen es combinar conjuntos de colores. Estos sistemas de medición se perciben con el ojo humano (Noor et al., 2012; Wu y Sun, 2013).

MODELO DE COLOR CIE L*A*B*

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) adoptó una norma internacional para la medición del color que es L*a*b, es ampliamente utilizada en la medición de color en los alimentos en razón de que se obtiene una distribución uniforme de colores y la cercanía a los colores percibidos por el

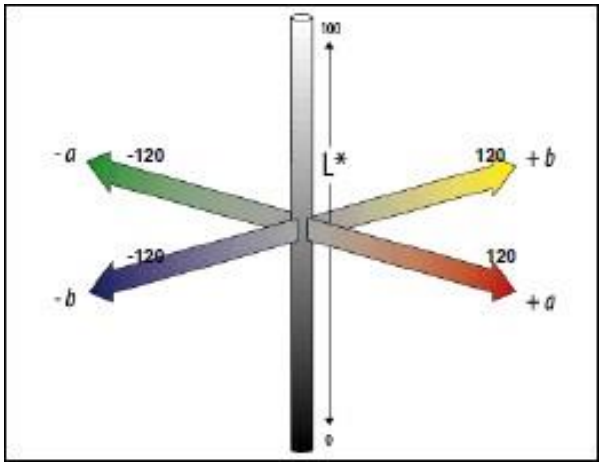
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ser humano, es muy alta (Velioğlu et al., 2011).

El componente L* corresponde a la luminosidad del color (L=0 significa negro, L=100 significa blanco), a* es el croma donde los valores positivos corresponden a rojo y los negativos al color verde, b* es el tono para este componente los valores positivos corresponden a amarillo y aquellos valores negativos se refieren a azul, a* y b* son los dos componentes cromáticos cuyosvalores van desde -120 a 120 (León et al., 2006), esta representación se puede observar en la Figura 8.

Figura 8

*Representación del sistema CIE L*a*b* o CIELAB*



Nota. Tomada de Noor et al. (2012).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

ADITIVO

Es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 5% de la masa del cemento, distinta del agua, los agregados, el cemento y los refuerzos de fibra, que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del concreto, y se agrega al conjunto antes o durante el proceso de mezclado, con el fin de modificar alguna o algunas de sus propiedades físicas (Rivera, 2015).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

DIÓXIDO DE TITANIO

Es el óxido natural del titanio con característica opaco, estable, incombustible y no tóxico, que se suele comercializar en forma de polvo blanco (Maury, 2010).

FOTOCATÁLISIS

La fotocatálisis es una reacción fotoquímica que convierte la energía solar en energía química en la superficie de un catalizador o sustrato (Lisbona, 2016).

FACTOR DE FOTODEGRADACIÓN

Para determinar la fotodegradación en un material, se utilizará el sistema de color CIE L*a*b*. Esta descomposición de colores, se da por medio de tres factores:

La luminosidad (L*): Valores entre blanco y negro.

Factor a*: Valores entre rojo y verde.

Factor b*: Valores entre azul y amarillo

Los factores R4 y R24 son la variación del factor a* a las 4 y 24 horas de exposición a rayos UV (Martínez, 2019).

AUTOLIMPIEZA

La activación del TiO_2 por efecto de la luz UV del sol que, con ayuda de la lluvia y la humedad del ambiente, permite oxidar los compuestos orgánicos, eliminando en parte depósitos que son visualmente indeseables. Además, la presencia de especies inorgánicas totalmente oxidadas -nitratos, sulfatos, carbonatos- en los materiales puede disminuir gracias a la eliminación

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de la materia orgánica dado que ésta puede actuar como un “adherente” para estas especies inorgánicas. (Espinoza, 2016)

2.4. MARCO NORMATIVO

LEYES Y DERECHOS VIGENTES EN EL PERÚ

- Constitución política del Perú de 1993.

NORMAS TÉCNICAS VIGENTES EN EL PERÚ

- NTP 339.184. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto.
- NTP 339.078. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- NTP 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES

- ISO/CD 22197-2: Cerámica (cerámicas avanzadas, cerámicas técnicas avanzadas) - Método de ensayo para purificación de aire mediante materiales semiconductores fotocatalíticos. Parte 2: La eliminación de acetaldehído.

- ISO/CD 22197-3: Cerámica (cerámicas avanzadas, cerámicas técnicas avanzadas) - Método de ensayo para rendimiento de purificación de aire com materiales semiconductores fotocatalíticos. Parte 3: Extracción de tolueno.

- ISO/CD 10676: Cerámica (cerámicas avanzadas, cerámicas técnicas

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

avanzadas) - Método de ensayo para rendimiento de purificación de agua de los materiales semiconductores fotocatalíticos por medición dela capacidad de formación de oxígeno activo

- ASTM C 230: “Standard Specification for Table for Use in Test of Hydraulic Cement”.
- ASTM C192. Práctica estándar para la preparación y curado de especímenes de prueba de hormigón en el laboratorio.
- ACI 522R-10. Reporte en concreto permeable.
- ISO 22197-1/2007: Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials —Part 1: Removal of nitricoxide.
- BS ISO 22197-1:2008 Donde se analiza la purificación del aire mediante materiales cerámicos fotocataliticos. (Reino Unido)
- JIS R 1701-1:2004: Donde se analiza la purificación del aire (NOx) mediante materiales cerámicos fotocatliticos. (Japón)
- JIS R 1702:2004: Determinación del efecto bactericida de materiales fotocatliticos, cerámicos. (Japón)
- XP B44-011:2009-12-01: Photocatalyse – Méthode d’essai pour l’évaluation des matériaux photocatalytiques vis-à-vis de la dégradationdes NOx – Méthode à un seul passage en mode tangentiel (Francia).
  - UNI: 11238-1:2008 En la que se determina la actividad de degradación de microorganismos orgánicos presentes en el aire mediante materiales en base cemento (Italia).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- UNI: 11238-2: 2008 En la que se determina la actividad de degradación de microorganismos orgánicos presentes en el aire mediante materiales en base cerámica (Italia).
- UNI: 11247 :2008 Que determina la actividad de degradación de óxidos de nitrógeno con materiales inorgánicos fotocatalíticos (Italia).
- UNI: 11259: 2008 Mide la actividad fotocatalítica de decoloración tras la aplicación de un pigmento orgánico (Italia).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al enfoque, se trata de una investigación cuantitativa porque el análisis de la información estuvo basado en los resultados numéricos obtenidos de los ensayos de laboratorio, por lo tanto, cada una de las hipótesis fueron sometidas a mediciones numéricas.

Por el nivel de investigación, se trata de una investigación explicativa porque se enmarca en la relación causa-efecto de un fenómeno en concreto.

Según el tipo de investigación, se trata de una investigación aplicada porque brinda una solución a determinado problema, utilizando mecanismos o

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

estrategias determinados.

Según el diseño, la presente investigación es experimental, pues se trata de una investigación en la que la manipulación de variables será controlada adecuadamente. Se replicó un fenómeno específico y se observó en qué medida, las variables generan algún efecto.

3.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se evaluó el desempeño mecánico en el laboratorio con especímenes elaborados de acuerdo a norma. Así mismo, se evaluó el desempeño fotocatalítico en condiciones de laboratorio y también en condiciones ambientales normales.

Escapa de los límites de la presente investigación, la determinación de un espesor determinado in situ, situación que sería motivo de otra investigación. Esto debido a que implicaría la aplicación en diferentes vías de la ciudad.

A pesar de la existencia de investigaciones previas que avalan este aspecto, en la presente investigación, no se evaluó la reducción de la patología del concreto denominada carbonatación. Realizar esta evaluación, implicaría un análisis estructural e incluir el ensayo de carbonatación con fenolftaleína.

Debido a que sólo se realizaron la prueba de Rodamina B y la combustión de llantas para evaluar la capacidad de autolimpieza del material, no fue posible comprobar la efectividad con otras partículas ausentes en los ensayos, pero presentes en medio de la contaminación ambiental usual.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Debido al tiempo que se plantea para realizar la investigación, no se determinó la durabilidad máxima del rendimiento fotocatalítico previo al primer mantenimiento.

Por último, dado que las muestras propuestas sólo involucraron porcentajes de dióxido de titanio, no se podrá evaluar la interacción del TiO_2 con otros aditivos orgánicos.

3.3. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA

Como población, se consideró el concreto hidráulico para pavimento, con adición de TiO_2.

Los especímenes de concreto hidráulico con porcentajes de TiO_2 para pavimento rígido que constituyen a la muestra fueron elaborados en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. El tamaño muestral para la etapa experimental se determinó como muestra la Tabla 4:

Tabla 4

Tamaño muestral. Número de especímenes por ensayo

TiO_2 (%)	*Ensayos*							
	fc			*Mr*			*Fotocatálisis[a]*	*Autolimpieza[a]*
	7[b]	*14[b]*	*28[b]*	*7[b]*	*14[b]*	*28[b]*		
0	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*
3	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*
6	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*
9	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*

Nota. fc: Resistencia a la compresión. Mr: Módulo de rotura. [a]: Especímenes a los 28 días. [b]: Edad en días

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

PLAN DE RECOPILACIÓN DE DATOS

Para conseguir los objetivos trazados en la investigación, se elaboraron especímenes que fueron ser ensayados a compresión, flexión, fotocatálisis y autolimpieza.

El agregado extraído cumplió con los requisitos mínimos requeridos por la norma técnica peruana, para dicho fin, estos fueron ensayados mediante las siguientes pruebas:

- Peso unitario, contenido de humedad, peso específico y porcentaje de absorción.
- Análisis granulométrico del agregado global (NTP 400.012-2013).

La extracción de este material para la presente investigación, se evidencia en las fotografías de la Figura 9.

Figura 9

Obtención del agregado

(a) (b)

Nota. (a) Grueso. (b) Fino.

Se procedió a la elaboración de especímenes de concreto hidráulico de 0.30m de alto y 0.15m de diámetro según la norma NTP 339.034: 2015 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”. Se fabricaron en el laboratorio de resistencia de materiales de la facultad de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ingeniería civil de la UNASAM. Se elaboraron muestras con dosificación variable de dióxido de titanio (0, 3, 6 y 9%), y para cada uno de estos porcentajes se hizo la prueba del espécimen a los 7, 14 y 28 días de curado con 5 muestras de cada uno en un laboratorio particular (Figura 10).

Figura 10

Elaboración y ensayo de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión

Nota. (a) y (b) Acondicionamiento de moldes y trompo. (c) y (d) Preparación y vaciado de la mezcla. (e) y (f) Desencofrado y curado de los especímenes. (g) y (h) Ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas.

A continuación, se procedió con la elaboración de muestras de concreto hidráulico según la norma NTP 339.079:2012 “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo”, moldeando especímenes de: 0.50 m x 0.15 m x 0.15 m con dosificación variable de dióxido de titanio (0, 3, 6 y 9%). A los 7, 14 y 28 días de curado, las

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

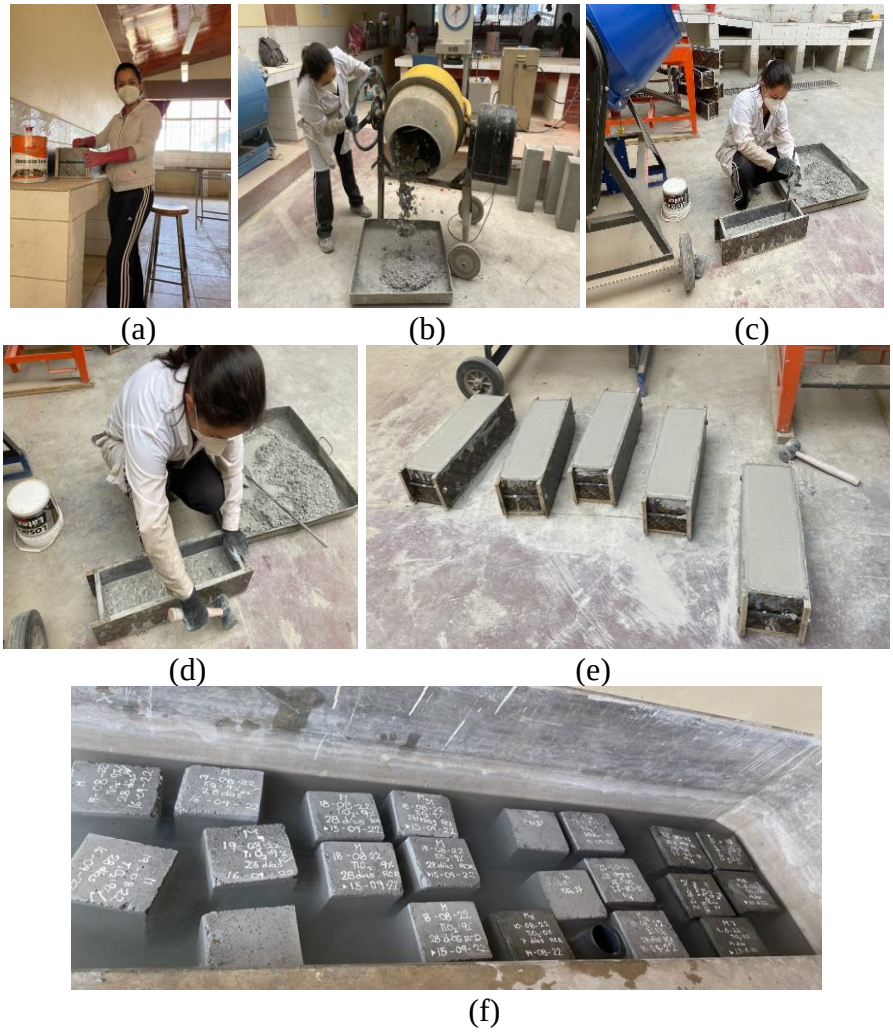
muestras fueron extraídas y probadas en un laboratorio particular.

Los moldes fueron bañados con el aditivo Chemalac un día antes del vaciado de cada grupo de 5 muestras, con la finalidad de proteger el triplay, incrementando la duración de este.

Las fotografías correspondientes a la elaboración de los especímenes, se muestran en la Figura 11.

Figura 11

Elaboración de muestras para el ensayo de resistencia a la flexión



(a) (b) (c)

(d) (e)

(f)

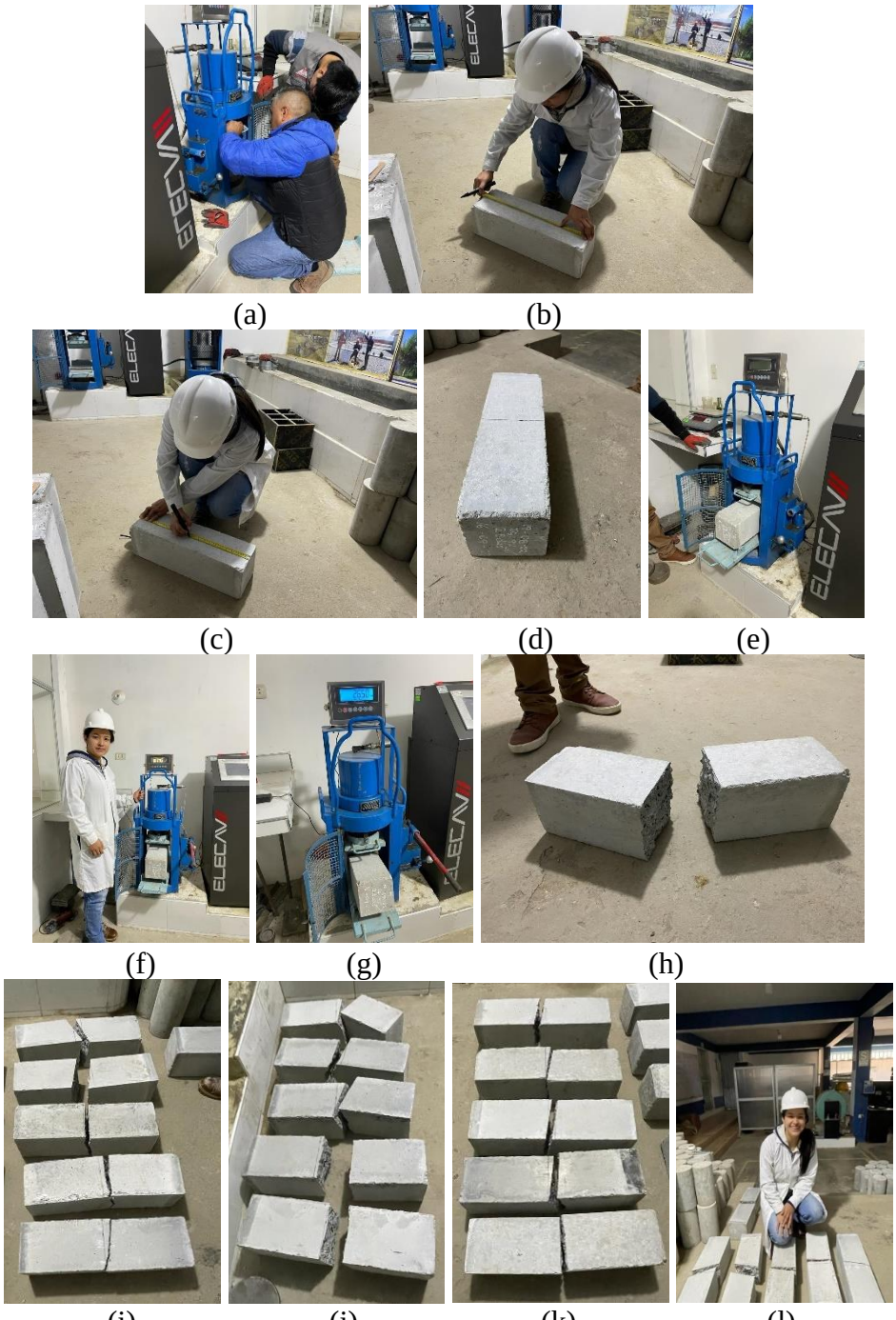
Nota**.** (a) Aplicación del aditivo chemalac extra. (b), (c) y (d) Preparación y vaciado de la mezcla. (e) Muestras recién vaceadas. (f) Muestras enumeradas en el pozo de curado.

Las fotografías correspondientes al ensayo de los especímenes para evaluar la resistencia a la flexión, se muestran en la Figura 12.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 12

Ensayo de muestras para evaluar la resistencia a la flexión



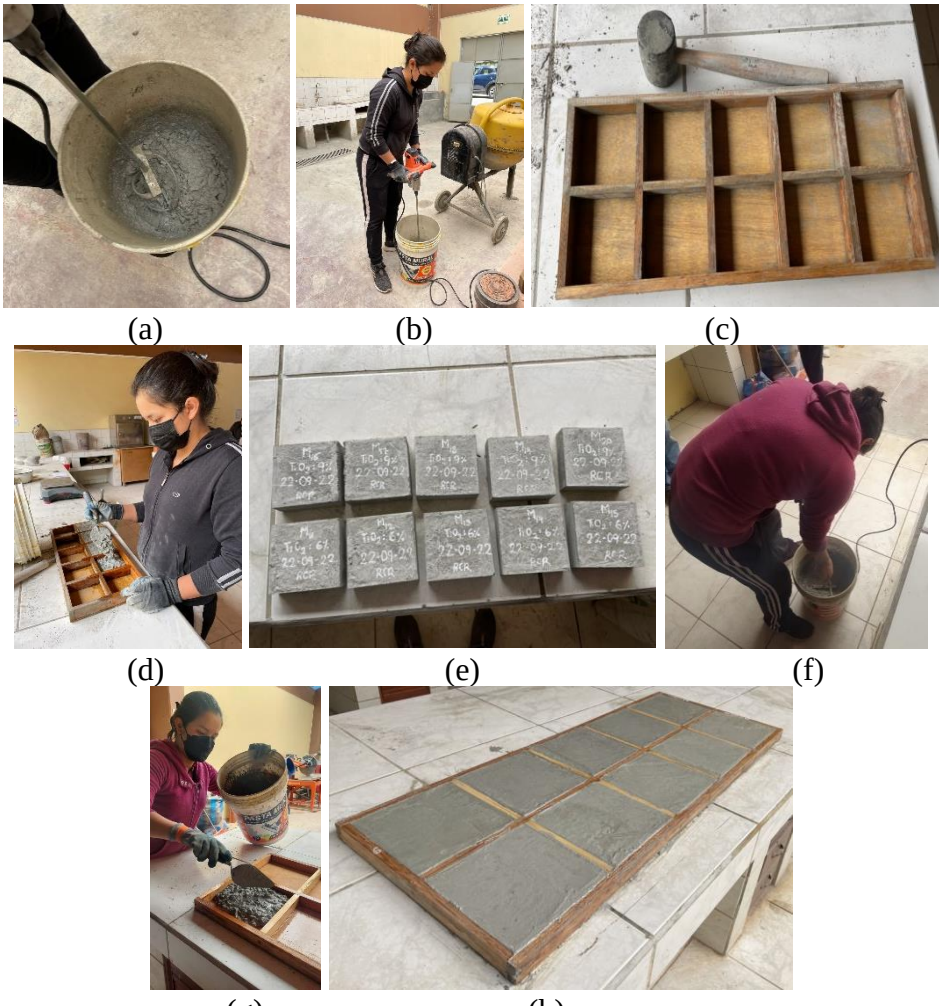
Nota. (a) Acondicionamiento de la máquina para el ensayo de flexión. (b), (c) y (d) Preparación de la muestra. (e) y (f) Colocación de la muestra en la máquina. (g) Muestra con la máxima carga. (h), (i), (j), (k) y (l) Muestras ensayadas.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Para evaluar la degradación de partículas volátiles causada por el efecto fotocatalítico con la Rodamina B, se elaboraron mezclas de cada dosificación de TiO_2 al concreto hidráulico de 0.1 m x 0.1 m x 0.03 m (Figura 13), las mismas que fueron introducidas a cajas de madera forradas con tela pana negra, iluminadas con un fluorescente UV para reducir la incandescencia (Figura 14). Se tomaron las fotografías a cada muestra a las 0, 4 y 24 horas.

Figura 13

Elaboración de muestras para el ensayo de Rodamina B y el efecto de autolimpieza



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

(g) (h)

Nota. (a) y (b) Preparación de mezcla. (c) Ajuste y acondicionamiento del encofrado. (d) Vaciado de la mezcla. (e) Muestras extraídas del molde listas para el curado de 28 días. (f), (g) y (h) Mismo trabajo con el molde más grande.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 14

Ensayo de Rodamina B

(a) (b) (c)

(d) (e) (f) (g)

(h) (i) (j)

(k) (l) (m)

Nota. (a) y (b) Forrado del cajón que contendrá las muestras con una tela negra. (c) Aplicación de la sustancia hidrofóbica (vaselina) a cada una de las muestras. (d) y (e) Mezcla de la Rodamina B con agua destilada. (f) y (g) Aplicación de la mezcla en cada una de las muestras con la supervisión de asesor. (i) Proceso de secado de la mezcla líquida. (j) Toma de fotografías. (k) y (l) Muestras colocadas en el cajón con la supervisión del asesor. (m) Degradación del colorante orgánico al cabo de veinticuatro horas.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Para la evaluación del efecto de autolimpieza, se realizaron muestras de concreto hidráulico de 0.20 m x 0.20 m x 0.03 m que fueron expuestas a la contaminación de restos de neumáticos y el smog por efecto del tráfico; al finalizar este procedimiento, se tomaron las respectivas fotografías. Una vez conseguido el efecto de contaminación visible en las muestras, fueron expuestas a luz ultravioleta natural, así como a los factores medioambientales presentes en el momento del ensayo, al cabo de esta exposición también se tomaron fotografías (Figura 15).

Las fotografías tomadas en ambos momentos, fueron expuestas a una valoración colorimétrica para identificar la reducción de la pigmentación con el pasar de las horas.

Figura 15

Ensayo de autolimpieza

(a) (b) (c)

(d) (e) (f) (g)

Nota. (a) Acondicionamiento de la plancha metálica. (b) Combustión de llantas. (c) y (d) Muestras después de exposición a la combustión. (e) y (f) Aspersión de agua para simular el efecto de la lluvia. (g) Muestras secas después del proceso de autolimpieza.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y/O ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La resistencia a la compresión del concreto fue calculada a través de la ecuación 1:

$$f_c = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde:

f_c : Resistencia a la compresión del concreto (MPa)

F : Carga máxima que soporta el espécimen (N)

A : Área de la sección transversal del espécimen (mm^2)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión se expresa como el módulo de rotura.

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (2)$$

Dónde:

Mr : Módulo de rotura (MPa).

P : Carga aplicada (N).

L : Longitud del espécimen(mm).

b : Ancho del espécimen(mm).

h : Alto del espécimen(mm).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ENSAYO DE RODAMINA B

Una vez obtenidas las fotografías, serán analizadas en el software ImageJ para obtener los valores RGB y a continuación, se realizará la conversión para obtener los valores de L*, a*, b*.

Donde las componentes L*, a*, b* corresponden a:

- L^*: Es la luminosidad del color (L = 0 significa negro y L = 100 significa blanco)
- a*: Es al croma donde los valores positivos corresponden al rojo y los negativos al verde.
- b*: Es el tono de color cuyos valores positivos corresponden al amarillo y los negativos al azul.

El valor de a* será reemplazado en las ecuaciones 3 y 4 y de acuerdo a las condiciones que dicta la norma; si R_4>20% y R_{24}>50%, el material es fotocatalítico.

$$R_4 = \frac{a^*(0h) - a^*(4h)}{a^*(0h)} * 100 \quad (3)$$

$$R_{24} = \frac{a^*(0h) - a^*(24h)}{a^*(0h)} * 100 \quad (4)$$

ENSAYO DE AUTOLIMPIEZA

Para la evaluación de autolimpieza en condiciones ambientales normales, se realizará un registro fotográfico de las muestras con el pasar de las horas, estas fotografías serán expuestas a un análisis de colorimetría para determinar la variación de la pigmentación debido a la combustión de restos de llantas.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANOVA para el diseño completamente al azar

Es la técnica central en el análisis de datos experimentales. La idea general de esta técnica es separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento. En el caso del DCA se separan la variabilidad debida a los tratamientos y la debida al error.

Cuando la primera predomina "claramente" sobre la segunda, es cuando se concluye que los tratamientos tienen efecto, o, dicho de otra manera, las medias son diferentes. Cuando los tratamientos no dominan contribuyen igual o menos que el error, por lo que se concluye que las medias son iguales.

El objetivo principal radica en probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta:

$$H_o: \mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_k = \mu \tag{5}$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \; para \; algún \; i \neq j$$

La cual se puede escribir en forma equivalente como:

$$H_o: \tau_1 = \tau_2 = \cdots = \tau_k = 0 \tag{6}$$

$$H_A: \tau_i \neq 0 \; para \; algún \; i$$

Donde:

τ_i : Efecto del tratamiento i sobre la variable de respuesta.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Si se acepta H_0 se confirma que los efectos sobre la respuesta de los k tratamientos son estadísticamente nulos (iguales a cero), y en caso de rechazar se estaría concluyendo que al menos un efecto es diferente a cero.

Para probar la hipótesis dada por las relaciones (5) o (6) mediante la técnica de ANOVA, lo primero es descomponer la variabilidad total de los datos en sus dos componentes: la variabilidad debida a tratamientos y la que corresponde al error aleatorio, como se hace a continuación.

Una medida de la variabilidad total es la suma total de cuadrados dada por:

$$SC_T = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left(Y_{ij} - \bar{Y}\right)^2 = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i} {Y_{ij}}^2 - \frac{{Y^2}_{..}}{N} \qquad (7)$$

Donde:

$Y_{..}$: Suma de los N=$\sum_{i=1}^{n_i} n_i$ datos en el experimento. Al sumar y restar adentro del paréntesis la media del tratamiento i,i, ($\bar{Y}_{i.}$):

$$SC_T = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left[\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}\right) + \left(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{i..}\right)\right]^2 \qquad (8)$$

Y desarrollando el cuadrado, la SC_T se puede partir en dos componentes como:

$$SC_T = \sum_{i=1}^{k} n_i(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{i..})^2 + \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left[Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}\right]^2 \qquad (9)$$

Donde el primer componente es la suma de cuadrados de tratamientos (SC_{TRAT}) y el segundo es la suma de cuadrados del error (SC_E). Al observar con detalle estas sumas de cuadrados, se aprecia que la SC_{TRAT} mide la variación o diferencias entre tratamientos; ya que, si estos son muy

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

diferentes entre sí, entonces la diferencia $\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}$ tenderá a ser grande en valor absoluto y con ello también será grande la SC_{TRAT}. Mientras que la SC_E mide la variación dentro de tratamientos, ya que si hay mucha variación entre las observaciones de cada tratamiento entonces $Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}$ tenderá a ser grande en valor absoluto. En forma abreviada, esta descomposición de la suma total de cuadrados se puede escribir como:

$$SC_T = SC_{TRAT} + SC_E \tag{10}$$

Como hay un total de N=$\sum_{i=1}^{n_i} n_i$ observaciones, la SC_T tiene N-1 grados de libertad. Hay *k* tratamientos o niveles de factor de interés, así que SC_{TRAT} tiene *k-1* grados de libertad mientras que la SC_E tiene *N-k*. Los grados de libertad que corresponden a los términos de la igualdad (10) cumplen una relación similar dada por:

$$N - 1 = (k - 1) + (N - k) \tag{11}$$

Las sumas de cuadrados divididas entre sus respectivos grados de libertad se llaman cuadrados medios. Los dos que más interesan son el cuadrado medio de tratamientos y el cuadrado medio del error, que se denotan por:

$$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k - 1} \; y \; CM_E = \frac{SC_E}{N - k} \tag{12}$$

Los valores esperados de los cuadrados medios están dados por:

$$E(CM_E) = \sigma^2 y E(CM_{TRAT}) = \sigma^2 + \frac{\sum_{i=1}^{k} n_i {\tau_i}^2}{N - k} \tag{13}$$

En estas expresiones se aprecia que cuando la hipótesis nula es verdadera, ambos cuadrados medios estiman la varianza σ^2, ya que el segundo término de la expresión para el $E(CM_{TRAT})$ sería igual a cero. Con base a este hecho, se construye el estadístico de prueba como sigue: se sabe que SC_E y SC_{TRAT}

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

son independientes, por lo que SC_E/σ^2 y SC_{TRAT}/σ^2 son dos variables aleatorias independientes con distribución ji-cuadrada con *N-k* y *k-1* grados de libertad, respectivamente. Entonces, bajo el supuesto de que la hipótesis H_o (relaciones (5) y (6)) es verdadera, el estadístico:

$$F_0 = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E} \tag{14}$$

Sigue una distribución *F* con (*k* -1) grados de libertad en el numerador y *(N-k)* grados de libertad en el denominador. De las ecuaciones (13) y (14) se deduce que si F_0 es grande, se contradice la hipótesis de que no hay efectos de tratamientos; en cambio, si F_0 es pequeño que confirma la validez de H_0. Así, para un nivel de significancia α prefijado, se rechaza H_0 si $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$, donde $F_{\alpha, k-1, N-k}$ es el percentil (1-α) x 100 de la distribución F. También se rechaza H_0 si el valor-ρ<α, donde el valor-ρ es el área bajo la distribución $F_{k-1, N-k}$ a la derecha del estadístico F_0, es decir, el valor-ρ = $(F > F_0)$.

Diagrama de cajas

Representan una manera descriptiva de comparar los tratamientos. Cuando los diagramas no se traslapan es probable que los tratamientos correspondientes sean diferentes entre sí, y la probabilidad es mayor en la medida que los diagramas están basados en más datos. Cuando se traslapan un poco, puede ser que haya o no diferencias significativas, y en cualquier caso es conveniente utilizar una prueba estadística para determinar cuáles diferencias son significativas.

Comparaciones o pruebas de rango múltiples

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Después de que se rechazó la hipótesis nula en un análisis de varianza, es necesario ir al detalle y ver cuáles tratamientos son diferentes. Existen varios métodos para dicha finalidad, estos se diferencian en la potencia que tienen para detectar las diferencias entre las medias.

Método de Tukey

Es el método más conservador, consiste en comparar las diferencias entre las medias muestrales con el valor crítico dado por:

$$T_\alpha = q_\alpha(k, N-k)\sqrt{CM_E/n_i} \quad (15)$$

Donde:

CM_E: Cuadrado medio del error.

n: Número de observaciones por el tratamiento.

k: Número de tratamientos.

N-k: grados de libertad para el error

α: Nivel de significancia prefijado

$q_\alpha(k, N-k)$: Puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado.

Se declaran significativamente diferentes los pares de medias cuya diferencia muestral en valor absoluto sea mayor que Tα. Este método trabaja con un error α muy cercano al declarado por el experimentador.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES

Las técnicas utilizadas, fueron regidas por la normativa utilizada, para ello, se utilizaron los protocolos elaborados específicamente para la presente investigación:

- Protocolo de elaboración de especímenes de concreto hidráulico para ensayos de resistencia a la compresión, flexión, rodamina B y autolimpieza (ver Anexo 2).
- Protocolo de prueba de degradación de colorante orgánico Rodamina B (ver Anexo 3).
- Protocolo del ensayo de evaluación de autolimpieza (ver Anexo 4).

Los protocolos incluirán formatos que deberán ser llenados con los datos obtenidos de cada ensayo realizado. Se sugiere llenar cada formato de acuerdo a las indicaciones brindadas en el mismo protocolo.

RECURSOS A EMPLEAR

Recursos humanos:

Se contó con la guía y supervisión constante del asesor.

Se contó con la plena disposición de 2 personas. Además del encargadode laboratorio que facilitaba los instrumentos y el acceso a los laboratorios.

Recursos materiales

Para la elaboración de los especímenes: Cemento, agregado, agua, dióxido de titanio, rodamina B, badilejo, barra de acero lisa, moldes de acero de acuerdo a las medidas establecidas para cada ensayo.

Para los ensayos: Equipo de protección personal, compactador, probeta graduada de 50 mL, balanza, mezcladora, recipientes, paletas, tamices,

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

máquina de ensayo para compresión, máquina de ensayo para flexión, caja de triplay, fluorescente UV, placa metálica, ladrillos, cámara profesional. Para el procesamiento de datos: Una laptop.

Recursos técnicos

Software ImageJ, convertidor de coordenadas RGB a LAB, Word y Excel.

Recursos financieros

Se desarrolló de manera autofinanciada.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL DESEMPEÑO MECÁNICO

Los resultados de los ensayos a compresión de los especímenes de concreto con TiO_2 para 7, 14 y 28 días se muestran en la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 5

Resistencia a la compresión de los especímenes a los 7 días

TiO_2 (%)	Espécimen (MPa)					fc_7[b] (MPa)	Variación[a] (%)
	1	2	3	4	5		
0	20.99	20.59	21.48	20.69	21.18	20.99	
3	25.79	26.38	26.38	25.99	25.99	26.11	24.39
6	26.28	26.18	26.18	28.24	25.11	26.40	25.79
9	34.32	32.85	35.01	34.42	33.83	34.09	62.43

Nota:

[a] Variación del 3, 6 y 9 % sobre el 0% de TiO_2.

[b] Promedio de los valores numéricos de cada espécimen.

Tabla 6

Resistencia a la compresión de los especímenes a los 14 días

TiO_2 (%)	Espécimen (MPa)					fc_{14}[b] (MPa)	Variación[a] (%)
	1	2	3	4	5		
0	23.14	23.24	23.63	22.65	22.65	23.06	
3	27.85	27.85	28.15	27.36	27.36	27.71	20.15
6	27.75	28.64	30.40	28.54	29.42	28.95	25.51
9	41.58	42.07	41.58	41.48	42.76	41.89	81.63

Nota:

[a] Variación del 3, 6 y 9 % sobre el 0% de TiO_2.

[b] Promedio de los valores numéricos de cada espécimen.

Tabla 7

Resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días

TiO_2 (%)	Espécimen (MPa)					$f'c$[b] (MPa)	Variación[a] (%)
	1	2	3	4	5		
0	25.20	25.11	25.30	25.40	25.50	25.30	
3	28.05	27.16	27.95	28.15	27.75	27.81	9.92
6	31.09	30.89	31.97	31.38	30.99	31.26	23.57
9	45.21	44.23	43.64	43.54	44.82	44.29	75.04

Nota:

[a] Variación del 3, 6 y 9 % sobre el 0% de TiO_2.

[b] Promedio de los valores numéricos de cada espécimen.

Por otro lado, los resultados de los ensayos a flexión de los

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

especímenes de concreto con TiO_2 para 7,14 y 28 días se muestran en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 8

Módulo de rotura de los especímenes a los 7 días

TiO_2 (%)	*Espécimen (MPa)*					*Mr[b] (MPa)*	*Variación[a] (%)*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*		
0	*2.19*	*2.19*	*2.24*	*2.62*	*2.59*	*2.37*	
3	*2.55*	*2.67*	*2.73*	*2.55*	*2.79*	*2.66*	*12.45*
6	*3.18*	*3.23*	*3.07*	*3.05*	*3.03*	*3.11*	*31.54*
9	*3.32*	*3.53*	*3.47*	*3.45*	*3.76*	*3.51*	*48.55*

Nota:

[a] Variación del 3, 6 y 9 % sobre el 0% de TiO_2.

[b] Promedio de los valores numéricos de cada espécimen.

Tabla 9

Módulo de rotura de los especímenes a los 14 días

TiO_2 (%)	*Espécimen (MPa)*					*Mr[c] (MPa)*	*Variación[a] (%)*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*		
0	*3.77*	*3.55*	*3.98*	*3.97*	*3.92*	*3.84*	
3	*4.36*	*6.16*	*4.39*	*4.36*	*4.34*	*4.36[b]*	*23.27*
6	*4.47*	*4.47*	*4.46*	*4.45*	*4.90*	*4.55*	*18.67*
9	*4.71*	*5.11*	*5.06*	*5.13*	*5.02*	*5.01*	*30.43*

Nota.

[a] Variación del 3, 6 y 9 % sobre el 0% de TiO_2.

[b] Se descartó espécimen 2 por estar fuera del rango, se registra anomalía.

[c] Promedio de los valores numéricos de cada espécimen.

Tabla 10

Módulo de rotura de los especímenes a los 28 días

TiO_2 (%)	*Espécimen (MPa)*					*Mr[b] (MPa)*	*Variación[a] (%)*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*		
0	*5.49*	*5.75*	*5.84*	*5.76*	*5.85*	*5.74*	
3	*6.17*	*6.00*	*6.08*	*6.11*	*6.51*	*6.17*	*7.69*
6	*6.22*	*6.09*	*6.58*	*6.30*	*6.39*	*6.32*	*10.09*
9	*6.36*	*6.41*	*6.22*	*6.94*	*6.21*	*6.43*	*12.14*

Nota.

[a] Variación del 3, 6 y 9 % sobre el 0% de TiO_2.

[b] Promedio de los valores numéricos de cada espécimen.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Las diferencias significativas entre resistencias a compresión por TiO_2 a los 7, 14 y 28 días se detallan en la Figura 16, Figura 17 y Figura 18.

Figura 16

Comparación descriptiva de fc a los 7 días

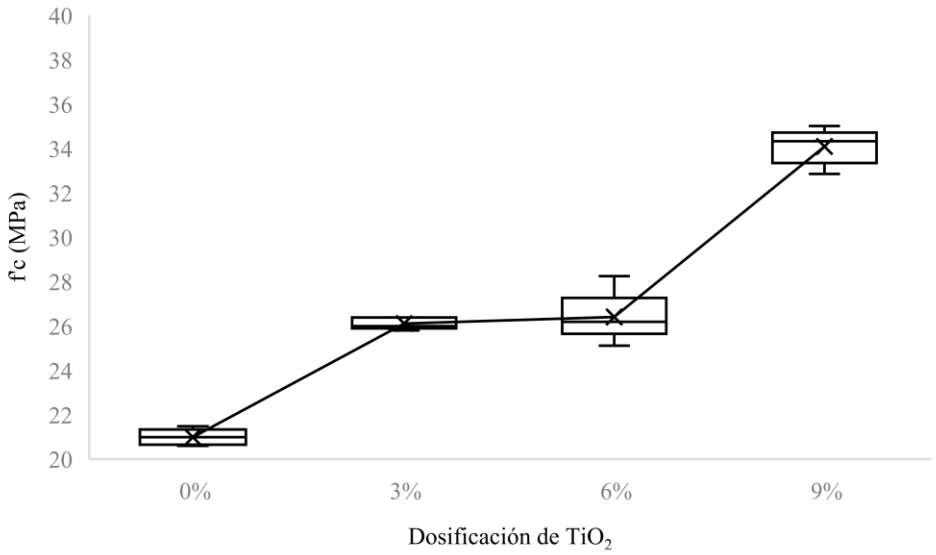
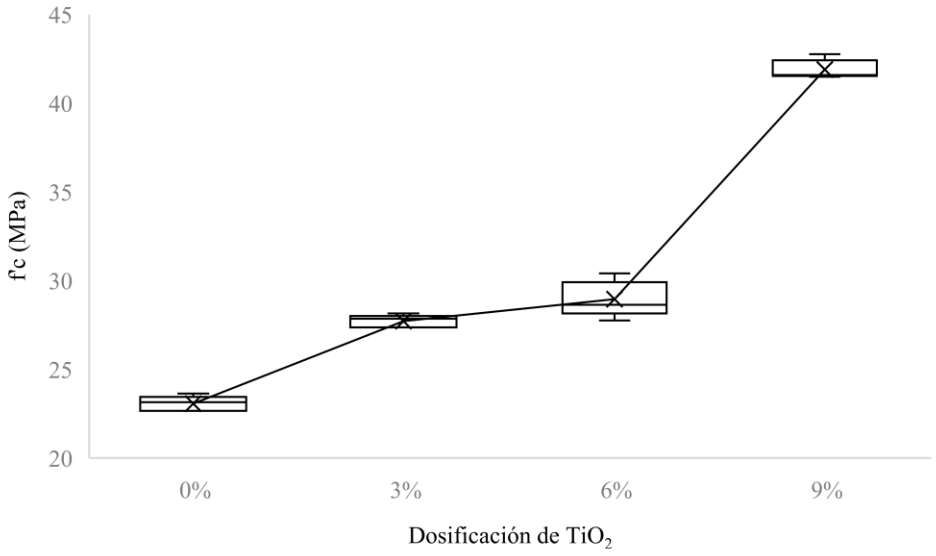


Figura 17

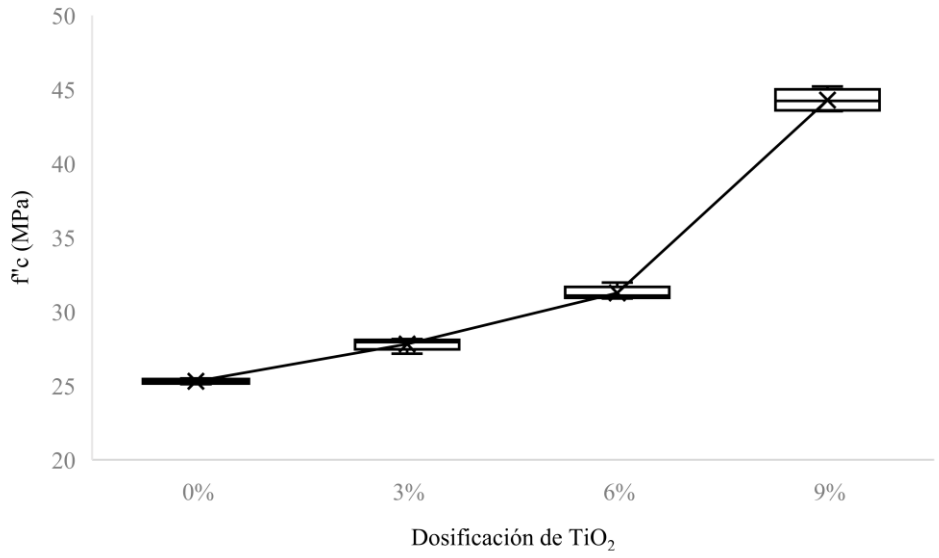
Comparación descriptiva de f'c a los 14 días



Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 18

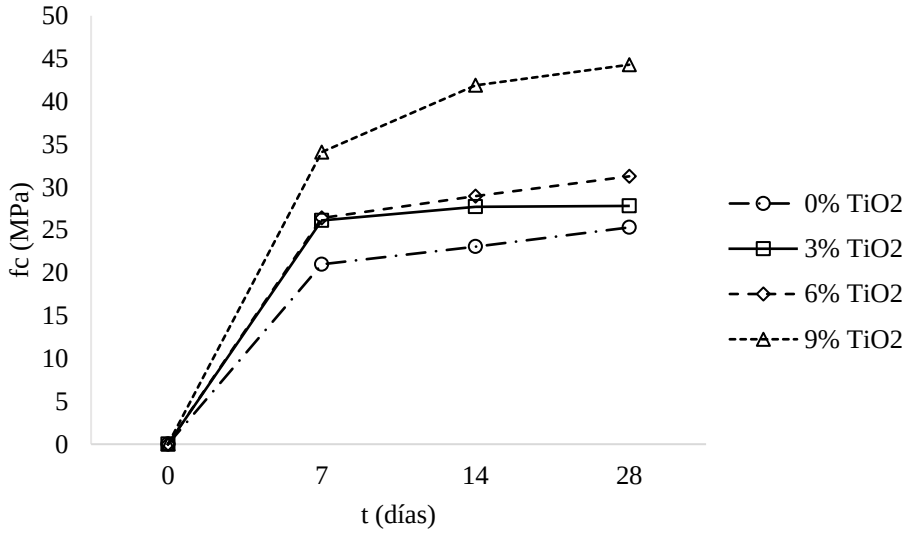
Comparación descriptiva de f'c a los 28 días



De lo anterior, se nota que la resistencia a la compresión incrementa de manera proporcional al incremento de TiO_2, esto se muestra de manera gráfica en la Figura 19, utilizado los promedios de cada espécimen.

Figura 19

Comparación descriptiva de la resistencia a la compresión en el transcurso del tiempo



Las diferencias significativas entre los módulos de rotura por TiO_2 a los 7, 14 y 28 días se detallan en la Figura 16, Figura 17 y Figura 18.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 20

Comparación descriptiva del módulo de rotura del concreto a los 07 días

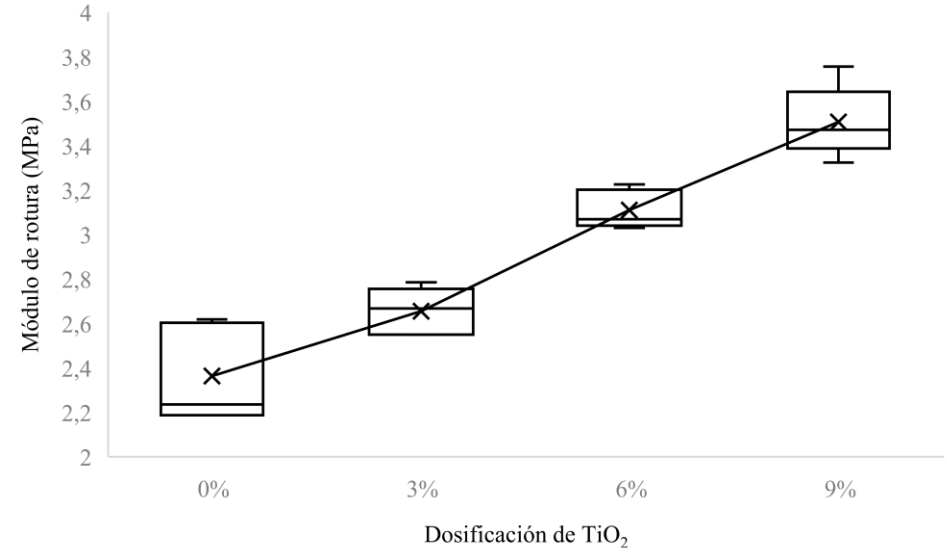
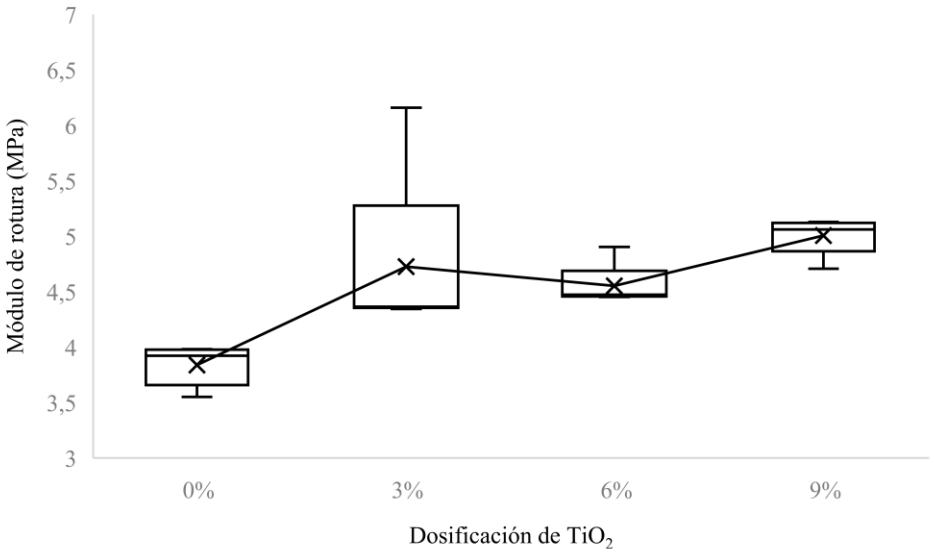


Figura 21

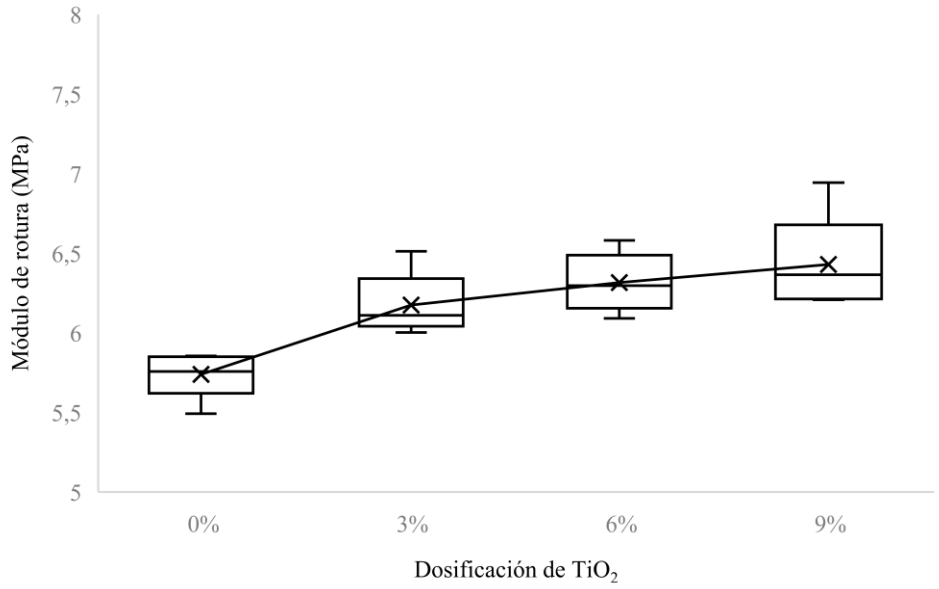
Comparación descriptiva del módulo de rotura del concreto a los 14 días



Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

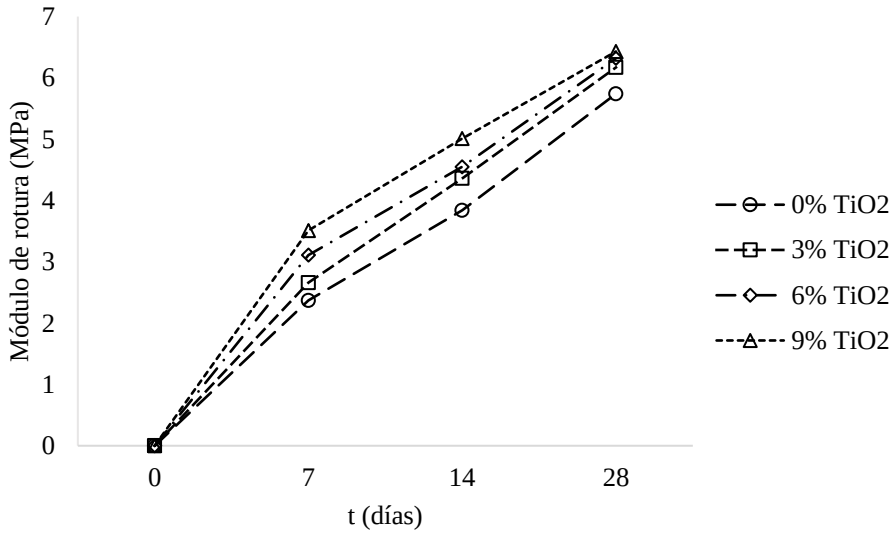
Figura 22

Comparación descriptiva del módulo de rotura del concreto a los 28 días



De lo anterior, se nota que el módulo de rotura incrementa de manera proporcional al incremento de TiO_2, esto se muestra de manera gráfica en la Figura 23, utilizado los promedios de cada espécimen.

Figura 23 *Comparación descriptiva del módulo de rotura en el transcurso del tiempo*



Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL DESEMPEÑO FOTOCATALÍTICO

Los resultados de los ensayos de la prueba de Rodamina B de los especímenes de concreto con TiO_2, se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Valores R_4 Y R_{24} para las diversas dosificaciones de TiO_2

TiO_2	Espécimen	R_4	R_{24}	TiO_2	Espécimen	R_4	R_{24}
0%	1	0.61^a	2.18^c	6%	11	34.12^b	63.74^d
	2	1.24^a	0.81^c		12	36.76^b	59.07^d
	3	1.19^a	0.10^c		13	27.22^b	43.60^d
	4	2.58^a	2.58^c		14	52.77^b	79.66^d
	5	0.15^a	0.80^c		15	30.04^b	50.83^d
3%	6	18.07^a	39.91^c	9%	16	54.55^b	81.96^d
	7	42.83^b	69.61^d		17	24.83^b	51.66^d
	8	19.37^a	32.69^c		18	44.77^b	72.67^d
	9	19.58^a	46.63^c		19	46.00^b	59.07^d
	10	15.75^a	25.03^c		20	41.41^b	73.30^d

Nota.

[a] Valor menor a 20%. [b] Valor mayor a 20%. [c] Valor menor a 50%. [d] Valor mayor a 50%.

Los resultados de los ensayos de la prueba de autolimpieza de los especímenes de concreto con TiO_2, se muestran en la Tabla 12.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 12

Cálculo de la diferencia entre los factores de luminosidad a las 0, 4 y 24 horas

TiO_2	Espécimen	0[a]	24[a]	Diferencia	Variación[b]
0%	1	99.78	140.80	41.02	
	2	95.08	138.41	43.34	
	3	96.43	139.35	42.92	
	4	98.76	137.58	38.82	
	5	99.51	138.25	38.74	
3%	6	93.47	167.68	74.21	78.50
	7	99.74	176.48	76.74	
	8	98.11	162.84	64.73	
	9	98.07	169.72	71.65	
	10	95.87	174.21	78.34	
6%	11	99.45	179.68	80.23	105.35
	12	94.72	181.29	86.57	
	13	98.01	177.89	79.88	
	14	94.58	180.34	85.76	
	15	94.32	182.55	88.23	
9%	16	99.71	189.62	89.91	131.34
	17	98.57	194.29	95.72	
	18	99.79	193.87	94.08	
	19	98.69	194.94	96.25	
	20	97.43	195.37	97.94	

Nota.

[a] Tiempo en horas.

[b] Variación del 3, 6 y 9 % sobre el 0% de TiO_2.

Las diferencias significativas entre los valores R_4 y R_{24} por TiO_2 a los se detallan en la Figura 24 y Figura 25.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 24

Comparación descriptiva para el parámetro colorimétrico R_4

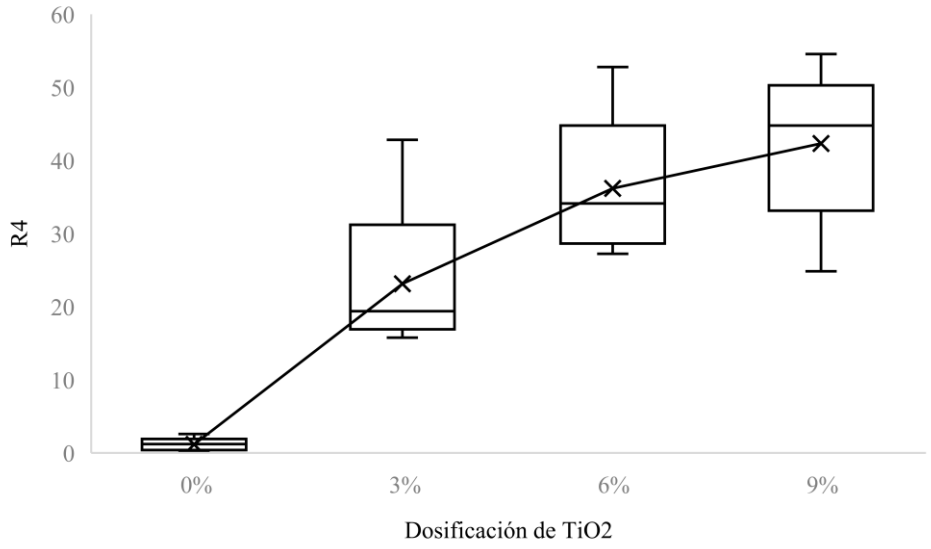
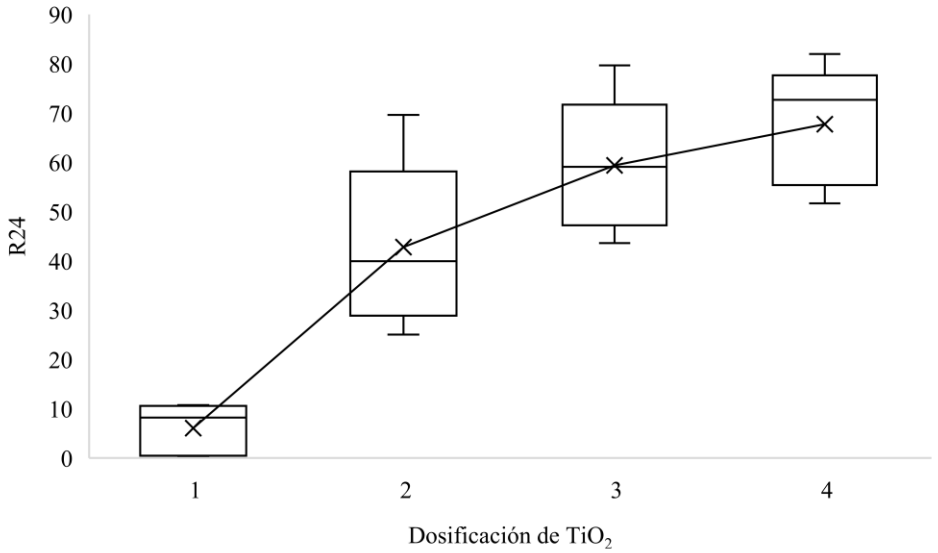


Figura 25

Comparación descriptiva para el parámetro colorimétrico R_{24}

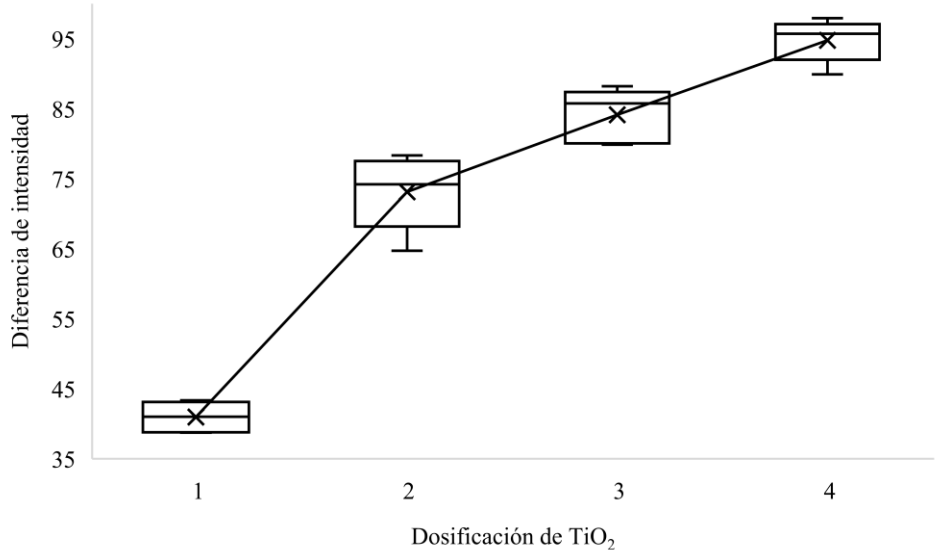


Las diferencias significativas entre las diferencias de los factores de luminosidad de color por TiO_2 se detallan en la Figura 26.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 26

Comparación descriptiva para la diferencia de intensidad



4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Con la finalidad de contrastar la hipótesis de la investigación, se utilizó el ANOVA de un factor para cada uno de los ensayos. Encontrándose que, en cuanto al desempeño mecánico, existe significancia desde el punto de vista estadístico, lo que confirma que la variación numérica es generada por el tratamiento propuesto mas no por el error, fundamento que sirvió para descartar la hipótesis nula.

En la Tabla 13 se muestran los resultados de la prueba de hipótesis ANOVA de la resistencia a la compresión y módulo de rotura.

Tabla 13

Prueba de hipótesis ANOVA de la resistencia a la compresión y módulo de rotura

	Edad (días)					
	7		14		28	
	F0	*p-valor*	*F0*	*p-valor*	*F0*	*p-valor*
fc	271.82	0.0000[a]	820.73	0.0000[a]	1597.20	0.0000[a]
Mr	54.98	0.0000[a]	6.65	0.0040[a]	9.85	0.0006[a]

Nota.

[a] Significativo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Análogamente, se realizó el procedimiento para el desempeño fotocatalítico que involucra la prueba de Rodamina B y autolimpieza (Tabla 14). Hallándose que también existen diferencias estadísticamente significativas, generadas por el tratamiento propuesto y no por el error, descartándose también la hipótesis nula.

Tabla 14

Prueba de hipótesis ANOVA de las pruebas de rodamina y autolimpieza

	F_0	*p-valor*
R_4	19.34	0.000[a]
R_{24}	22.89	0.000[a]
Autolimpieza	189.10	0.000[a]

Nota.

[a] Significativo.

Con estos resultados, se decidió ejecutar pruebas post hoc para explorar posibles diferencias de medias en la variable dependiente, a partir de lo cual se pudo observar que, para el desempeño mecánico:

A los siete días, la resistencia a la compresión presenta diferencias significativas en la mayoría de pares, excepto entre 6% y 3%, donde se obtuvo un valor de 0.534, valor interpretado como una diferencia no significativa. Mientras que el módulo de rotura, presenta diferencias significativas en todos los pares comparados (ver Anexo 15).

A los catorce días, la resistencia a la compresión generó diferencias significativas en todos los pares comparados. Mientras que el módulo de rotura genera diferencias no significativas entre 6-3%, 9-3% y 9-6%, en ese orden (ver Anexo 15).

A los veintiocho días, la resistencia a la compresión generó diferencias significativas en todos los pares comparados. Mientras que el módulo de rotura

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

genera diferencias no significativas entre 9-6%, 6-3% y 9-3%, en ese orden (ver Anexo 15).

Los resultados antes mencionados, guardan estrecha relación con lo obtenido de la investigación de Abella (2015). Pues, concluyó que la adición de TiO_2 a los materiales cementosos, no disminuye la resistencia del material. Sin embargo, existe controversia con los resultados obtenidos por Vásquez (2016), investigación en la que se concluye que la adición de TiO_2 a los tratamientos, disminuyó la resistencia a la compresión de manera proporcional a las cantidades de TiO_2 añadidas. Así también, se encuentra discrepancia con lo obtenido por Medina (2017) que encontró que todas las propiedades mecánicas del mortero se reducen proporcionalmente a la adición del fotocatalizador.

Así mismo, se realizaron las pruebas post hoc para los resultados del ensayo de Rodamina B, encontrándose que para el factor R_4, casi todos los pares comparados presentan diferencia significativa, excepto 9-6%. Análogamente, el factor R_{24} deja de presentar diferencia significativa en los pares 6%-3% y 9%-6% (ver Anexo 15).

Estos resultados del ensayo de Rodamina B, concuerdan con Vásquez (2016) que sostiene que el incremento de TiO_2, significó un incremento de la decoloración en la prueba de Rodamina B.

Finalmente, los resultados del ensayo de autolimpieza denotan una diferencia significativa en la totalidad de los pares comparados (ver Anexo 15). Los mismos que guardan absoluta concordancia con los resultados de la evaluación del efecto de autolimpieza en el proyecto europeo denominado

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

"Picada", este determinó que la exposición a luz ultravioleta de menos de un día, se obtuvo una recuperación aproximada del 65% del color inicial de la muestra. Así también, Folli (2010) concluyó en su investigación que el TiO_2 proporciona una estrategia eficiente para obtener autolimpieza en las fachadas de los edificios, simplemente con el apoyo de la luz solar.

4.4. TRATAMIENTO ÓPTIMO

Vásquez (2016) consideró que el porcentaje del tratamiento óptimo debería estar entre el 3 y 6% y Medina (2017) encontró que el porcentaje óptimo de TiO_2 es 5%, en concordancia con dichos antecedentes y de acuerdo a los ensayos y resultados estadísticos obtenidos para la presente investigación, el tratamiento que contiene 6% de TiO_2 presenta un importante efecto fotocatalítico, y debido a la semejanza con el tratamiento de 9% de TiO_2 en más de una comparación, se termina que es este el tratamiento óptimo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CONCLUSIONES

1. La adición de TiO_2 al concreto hidráulico para pavimento, influye significativamente en el desempeño mecánico, incrementando su valor respecto a las unidades de concreto sin TiO_2. De igual manera, la adición de este compuesto, influye significativamente en el desempeño fotocatalítico, pues adiciona propiedades fotocatalíticas y de autolimpieza al concreto hidráulico.
2. La adición de TiO_2 al concreto hidráulico para pavimento, influye significativamente en la resistencia a la compresión, incrementando su valor respecto a las unidades de concreto sin TiO_2 hasta en 24.39, 25.79 y 81.63% para los porcentajes de adición de 3, 6 y 9%, respectivamente.
3. La adición de TiO_2 al concreto hidráulico para pavimento, influye significativamente en el módulo de rotura, incrementando su valor respecto a las unidades de concreto sin TiO_2 hasta en 23.27, 31.54 y 48.55% para los porcentajes de adición de 3, 6 y 9%, respectivamente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4. La adición de TiO_2 al concreto hidráulico para pavimento, influye progresiva y significativamente en los factores de fotodegradación. En los porcentajes 6 y 9%, R_4 y R_{24} son todos mayores a 25 y 50% respectivamente.
5. El factor de intensidad ponderada es influenciado significativamente por la adición de TiO_2, incrementando sus valores hasta en 78.50, 105.35 y 131.34% para los porcentajes de adición de 3, 6 y 9%, respectivamente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar ensayos similares a los propuestos en la presente investigación con un fotocatalizador análogo como el ZnO que teóricamente, presenta mayor absorción de rayos UV.
2. Se recomienda ampliar la presente investigación para determinar mayores beneficios del uso del TiO_2 en el concreto hidráulico tales como contrarrestar la carbonatación del concreto, purificar el agua, etc.
3. Se recomienda profundizar en los ensayos de fotocatálisis con la finalidad de determinar los gases de efecto invernadero específicos que podrían ser eliminados cuando se utiliza el concreto fotocatalítico en las proporciones propuestas en esta investigación.
4. La aplicación del concreto fotocatalítico generará grandes cambios siempre y cuando, se lleve a cabo en obras de gran envergadura para generar la denominada isla fotocatalítica.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abella, G. (2015). *Mejora de las propiedades de materiales a base de cemento que contienen TiO_2: propiedades autolimpiantes*. [Trabajo final de Master Universitario en Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid].

Ballari, M., Hunger, M., Hüsken, J., & Brouwers, H. (2010). *NOx photocatalytic degradation employing concrete pavement containing titanium dioxide*. Applied Catalysis B: Environmental, 95, 245-254.

Bianchi, C., Pirola, C., Selli, E., & Biella, S. (2012). *Photocatalytic NOx abatement: The role of the material supporting the TiO_2 active layer*. Journal of Hazardous Materials, 211-212, 203-207.

Boonen, E., Akylas, V., Barmpas, F., Boreave, A., Bottalico, L., & Cazaunau, M. (2015). *Construction of a photocatalytic de-polluting field site in the Leopold II tunnel in Brussels*. Journal of Environmental Management, 155, 136-144.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Boonen, E., Akylas, V., Barmpas, F., Boreave, A., Bottalico, L., Cazaunau, M. (2015). *Photocatalytic de-pollution in the Leopold II tunnel in Brussels: NOx abatement results*. Building and Environment, 84, 125-133.

Candal, R. J., Rodríguez, J., Colón, G., Gelover, S., Vigil Santos, E., Jiménez González, A., Y Blesa, M. A. (2001). *Materiales para fotocatálisis y electrofotocatálisis*. La Plata, Argentina: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo - CYTED.

Candal, R., Bilmes, S., & Blesa, M. (2001). *Semiconductores con actividad fotocatalítica. En M. Blesa, Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea* (págs. 79-102). Buenos Aires: CYTED VIII-G.

Candal, R., Rodríguez, J., Colón, G., Gelover, S., Vigil Santos, E., & Jiménez González, A. B. (2001). *Materiales para fotocatálisis y electrofotocatálisis. En M. Blesa, Eliminación de contaminantes por fotocatálisis heterogénea* (págs. 143-163). Buenos Aires: CYTED VIII-G.

Carp, O., Huisman, C., & Reller, A. (2004). *Photoinduced reactivity of titanium dioxide*. Progress in Solid State Chemistry, 32, 33–177.

Casey K. G. and E. L. Quitevis. (2008). *Effect of solvent polarity on nonradiative processes in xanthene dyes: Rhodamine B in normal alcohols.*

Chen, J., Kou, S., Poon, C. (2011). Photocatalytic cement-based materials: Comparison of nitrogen oxides and toluene removal potentials and evaluation of selfcleaning performance. Building and Environ.

Chen, D. H., Li, K., & Yuan, R. (2007). *Photocatalytic Coating on Road Pavements/Structures for NOx Abatement.* [Annual Project Report, Texas Air Research Center, Lamar University]. Houston Advanced Research

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Center and Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC.

Curcó, D., Giménez, J., Addardak, A., Cervera-March, S., & Esplugas, S. (2002). *Effects of radiation absorption and catalyst concentration on the photocatalytic degradation of pollutants*. Catalysis Today, 76(2-4), 177-188.

Del Valle, J. (2014). *El cambio climático: Reflexiones tras la cumbre de Varsovia*. Polonia

Dylla, H., Hassan, M. M., Mohammad, L. N., Rupnow, T., & Wright, E. (2010). *Evaluation of the Environmental Effectiveness of Titanium Dioxide Photocatalyst Coating for Concrete Pavement*. Transportation Research Board 89th Annual Meeting (Publication No. 10-0963). Washington, D.C.

Espinoza, M. A. (2016). *Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en la propiedad autolimpiante del concreto*. http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1296/T016_46196996_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Faraldos, M. (2012). *Guía práctica de la fotocatálisis aplicada a infraestructuras urbanas. Congreso Nacional del Medio Ambiente*.

Fernández G., F. (2001): *El clima urbano de Madrid y su influencia sobre el confort térmico*. Boletín de la Real Sociedad Geográfica, pp. 169-185.

Fernández, F. (2007). *Impactos del cambio climático en áreas urbanas y rurales*. Boletín de la Institución Libre de Enseñanza, Madrid, pp. 66-67.

Folli, Andrea (2010). *Fotocatálisis TIO_2 en sistemas de cemento Portland: Fundamentos de los efectos autolimpiable y mitigación de la polución del aire.*

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Ford, A., & Roberts, A. (1998). *Colorur space conversions. Londres*. Extraído de: http://www.cse.unsw.edu.au/~cs9314/07s1/lectures/Jian_CS9314_References/Color_spa_per_his_and_app_BG.pdf

Friedrich, J., Mengpin G. & Vigna L. (2021). *Cuatro gráficos que explican las emisiones de gases de efecto invernadero por país y por sector.* Extraído de: https://wrimexico.org/bloga/cuatro-gr%C3%A1ficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pa%C3%ADs-y-por

Fujishima, A., Rao, T., & Tryk, D. (2000). *Titanium dioxide photocatalysis*. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, 1, 1-21.

Fuentes S. & Díaz G. (s.f.). *Catalizadores. ¿la piedra filosofal del siglo xx?*. Extraído de: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/059/htm/cataliza.htm

García, J. R. R. (2012). *Morteros fotocatalíticos: Análisis de su autolimpieza en función del tipo de cemento y rugosidad superficial.*

Gómez, J. & Villavicencio K. (2020). *Temperaturas extremas y su relación con la Consistencia del concreto a lo largo del tiempo*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma].

González, M.; Bodas, A.; Guillén, J.; Rubio, M.; Ordóñez, J.; Trasobares, E.; Martell, N.; Martínez, J.; Farré, R.; Herráiz, M.; Martínez, T.; Calvo, E.; Sáinz, M.; Bretón, I.; Prieto, S.; Llorente, M.; Martínez, M.; Salas, J.; Bermejo, P.; García, D.; Cuadrado, M.; Gallardo, C.; Moreno, R.: Arroyo, M. y Calle, A. (2014). *Exposición al metilmercurio en la población general; toxicocinética; diferencias según el sexo, factores nutricionales y genéticos. Nutrición Hospitalaria*, pp.969 – 988.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Greenwood, N., & Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the Elements (2ª ed.)*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Hashimoto, K., Irie, H., & Fujishima, A. (2005). *TiO_2 Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects. Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 44, No. 12, pp. 8269-8285.

Hassan, M. M., Dylla, H., Mohammad, L. N., & Rupnow, T. (2010). *Effect of Application Methods on the Effectiveness of Titanium Dioxide as a Photocatalyst Compound to Concrete Pavement*. Presented at 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

Hernández, J. (2017). *Eliminación de NOx mediante fotocatálisis heterogénea*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Programa oficial de Doctorado en Oceanografía. Las Palmas, España, 25-30.

Hoffmann, M., Martin, S., Choi, W., & Bahnemann, D. (1995). *Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis*. Chemical Reviews, 95(1), 69-96.

Ibusuki, T., & Takeuchi, K. (1994). *Removal of low concentration nitrogen oxides through photoassisted heterogeneous catalysis*. Journal of Molecular Catalysis, 88(1), 93-102.

Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México*. Editorial Limusa. México.

Katzman, L. (2006). *Building Toward a Cleaner Environment: A New Role for an Existing Product, TiO_2*. Sasaki Associates Inc. Retrieved January 2, 2011, from http://ideas.sasaki.com/files/attachments/user370/cleaner%20environment.pdf

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Kittel C. (2003). *Introducción a la Física del Estado Sólido*.

Kormann, Claudius. (1989). *Synthesis and Characterization of Quantum Size Metal Oxide Colloidal Particles. Photocatalytic Peroxide Formation on ZnO and TiO_2.* Dissertation (Ph.D.), California Institute of Technology. doi:10.7907/bya7-6g55. https://resolver.caltech.edu/CaltechETD:etd-05182007-110357

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

Li, Z. (2011). *Development and Application of Eco-Friendly Concrete*. Advanced Materials Research. Vols. 250-253, pp. 3827-3836

Lisbona, L. (2016). *Materiales fotocatalíticos y sus aplicaciones en la construcción*. Tesis para optar el Grado de Magister en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética. Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya, España.

Maicu, M. (2010). *Estudio de la actividad fotocatalítica de sistemas basados en TiO_2, sulfatado y no sulfatado, y modificado con Pt, Au y Pd.*

Manrique, J. (2017). *La contaminación atmosférica y la gestión de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz.* Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

Martínez, K. (2019). *Efecto del dióxido de titanio (TIO_2) en el comportamiento del mortero de Cemento Pórtland tipo I para fachadas -Lima Metropolitana (2018)*. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

Maury, A. y De Belie N. (2010). *Estado del arte de los materiales a base de cemento que contienen TiO_2: propiedades auto-limpiantes*. Materiales de Construcción. Vol 60, 298, 33-50. Madrid: CSIC.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Medina, E. (2017). *Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en las propiedades autolimpiables y mecánicas del mortero de cemento-arena 1:4-Cajamarca*. Tesis para optar el Grado de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Mo, J., Zhang, Y., Xu, Q., Lamson, J., & Zhao, R. (2009). *Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air*. A literature review. Atmospheric Environment, 43(14), 2229-2246.

Moussiopoulos, N., Barmpas, F., & Ossanlis, I. (2007). *Numerical Study for the Potential Abatement of Air Pollution with the use of Photocatalytic Façade Covering Materials in London. Presented at 10th International Conference on Environmental Science and Technology, Kos Island, Greece.*

Noor, A. I., Mokhtar, M. H., Rafiqul, Z. K., & Pramod, K. M. (2012). *Understanding Color.*

P. E. Vitoria. (1940). *La Química del Carbono*, 2da Edición, Barcelona, España. Capítulo III, "Fluoresceína, ftaleína de la resorcina".

Paz, Y. (2010). *Application of TiO_2 photocatalysis for air treatment: Patents' overview*. Applied Catalysis B: Environmental, 99, 448–460.

Pelaez, M., Nolan, N., Pillai, S., Seery, M., Falaras, P., Kontos, A., & Dionysiou, D. (2012). *A review on the visible light active titanium dioxide photocatalysts for environmental applications*. Applied Catalysis B: Environmental, 125, 331-349.

Ramirez, A. M., Demeestere, K., De Belie, N., Mantyla, T., & Levanen, E. (2009). *Titanium dioxide coated cementitious materials for air purifying purposes:*

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Preparation, characterization and toluene removal potential. Building and Environment, Vol. 45, pp. 832-838.

Rivera, G. (2015). *Concreto Simple*. Popayán: Universidad del Cauca.

Romero Salvador, A. (2004). *Catalizadores y procesos catalíticos*. Real academia de ciencias exactas, físicas y naturales.

Sánchez De Guzmán, Diego. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Colombia.

Santos Espi, P. (2009). *Medición del color. Zaragoza*. Extraído de: http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R42_A3.pdf

Snare M. J, F. E. Treloar, K. P. Ghiggino, and P. J. (2012). *The photophysics of rhodamine B.* J. Photochem.

Toro, C., Jobsona, B., Haselbach, L., Shen, S., & Chung, S. (2016). *Photoactive roadways: Determination of CO, NO and VOC uptake coefficients and photolabile side product yields on TiO_2 treated asphalt and concrete*. Atmospheric Environment, 139, 37-45.

Tuesta, E. G., Zenitagoya, Y., Ponce, S., & Gutarra, A. (2002). *Degradación de compuestos orgánicos volátiles y plaguicidas por fotocatálisis heterogénea con dióxido de titanio*. Recuperado a partir de http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/506

Vallée, B. Ruot, L. Bonafous, L. Guillot, N. Pimpinelli, L. Cassar y E. al. (2004). Environment-conscious materials and systems for sustainable developments. RILEM, Japan.

Vásquez, M. (2016). *Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en la propiedad autolimpiable del concreto f´c=210 Kg/cm^2*. Tesis para optar el

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

grado académico de maestro en ciencias, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Velioğlu, H. M., Boyacı, İ. H., & Kurultay, Ş. (2011). *Determination of visual quality of tomato paste using computerized inspection system and artificial neural networks*. Computers and Electronics in Agriculture.

Wang, D., Leng, Z., Hüben, M., Oeser, M., & Steinauer, B. (2016). *Photocatalytic pavements with epoxy-bonded TiO_2-containing spreading material*. Construction and Building Materials, 107, 44-51.

Yu, Q., & Brouwers, H. (2009). *Indoor air purification using heterogeneous photocatalytic oxidation. Part I: Experimental study. Applied Catalysis B: Environmental*. 92, 454-461.

Zabaleta G., Hernan. (1988). *Compendio de tecnología del hormigón*. Chile: Instituto Chileno del Cemento y Hormigón.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Anexo 2. Protocolo de elaboración de especímenes de concreto hidráulico para ensayos de resistencia a la compresión, flexión, rodamina B y autolimpieza.

Anexo 3. Protocolo para la prueba de degradación de colorante orgánico Rodamina B.

Anexo 4. Protocolo del ensayo de evaluación de autolimpieza.

Anexo 5. Ficha de calibración de la máquina utilizada.

Anexo 6. Reporte de ensayos de laboratorio de los agregados.

Anexo 7. Diseño de mezclas.

Anexo 8. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de probetas de concreto.

Anexo 9. Resultados de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto en vigas.

Anexo 10. Procedimiento típico para la obtención de los factores R_4 y R_{24}.

Anexo 11. Obtención de los valores RGB a través del software ImageJ.

Anexo 12. Cálculo de los factores R_4 y R_{24}.

Anexo 13. Procedimiento típico para la obtención de la intensidad ponderada.

Anexo 14. Obtención de valores de intensidad para el ensayo de autolimpieza.

Anexo 15. Comparación de tratamientos por el método de Tukey.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicador	Metodología
General: ¿Cuál es el desempeño mecánico y fotocatalítico del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio? Específicos: ¿Cómo varía la resistencia a compresión del pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio? ¿Cuál es la variación del módulo de rotura del pavimento de concreto hidráulico	**General:** Evaluar el desempeño mecánico y fotocatalítico del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio. **Específicos:** Determinar la resistencia a compresión del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio. Evaluar el módulo de rotura del pavimento de	**General:** El desempeño mecánico y fotocatalítico del pavimento de concreto hidráulico presenta mejoras con la adición de dióxido de titanio. **Específicas:** La resistencia a compresión del pavimento de concreto hidráulico no presenta variación con la adición de dióxido de titanio. El módulo de rotura del pavimento de concreto hidráulico no presenta variación con la adición de dióxido de titanio. Los factores de	**Variable Independiente** Dióxido de titanio **Variables dependientes** Desempeño mecánico del concreto Efecto fotocatalítico	Porcentaje en peso del TiO_2 Resistencia a la compresión. Módulo de rotura. Factores de fotodegradación. Autolimpieza.	*Por el enfoque*: Investigación cuantitativa. *Por el nivel de investigación*: Investigación explicativa. *Según el tipo de investigación*: Investigación aplicada. *Según el diseño*: Investigación experimental. **Población y muestra:** ✓ 20 especímenes para la resistencia a la compresión. ✓ 20 especímenes para el módulo de rotura. ✓ 20 especímenes para la prueba de Rodamina B. ✓ 20 especímenes para la prueba de autolimpieza **Instrumentos de recolección de datos:** ✓ Protocolo de elaboración de especímenes con adición de dióxido de titanio. ✓ Protocolo de ensayo de resistencia a la compresión. ✓ Protocolo de ensayo de viga simplemente

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicador	Metodología
con la adición de dióxido de titanio? ¿Cuál es el intervalo de variación porcentual de los factores de fotodegradación R4 Y R24 del pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio? ¿Cuánto es el porcentaje de autolimpieza del pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio?	concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio. Calcular los factores de fotodegradación R4 y R24 del pavimento de concreto hidráulico. Identificar el porcentaje de autolimpieza del pavimento de concreto hidráulico con adición de dióxido de titanio.	fotodegradación R4 y R24 son mayores a 25 y 50% respectivamente en el pavimento de concreto hidráulico con la adición de dióxido de titanio. El porcentaje de autolimpieza del pavimento de concreto hidráulico es de hasta un 70% con la adición de dióxido de titanio.			apoyada con carga puntual al medio. ✓ Protocolo de prueba de degradación de colorante orgánico Rodamina B. ✓ Protocolo de evaluación de autolimpieza.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 2

Protocolo de elaboración de especímenes de concreto hidráulico para ensayos de resistencia a la compresión, flexión, rodamina B y autolimpieza

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLOFACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, FLEXIÓN, RODAMINA B Y AUTOLIMPIEZA

Investigación: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

TESISTA : CORAL RODRÍGUEZ, Reysa Milagros.

ASESOR : Ing. DEPAZ BLÁCIDO, Richard Alberto.

1. OBJETO

Este documento tiene la finalidad de establecer lineamientos y actividades que deberán ser seguidos para la elaboración de probetas de concreto hidráulico. Así mismo, se establecen acciones de control de calidad aplicables en este ensayo.

2. DEFINICIONES

2.1. Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua.

2.2. Piedra

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

La palabra piedra se usa en el lenguaje común y también en cantería, arquitectura e ingeniería para hacer referencia a cualquier material de origen natural caracterizado por una elevada consistencia. Como materia prima, la piedra se extrae generalmente de canteras y explotaciones mineras a cielo abierto.

2.3. Agregado grueso

Es uno de los principales componentes del concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de concreto.

2.4. Agregado fino

Se conoce como agregado fino al producto que proviene de la desintegración de la roca volcánica y que por su tamaño pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en el tamiz número 200.

2.5. Dióxido de titanio

El titanio es el noveno elemento más común en la Tierra y en condiciones normales es muy común que reaccione con oxígeno para formar óxidos de titanio, estos se encuentran en minerales y polvos.

2.6. Agua

El agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo.

3. EQUIPOS

Equipos para la obtención de probetas

- ✓ Molde
- ✓ Trompo mezclador

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- ✓ Varilla lisa de 3/4 “
- ✓ Martillo de goma
- ✓ Espátula
- ✓ Probeta graduada en ml.
- ✓ Balanza
- ✓ Recipientes
- ✓ Cucharón

Materiales para la obtención de probetas

- ✓ Cemento
- ✓ Piedra
- ✓ Agregado grueso
- ✓ Agregado fino
- ✓ Dióxido de titanio
- ✓ Agua

Equipos para el curado

- ✓ Poza de curado

4. PROPORCIONES

De acuerdo al diseño de mezclas y en función a las medidas de los moldes propuestos:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Cuadro 1

Dosificación de los componentes del concreto

Material	Cantidad[a]
Cemento	2.60
Agregado grueso	5.50
Agregado fino	5.93
Agua	1.04

Nota.

[a] Cantidades para especímenes cilíndricos (ensayo de resistencia a la compresión) en kg.

Cuadro 2

Dosificación del TiO_2

	Porcentaje	Cantidad[a]
TiO_2[b]	3%	78.00
	6%	156.00
	9%	234.00

Nota.

[a] Cantidades para especímenes cilíndricos (ensayo de resistencia a la compresión) en gramos.

[b] El TiO_2 será mezclado con el cemento, en estado sólido y antes de los otros materiales.

Cuadro 3

Dosificación de los componentes del concreto

Material	Cantidad[a]
Cemento	5.74
Agregado grueso	12.14
Agregado fino	13.09
Agua	2.31

Nota.

[a] Cantidades para especímenes prismáticos (ensayo de flexión) en kg.

Cuadro 4

Dosificación del TiO_2

	Porcentaje	Cantidad[a]
TiO_2	3%	172.14
	6%	344.29
	9%	516.43

Nota.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

[a] Cantidades para especímenes prismáticos (ensayo de flexión) en gramos.

[b] El TiO_2 será mezclado con el cemento, en estado sólido y antes de los otros materiales.

Cuadro 5

Dosificación de los componentes del concreto

Material	Cantidad[a]
Cemento	0.147132
Agregado grueso	0.31122
Agregado fino	0.335664
Agua	0.059112

Nota.

[a] Cantidades para las losetas (ensayo de rodamina B) en kg.

Cuadro 6

Dosificación del TiO_2

	Porcentaje	Cantidad[a]
TiO_2	3%	4.41
	6%	8.83
	9%	13.24

Nota.

[a] Cantidades para las losetas (ensayo de rodamina B) en gramos.

[b] El TiO_2 será mezclado con el cemento, en estado sólido y antes de los otros materiales.

Cuadro 7

Dosificación de los componentes del concreto

Material	Cantidad[a]
Cemento	0.61
Agregado grueso	1.30
Agregado fino	1.40
Agua	0.25

Nota.

[a] Cantidades para las losetas (ensayo de rodamina B) en kg.

Cuadro 8

Dosificación del TiO_2

	Porcentaje	Cantidad[a]
TiO_2	3%	18.3915

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

	6%	36.783
	9%	55.1745

Nota.

[a] Cantidades para las losetas (ensayo de rodamina B) en gramos.

[b] El TiO_2 será mezclado con el cemento, en estado sólido y antes de los otros materiales.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Trasladar el agregado de la cantera al laboratorio de resistencia de materiales – Shancayán.

5.2. Secar y zarandear el material de acuerdo a las mallas especificadas en el diseño de mezclas.

5.3. Pesar los materiales en la balanza electrónica para mayor precisión.

5.4. Humedecer el trompo mezclador.

5.5. Añadir los materiales previamente pesados (primero el agregado grueso, a continuación, el fino y cemento solo o con TiO_2)

5.6. Cuando estos materiales se hayan mezclado durante un tiempo prudencial, se deberá iniciar con la adición de agua hasta obtener una buena consistencia visible de la pasta.

5.7. La mezcla será vertida en un recipiente que también será previamente humedecido.

5.8. Los moldes serán rociados con petróleo en los instantes previos a la colocación del concreto en estado fresco.

5.9. Se dividirá la mezcla en tres partes para que al final de cada una de ellas se realice la compactación de manera circular siguiendo un recorrido helicoidal, dando 25 golpes.

5.10. Al final se deberá esperar unos minutos para culminar con homogeneizar el acabado lo más posible.

5.11. Esperar que seque durante 24 horas. Al cabo de este tiempo, se

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

deberán desencofrar las muestras con sumo cuidado para proceder a enumerarlas y ser sumergidas en el pozo de curado.

5.12. Al finalizar este procedimiento, cada uno de los especímenes serán trasladados a las instalaciones del laboratorio particular.

6. PROCESO DE VALIDACIÓN

El presente instrumento tiene las bases fundadas principalmente en los detalles de la mezcla y elaboración que se desarrollarán de manera típica para las unidades de concreto hidráulico.

7. PLAN PILOTO

Previo a la realización de las muestras finales, se procedió a hacer 03 especímenes de concreto hidráulico para verificar y reajustar principalmente, la cantidad de agua a utilizar.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 3

Protocolo para la prueba de degradación de colorante orgánico Rodamina B

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLOFACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PRUEBA DE DEGRADACIÓN DE COLORANTE ORGÁNICO RODAMINA B *UNI 11259*

Investigación: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

TESISTA : CORAL RODRÍGUEZ, Reysa Milagros.

ASESOR : Ing. DEPAZ BLÁCIDO, Richard Alberto.

1. OBJETO

Este documento tiene la finalidad de establecer lineamientos y actividades que deberán ser seguidos para llevar a cabo el ensayo de Rodamina B. Así mismo, se establecen acciones de control de calidad aplicables en este ensayo.

2. DEFINICIONES

2.1. Rodamina B

La rodamina B es un compuesto químico empleado como colorante violeta y perteneciente a la familia de las rodaminas.

2.2. Luz ultravioleta

Lámpara fluorescente de luz ultravioleta. La radiación ultravioleta no es visible; sin embargo, muchas de las lámparas ultravioletas emiten marginalmente parte de su luz en la zona adyacente del espectro visible, con lo que se observan de un color violeta.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3. EQUIPOS

Equipos

- ✓ Caja de Luz UV-A
- ✓ Tubos fluorescentes de luz UV-A (8 watts)
- ✓ Ventilador
- ✓ Cámara fotográfica

Materiales para la obtención de probetas

- ✓ Rodamina B
- ✓ Agua destilada

Softwares

- ✓ ImageJ
- ✓ OpenRGB

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Pesar aproximadamente 0.1 gramos de Rodamina B.

4.2. Colocar 1 litro de agua destilada en una probeta y a continuación, los 0.1 gramos de Rodamina B y proceder a la mezcla de la solución.

4.3. Se deberá determinar un área circular de aproximadamente 22 +/- 2 cm^2 en la superficie seleccionada de la muestra con un producto hidrofóbico (vaselina).

4.4. Colocar 0.5ml de Rodamina B con la ayuda de una pipeta dentro del área determinada.

4.5. Dejar secar y realizar la primera medición de color a través de una fotografía en las condiciones más óptimas posibles.

4.6. La adaptación de la caja de luz UV-A, consistirá en construir una caja de madera con las dimensiones adecuadas de tal manera que puedan entrar 10

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

muestras de concreto sin problemas y con espacio suficiente durante 24 horas. Para ello, de deberán colocar dos tubos fluorescentes de la luz UV-A, con una potencia de 8 watts para cada uno, a una altura aproximada de las muestras de 20 cm.

4.7. Para cumplir con las especificaciones de la norma, se deberá adaptar un ventilador para controlar la temperatura en el interior, de tal manera que esta sea de (20 +/- 2)° C.

4.8. Una vez que las muestras sean fotografiadas en los horarios indicados, estas fotografías deberán ser procesadas con el software ImageJ para obtener los valores en el espacio RGB, los que serán anotados en la siguiente tabla:

4.9. Finalmente, se deberán transformar las coordenadas RGB a L*a*b en el software Open RGB (con una iluminación D65/10° DayLight, como indica la norma).

5. PROCESO DE VALIDACIÓN

El presente instrumento tiene las bases fundadas principalmente en los detalles de la mezcla y elaboración que se desarrollarán de manera típica para las unidades de concreto hidráulico.

6. PLAN PILOTO

Previo a la realización de las muestras finales, se procedió a hacer 03 especímenes de concreto hidráulico para verificar y reajustar principalmente, la cantidad de agua a utilizar.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 4

Protocolo del ensayo de evaluación de autolimpieza

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLOFACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE EVALUACIÓN DE AUTOLIMPIEZA

Investigación: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

TESISTA : CORAL RODRÍGUEZ, Reysa Milagros.

ASESOR : Ing. DEPAZ BLÁCIDO, Richard Alberto.

---

7. OBJETO

Este documento tiene la finalidad de establecer lineamientos y actividades que deberán ser seguidos para llevar a cabo el ensayo de autolimpieza. Así mismo, se establecen acciones de control de calidad aplicables en este ensayo.

8. DEFINICIONES

8.1. Autolimpieza

La suciedad está compuesta por partículas orgánicas e inorgánicas. La materia orgánica es la que hace de nexo de unión con la materia inorgánica. Al tratar una superficie con fotocatálisis, se va a descomponer toda materia orgánica que se deposite, en materia inorgánica. Por tanto, solo nos queda depositada la materia inerte.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Por otro lado, el dióxido de titanio tiene un alto poder hidrófilo, que hace que el agua en la superficie cree una cortina, que arrastra la suciedad. No se forman gotas en la superficie, evitando las marcas que pueden formar éstas por barro, restos de cal u otros residuos.

El material inerte no se adhiere a la superficie sin la ayuda de materia orgánica, queda depositado siendo facilmente limpiable y autolimpiable con efecto de la lluvia.

9. EQUIPOS

Equipos

- ✓ Cámara fotográfica

Materiales

- ✓ Retazos de llanta
- ✓ Fósforo
- ✓ Placa de metal
- ✓ Ladrillos
- ✓ Agua

Software

- ✓ ImageJ
- ✓ Microsoft Excel

10. PROCEDIMIENTO

10.1. Adecuar una placa metálica con un círculo en el centro de 10 cm de radio.

10.2. Formar los ladrillos en forma de U, dejando un lado libre para permitir la oxigenación en la combustión, colocar la placa metálica encima

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de los ladrillos y colocar 5 muestras encima para que puedan recibir directamente la contaminación.

10.3. Una vez que todas las placas hayan tomado un color oscuro de la manera más homogénea posible se tomará la fotografía de las 0 horas, se dejará descansar las muestras durante 24 horas, permitiendo que estén expuestas a luz ultravioleta natural y a diversos factores medioambientales.

10.4. Al cabo de las 24 horas, en caso no haya llovido, se rociará agua sobre las muestras para simular la lluvia y dar por concluido el proceso de autolimpieza.

10.5. Estas muestras deberán secar por un tiempo más bajo el sol y se tomarán las fotografías correspondientes.

10.6. Las fotografías tomadas serán procesadas en el software ImageJ, de donde se sacará el valor para la intensidad ponderada.

10.7. A continuación, se restará el valor inicial al final, obteniendo así el valor numérico de la variación colorimétrica.

11. PROCESO DE VALIDACIÓN

El presente instrumento tiene las bases fundadas principalmente en los detalles de la mezcla y elaboración que se desarrollarán de manera típica para las unidades de concreto hidráulico.

12. PLAN PILOTO

Previo a la realización de las muestras finales, se procedió a hacer 03 especímenes de concreto hidráulico para verificar y reajustar principalmente, la cantidad de agua a utilizar.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 5

Ficha de calibración de la máquina utilizada

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-133-2021

Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA:	**MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS**
Rangos	**101972.0 kgf**
Dirección de carga	**Ascendente**
FABRICANTE	**METROTEST**
Modelo	**MC-165**
Serie	**163**
Transductor *(Modelo // Serie)*	**NO INDICA**
Capacidad	**1000 kN**
Ubicación	**Laboratorio de Fuerza AG4**
Codigo Identificacion	**NO INDICA**
Norma utilizada	**ASTM E4; ISO 7500-1**
Intervalo calibrado	Escala (s) **101 972 kgf** De 10 000 a 100 000 kgf
Temperatura de prueba °C	**Inicial** 18,5 **Final** 18,7
Inspección general	**La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento**
Solicitante	**3R GEOINGENIERIA S.A.C**
Dirección	**CAL.RECUAY NRO. 470 URB. CENTENARIO ANCASH - HUARAZ - INDEPENDENCIA**
Ciudad	**HUARAZ**
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	**CELDA DE CARGA** Código **MF-02 // C-0208** Certif. de calibr. **INF-LE 050-20A PUCP**
Unidades de medida	Sistema Internacional de Unidades (SI)
FECHA DE CALIBRACION	**2021/10/16**
FECHA DE EMISION	**2021/10/16**

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "FUERZA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224 | 997 045 343 | 961 739 849 | 955 851 191 | ventasag4ingenieria@gmail.com | ventas@ag4im.com | www.ag4ingenieria.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-133-2021

Método de calibración : FUERZA INDICADA CONSTANTE

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 1000.0 **kN** Resolución: 0.10 kN Dirección de la carga: Ascendente
101 972 kgf 10 kgf Factor de conversión: 0.0098 kN/kgf

Indicación de la máquina (Fi)			Indicaciones del instrumento patrón				
			0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
%	kN	kgf	kN	kN	kN	kN	kN
10	98.07	10 000	97.7	97.3	No aplica	97.5	No aplica
20	196.13	20 000	194.9	195.0	No aplica	195.0	No aplica
30	294.20	30 000	292.8	293.0	No aplica	292.7	No aplica
40	392.27	40 000	391.4	391.4	No aplica	391.4	No aplica
50	490.33	50 000	489.8	489.7	No aplica	489.7	No aplica
60	588.40	60 000	588.6	588.5	No aplica	588.5	No aplica
70	686.46	70 000	687.1	687.3	No aplica	687.2	No aplica
80	784.53	80 000	785.5	786.3	No aplica	785.7	No aplica
Indicación después de carga :			0.00	0.00	0.00	0.00	No aplica

ESCALA : 1000.00 **kN** Incertidumbre del patrón: 0.086 %

Indicación de la máquina (Fi)			Cálculo de errores relativos				Resolución
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
%	kN	kgf	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	98.07	10 000	**0.60**	**0.40**	No aplica	No aplica	0.10
20	196.13	20 000	0.60	0.09	No aplica	No aplica	0.05
30	294.20	30 000	0.46	0.09	No aplica	No aplica	0.03
40	392.27	40 000	0.22	0.02	No aplica	No aplica	0.03
50	490.33	50 000	0.12	0.02	No aplica	No aplica	0.02
60	588.40	60 000	-0.03	0.01	No aplica	No aplica	0.02
70	686.46	70 000	-0.11	0.03	No aplica	No aplica	0.01
80	784.53	80 000	-0.17	0.10	No aplica	No aplica	0.01
Error de cero fo (%)			0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx.(0) = 000

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "FUERZA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224 997 045 343 961 739 849 955 851 191 ventasag4ingenieria@gmail.com ventas@ag4im.com www.ag4ingenieria.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-133-2021

CLASIFICACIÓN DE **MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS**

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA 101972.0 kgf

Error de exactitud	**0.60 %**	Error de cero	0
Error de repetibilidad	**0.40 %**	Error por accesorios	0 %
Error de Reversibilidad	No aplica	Resolución	0.05 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-I, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 101 972 kgf Ascendente

TRAZABILIDAD

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L., asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados por la Pontifica Universidad Catolica de Peru.

OBSERVACIONES .

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .

2.El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).

3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).

4.Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.

5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA FUERZA

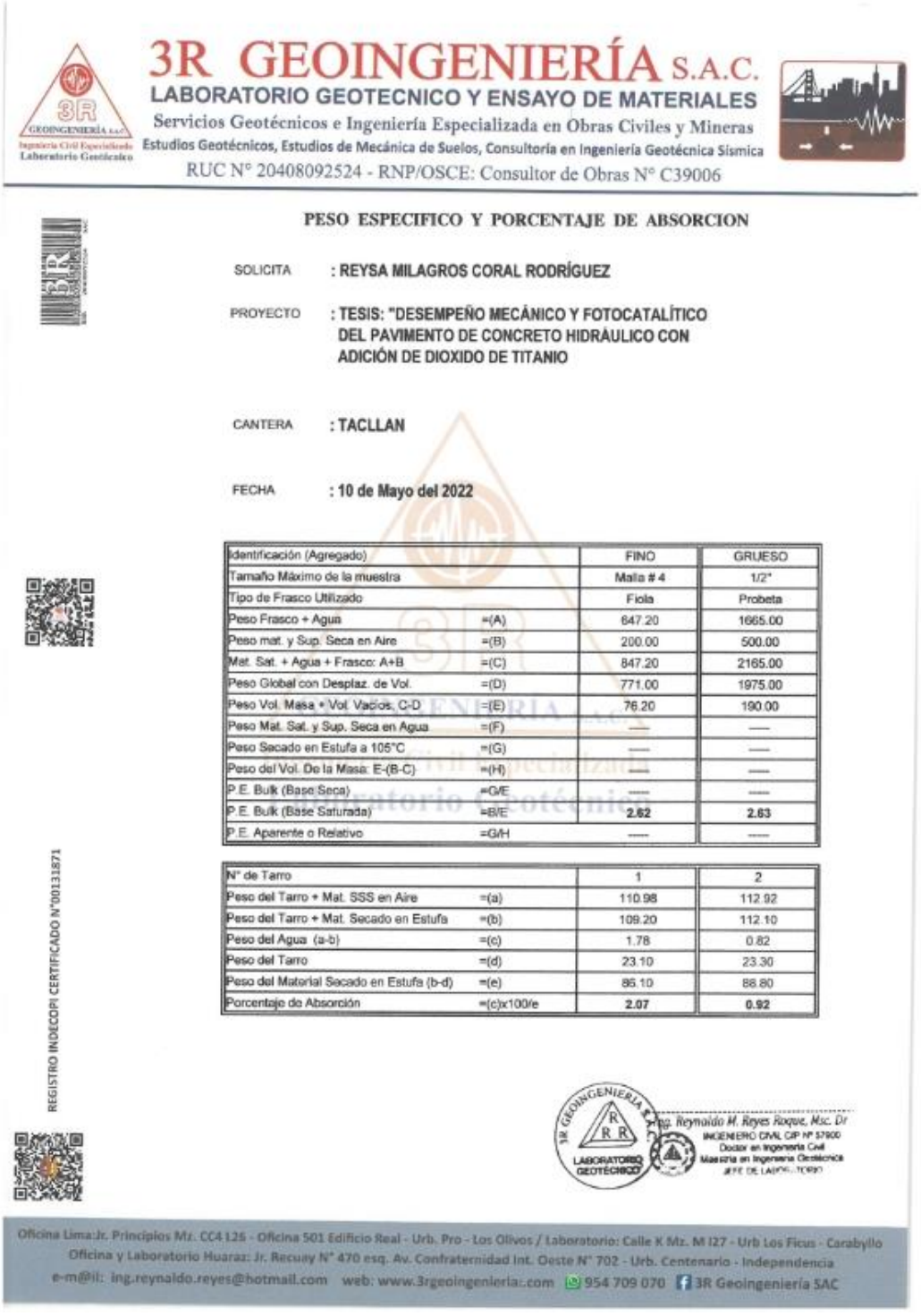
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224 997 045 343 961 739 849 955 851 191 ventasag4ingenieria@gmail.com ventas@ag4im.com www.ag4ingenieria.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 6

Reporte de ensayos de laboratorio de los agregados



3R GEOINGENIERÍA S.A.C.
LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES
Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO : TESIS: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIOXIDO DE TITANIO

CANTERA : TACLLAN

FECHA : 10 de Mayo del 2022

Identificación (Agregado)		FINO	GRUESO
Tamaño Máximo de la muestra		Malla # 4	1/2"
Tipo de Frasco Utilizado		Fiola	Probeta
Peso Frasco + Agua	=(A)	647.20	1665.00
Peso mat. y Sup. Seca en Aire	=(B)	200.00	500.00
Mat. Sat. + Agua + Frasco: A+B	=(C)	847.20	2165.00
Peso Global con Desplaz. de Vol.	=(D)	771.00	1975.00
Peso Vol. Masa + Vol. Vacios. C-D	=(E)	76.20	190.00
Peso Mat. Sat. y Sup. Seca en Agua	=(F)	----	----
Peso Secado en Estufa a 105°C	=(G)	----	----
Peso del Vol. De la Masa: E-(B-C)	=(H)	----	----
P.E. Bulk (Base Seca)	=G/E	----	----
P.E. Bulk (Base Saturada)	=B/E	**2.62**	**2.63**
P.E. Aparente o Relativo	=G/H	----	----

N° de Tarro		1	2
Peso del Tarro + Mat. SSS en Aire	=(a)	110.98	112.92
Peso del Tarro + Mat. Secado en Estufa	=(b)	109.20	112.10
Peso del Agua (a-b)	=(c)	1.78	0.82
Peso del Tarro	=(d)	23.10	23.30
Peso del Material Secado en Estufa (b-d)	=(e)	86.10	88.80
Porcentaje de Absorción	=(c)x100/e	**2.07**	**0.92**

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00133871

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

SOLICITA	: REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ		
PROYECTO	: TESIS: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIOXIDO DE TITANIO	CANTERA	: TACLLAN
		FECHA	: 10 de Mayo del 2022

PESO UNITARIO FINO - ARENA GRUESA

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	5251.00	5259.00	5257.00	5455.00	5458.00	5456.00
PESO DEL MOLDE	3908.00	3908.00	3908.00	3908.00	3908.00	3908.00
PESO DEL MATERIAL	1343.00	1351.00	1349.00	1547.00	1550.00	1548.00
VOLUMEN DEL MOLDE	936.83	936.83	936.83	936.83	936.83	936.83
PESO UNITARIO	1.434	1.442	1.440	1.651	1.655	1.652
PESO UNITARIO PROMEDIO		**1.439**			**1.653**	

PESO UNITARIO GRUESO - PIEDRA CHANCADA

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	5217.00	5225.00	5219.00	5383.00	5394.00	5381.00
PESO DEL MOLDE	3908.00	3908.00	3908.00	3908.00	3908.00	3908.00
PESO DEL MATERIAL	1309.00	1317.00	1311.00	1475.00	1486.00	1473.00
VOLUMEN DEL MOLDE	936.83	936.83	936.83	936.83	936.83	936.83
PESO UNITARIO	1.397	1.406	1.399	1.574	1.586	1.572
PESO UNITARIO PROMEDIO		**1.401**			**1.578**	

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima:Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabyllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingenieria SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

SOLICITA	: REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ		
PROYECTO	: TESIS: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIOXIDO DE TITANIO	CANTERA	: TACLLAN
		FECHA	: 10 de Mayo del 2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

POZO		C-01			C-02			
MUESTRA		MA-01 (A. Fino)			MA-01 (A. Grueso)			
PROFUNDIDAD (m)		———			———			
FRASCO N°		1	2		3	4		
(1) Pfr + P.S.H. (gr)		141.04	152.90		193.06	198.45		
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)		134.70	146.41		192.66	198.03		
(3) Pagua (gr)	(1) - (2)	6.34	6.49		0.40	0.42		
(4) Pfr (gr)		16.10	19.04		49.70	40.10		
(5) P.S.S. (gr)	(2) - (4)	118.60	127.37		142.96	157.93		
(6) C. Humedad (%)	(3) / (5)	5.35	5.09		0.28	0.27		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO		5.22%			0.27%			

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

Reynaldo M. Reyes Roque, MSC. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima:Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabyllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

SOLICITA	: REYSA MILAGROS CORAL RODRIGUEZ		
PROYECTO	: TESIS: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIOXIDO DE TITANIO	CANTERA	: TACLLAN PIEDRA CHANCADA
		FECHA	: 10 de Mayo del 2022

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

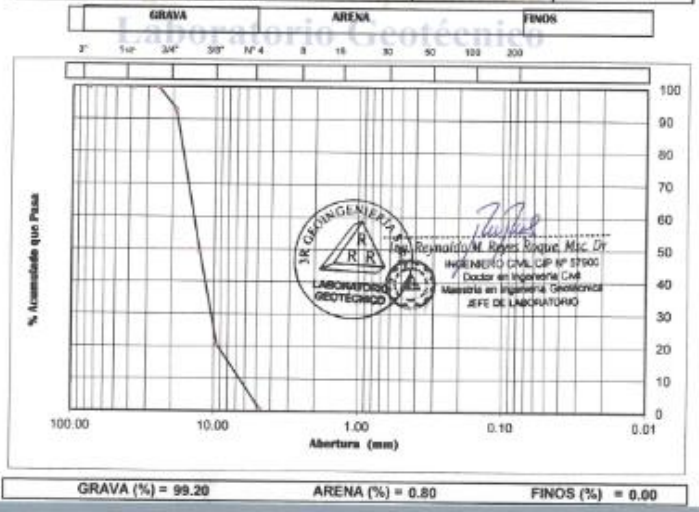
CLASIFICACION ASTM C-33

TM= 1/4"

PESO INICIAL SECO : 1723.00 grs — % QUE PASA MALLA No 200 : 0.00

PESO LAVADO SECO : 1714.00 grs — % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	117.10	6.80	6.80	93.20
1/2"	12.700	754.40	43.78	50.58	49.42
3/8"	9.525	498.70	28.94	79.52	20.48
No 4	4.760	339.00	19.67	99.20	0.80
No 8	2.380	4.70	0.27		
No 16	1.190	0.10	0.01		
No 30	0.590	0.00	0.00		
No 50	0.297	0.00	0.00		
No 100	0.149	0.00	0.00		
No 200	0.074	0.00	0.00		
> No 200	0.000	0.00	0.00		
TOTAL		1714.00	99.48		



Ing. Reynaldo M. Reyes Roque Msc. Dr.
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

GRAVA (%) = 99.20 **ARENA (%) = 0.80** **FINOS (%) = 0.00**

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima:Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabyllo

Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia

e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria:.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

SOLICITA	: REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ		
PROYECTO	: TESIS: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIOXIDO DE TITANIO	CANTERA	: TACLLAN
			ARENA GRUESA
		FECHA	: 10 de Mayo del 2022

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

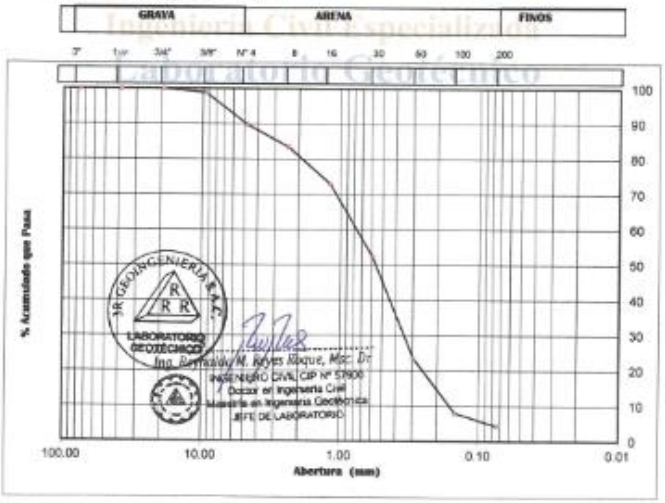
CLASIFICACION ASTM C-33

PESO INICIAL SECO : 1500.00 grs — % QUE PASA MALLA No 200 : 4.33

PESO LAVADO SECO : 1439.00 grs — % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	17.80	1.19	1.19	98.81
No 4	4.760	135.40	9.03	10.21	89.79
No 8	2.380	97.00	6.47	16.68	83.32
No 16	1.190	155.40	10.36	27.04	72.96
No 30	0.590	308.80	20.59	47.63	52.37
No 50	0.297	431.70	28.78	76.41	23.59
No 100	0.149	232.60	15.51	91.91	8.09
No 200	0.074	56.40	3.76	95.67	4.33
> No 200	0.000	3.90	0.26	95.93	
TOTAL		1439.00	95.93		

Nota: Límite máximos de finos = 5%



GRAVA (%) = 10.21	ARENA (%) = 85.46	FINOS (%) = 4.33

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

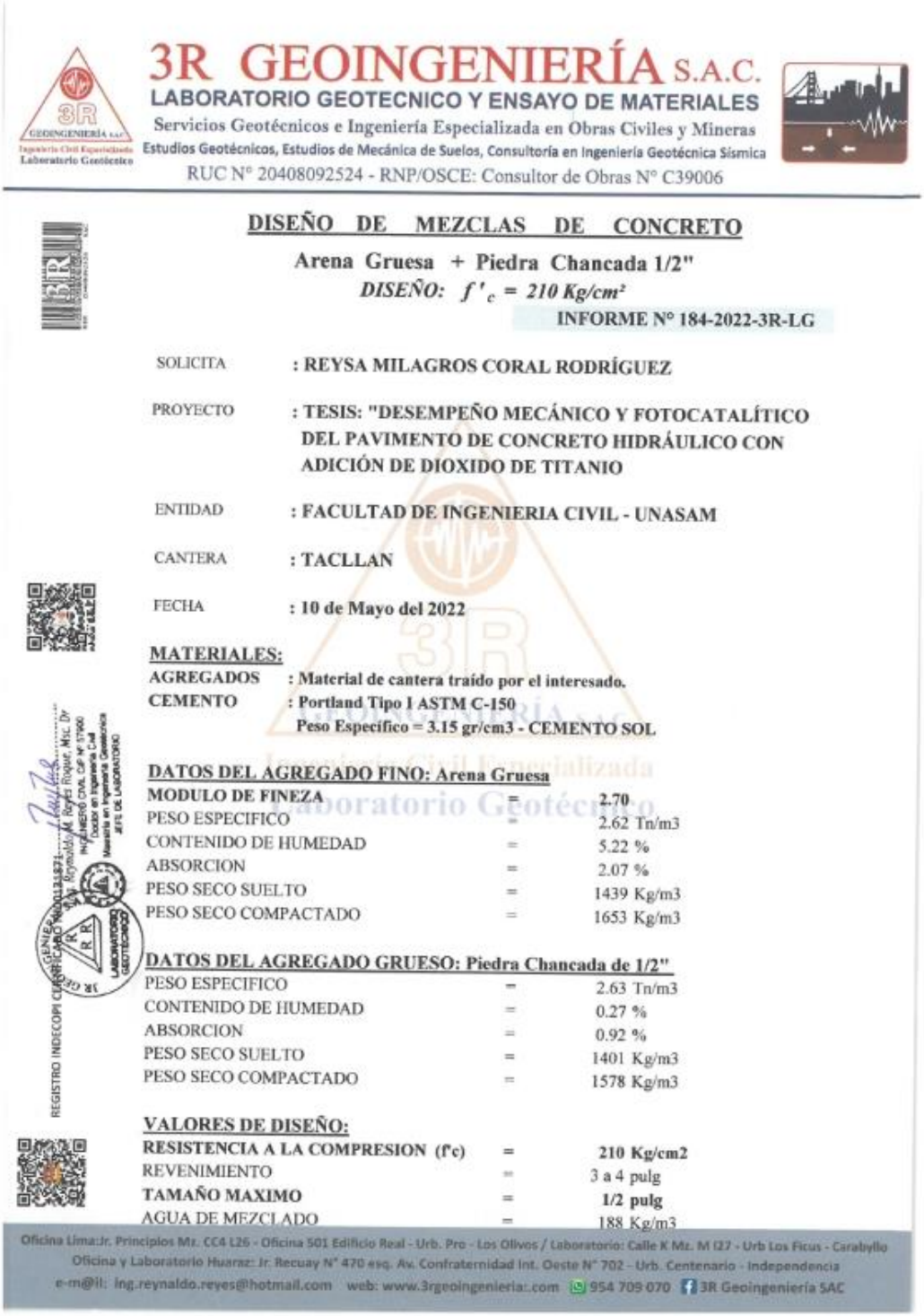
REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima:Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabyllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 7

Diseño de mezclas



3R GEOINGENIERÍA S.A.C.
LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES
Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

Arena Gruesa + Piedra Chancada 1/2"

DISEÑO: f'c = 210 Kg/cm²

INFORME N° 184-2022-3R-LG

SOLICITA : **REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ**

PROYECTO : **TESIS: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIOXIDO DE TITANIO**

ENTIDAD : **FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM**

CANTERA : **TACLLAN**

FECHA : **10 de Mayo del 2022**

MATERIALES:

AGREGADOS : **Material de cantera traído por el interesado.**
CEMENTO : **Portland Tipo I ASTM C-150**
Peso Específico = 3.15 gr/cm3 - CEMENTO SOL

DATOS DEL AGREGADO FINO: Arena Gruesa

MODULO DE FINEZA	=	**2.70**
PESO ESPECIFICO	=	2.62 Tn/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD	=	5.22 %
ABSORCION	=	2.07 %
PESO SECO SUELTO	=	1439 Kg/m3
PESO SECO COMPACTADO	=	1653 Kg/m3

DATOS DEL AGREGADO GRUESO: Piedra Chancada de 1/2"

PESO ESPECIFICO	=	2.63 Tn/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD	=	0.27 %
ABSORCION	=	0.92 %
PESO SECO SUELTO	=	1401 Kg/m3
PESO SECO COMPACTADO	=	1578 Kg/m3

VALORES DE DISEÑO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)	=	**210 Kg/cm2**
REVENIMIENTO	=	3 a 4 pulg
TAMAÑO MAXIMO	=	**1/2 pulg**
AGUA DE MEZCLADO	=	188 Kg/m3

Oficina Lima:Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabyllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Factor de Seguridad	=	85	
f'cr = f'c + Factor de Seguridad	=	295 Kg/cm2	
AIRE TOTAL (%)	=	1.50	
RELACION A/C	=	0.46	
CONTENIDO DE CEMENTO	=	408.7 Kg/m3 =	9.6 bls.
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	=	0.55 M3	
CONTENIDO DE AGREG. GRUESO	=	862.2 Kg.	
PESO DEL CONCRETO	=	2345.0 Kg/m3	
CONTENIDO DE AGREG. FINO	=	886.1 Kg.	
AJUSTE POR HUMEDAD:			
AGREGADO GRUESO	=	864.5 Kg.	
AGREGADO FINO	=	932.4 Kg.	
AGUA DE MEZCLA NETA:			
AGUA EN EL AGREG. GRUESO	=	-5.6 Kg.	
AGUA EN EL AGREG. FINO	=	29.4 Kg.	
AGUA DE MEZCLADO NETA	=	164.2 Kg.	

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 DE CONCRETO Y PROPORCIONES

DOSIFICACION EN PESO RESULTANTE:

Cemento	*408.7* Kg. =	*9.6*	**Bolsas**
Agregado Grueso	*864.5* Kg.		
Agregado Fino	*932.4* Kg.		
Agua de Mezclado	*164.2* Kg.		

DOSIFICACION EN VOLUMEN RESULTANTE:

Cemento	*408.7* Kg. =	*9.6*	**bls =**	0.272 M3
Agregado Grueso	*0.62* M3			
Agregado Fino	*0.62* M3			
Agua de Mezclado	*0.164* M3 =	164.2 Lts.		

La proporción será:

Cemento	=	**1.0**
Agregado Grueso - Piedra Chancada 1/2"	=	**2.2**
Agregado Fino - Arena Gruesa	=	**2.2**

Recomendaciones:

- Lavar el agregado fino, hasta obtener el porcentaje permisible de finos.
- Zarandear el agregado grueso, hasta obtener el tamaño máximo del diseño.

3R GEOINGENIERIA S.A.C. LABORATORIO GEOTECNICO

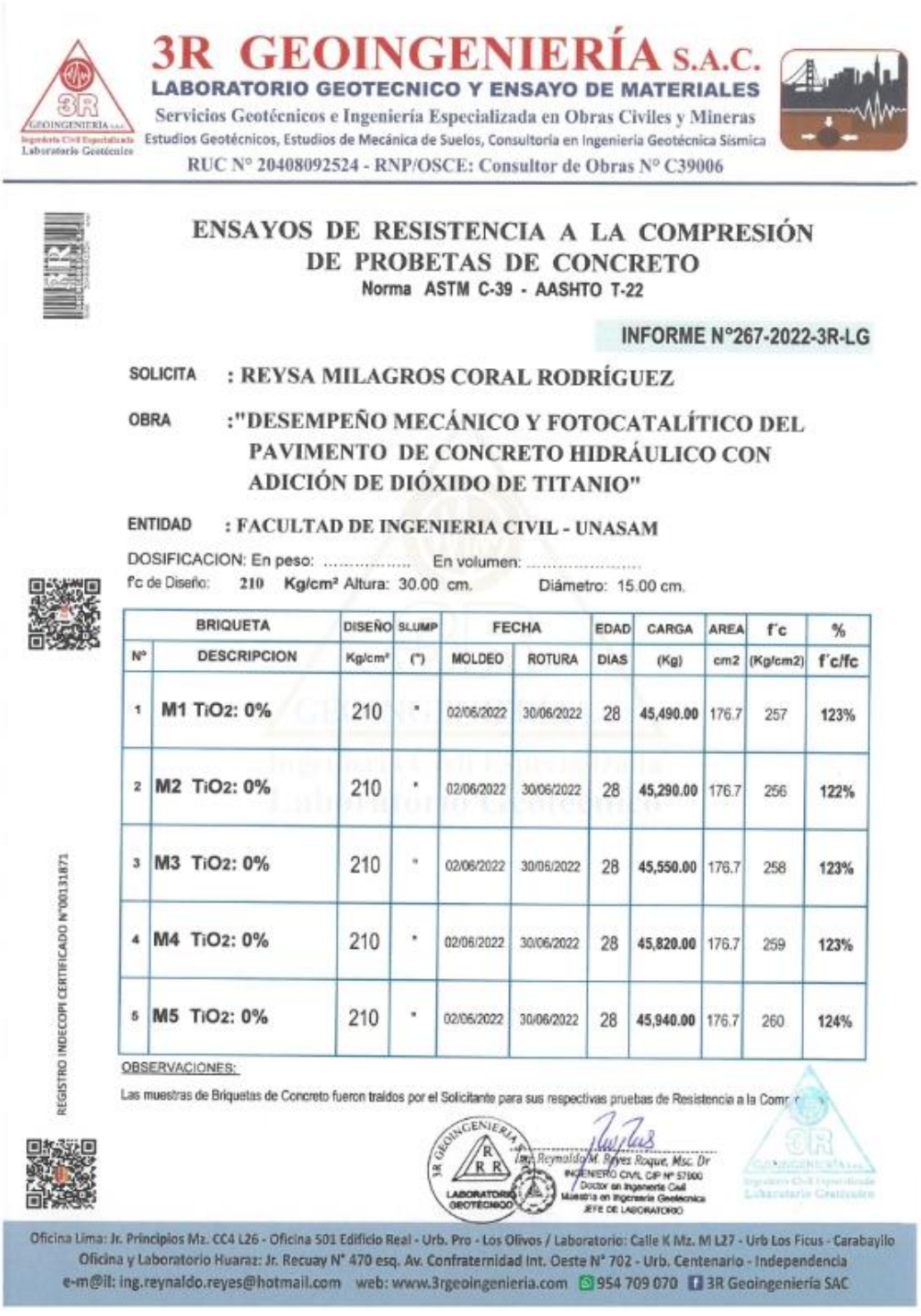
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 8

Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de probetas de concreto



3R GEOINGENIERÍA S.A.C.
LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES
Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO
Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....
f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M1 TiO2: 0%	210	"	02/06/2022	30/06/2022	28	45,490.00	176.7	257	123%
2	M2 TiO2: 0%	210	"	02/06/2022	30/06/2022	28	45,290.00	176.7	256	122%
3	M3 TiO2: 0%	210	"	02/06/2022	30/06/2022	28	45,550.00	176.7	258	123%
4	M4 TiO2: 0%	210	"	02/06/2022	30/06/2022	28	45,820.00	176.7	259	123%
5	M5 TiO2: 0%	210	"	02/06/2022	30/06/2022	28	45,940.00	176.7	260	124%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traídos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Comp

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57500
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M6	210	"	08/06/2022	22/06/2022	14	41,790.00	176.7	236	113%
2	M7	210	"	08/06/2022	22/06/2022	14	41,900.00	176.7	237	113%
3	M8	210	"	08/06/2022	22/06/2022	14	42,664.00	176.7	241	115%
4	M9	210	"	08/06/2022	22/06/2022	14	40,800.00	176.7	231	110%
5	M10	210	"	08/06/2022	22/06/2022	14	40,740.00	176.7	231	110%

OBSERVACIONES

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traídos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compr...

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

3R GEOINGENIERIA S.A.C. LABORATORIO GEOTÉCNICO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: **210** **Kg/cm²** Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M11	210	"	11/06/2022	18/06/2022	7	37,830.00	176.7	214	102%
2	M12	210	"	11/06/2022	18/06/2022	7	37,030.00	176.7	210	100%
3	M13	210	"	11/06/2022	18/06/2022	7	38,700.00	176.7	219	104%
4	M14	210	"	11/06/2022	18/06/2022	7	37,320.00	176.7	211	101%
5	M15	210	"	11/06/2022	18/06/2022	7	38,240.00	176.7	216	103%

OBSERVACIONES

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traídos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compr...

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f´c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f´c/fc
1	M16	210	"	21/06/2022	19/07/2022	28	50,580.00	176.7	286	136%
2	M17	210	"	21/06/2022	19/07/2022	28	49,010.00	176.7	277	132%
3	M18	210	"	21/06/2022	19/07/2022	28	50,380.00	176.7	285	136%
4	M19	210	"	21/06/2022	19/07/2022	28	50,640.00	176.7	287	136%
5	M20	210	"	21/06/2022	19/07/2022	28	50,040.00	176.7	283	135%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compr...

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle X Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: **210** **Kg/cm²** Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M21 TiO2:3%	210	"	23/06/2022	07/07/2022	14	50,130.00	176.7	284	135%
2	M22 TiO2:3%	210	"	23/06/2022	07/07/2022	14	50,170.00	176.7	284	135%
3	M23 TiO2:3%	210	"	23/06/2022	07/07/2022	14	50,660.00	176.7	287	137%
4	M24 TiO2:3%	210	"	23/06/2022	07/07/2022	14	49,270.00	176.7	279	133%
5	M25 TiO2:3%	210	"	23/06/2022	07/07/2022	14	49,240.00	176.7	279	133%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Comp...

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57500
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: **210** **Kg/cm²** Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
Nº	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M26 TiO2:3%	210	"	06/07/2022	13/07/2022	7	46,430.00	176.7	263	125%
2	M27 TiO2:3%	210	"	06/07/2022	13/07/2022	7	47,610.00	176.7	269	128%
3	M28 TiO2:3%	210	"	06/07/2022	13/07/2022	7	47,580.00	176.7	269	128%
4	M29 TiO2:3%	210	"	06/07/2022	13/07/2022	7	46,900.00	176.7	265	126%
5	M30 TiO2:3%	210	"	06/07/2022	13/07/2022	7	46,790.00	176.7	265	126%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Comp

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M31 TiO:6%	210	"	14/07/2022	11/08/2022	28	56,080.00	176.7	317	151%
2	M32 TiO:6%	210	"	14/07/2022	11/08/2022	28	55,650.00	176.7	315	150%
3	M33 TiO:6%	210	"	14/07/2022	11/08/2022	28	57,540.00	176.7	326	155%
4	M34 TiO:6%	210	"	14/07/2022	11/08/2022	28	56,500.00	176.7	320	152%
5	M35 TiO:6%	210	"	14/07/2022	11/08/2022	28	55,830.00	176.7	316	150%

OBSERVACIONES

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compresión.

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. CIP
INGENIERO CIVIL CIP N° 5759
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M36 TiO:6%	210	"	20/07/2022	03/08/2022	14	41,340.00	176.7	283	111%
2	M37 TiO:6%	210	"	20/07/2022	03/08/2022	14	41,000.00	176.7	292	110%
3	M38 TiO:6%	210	"	20/07/2022	03/08/2022	14	40,960.00	176.7	310	110%
4	M39 TiO:6%	210	"	20/07/2022	03/08/2022	14	39,260.00	176.7	291	106%
5	M40 TiO:6%	210	"	20/07/2022	03/08/2022	14	40,900.00	176.7	300	110%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compresión.

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M36 TiO:6%	210	"	12/07/2022	19/07/2022	7	33,253.00	176.7	288	128%
2	M37 TiO:6%	210	"	12/07/2022	19/07/2022	7	33,018.00	176.7	287	127%
3	M38 TiO:6%	210	"	12/07/2022	19/07/2022	7	32,991.00	176.7	287	127%
4	M39 TiO:6%	210	"	12/07/2022	19/07/2022	7	33,192.00	176.7	288	137%
5	M40 TiO:6%	210	"	12/07/2022	19/07/2022	7	33,216.00	176.7	256	122%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compresión

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle X Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingenieria SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f'c/fc
1	M46 TiO:9%	210	"	27/07/2022	24/08/2022	28	81,433.24	176.7	461	219%
2	M47 TiO:9%	210	"	27/07/2022	24/08/2022	28	79,685.48	176.7	451	215%
3	M48 TiO:9%	210	"	27/07/2022	24/08/2022	28	78,696.37	176.7	445	212%
4	M49 TiO:9%	210	"	27/07/2022	24/08/2022	28	78,384.34	176.7	444	211%
5	M50 TiO:9%	210	"	27/07/2022	24/08/2022	28	80,774.52	176.7	457	218%

OBSERVACIONES

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compresión

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 51900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f´c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f´c/fc
1	M51 TiO:9%	210	"	16/08/2022	30/08/2022	14	74,858.22	176.7	424	202%
2	M52 TiO:9%	210	"	16/07/2022	30/07/2022	14	75,811.64	176.7	429	204%
3	M53 TiO:9%	210	"	16/07/2022	30/07/2022	14	74,993.84	176.7	424	202%
4	M54 TiO:9%	210	"	16/07/2022	30/07/2022	14	74,830.68	176.7	423	202%
5	M55 TiO:9%	210	"	16/07/2022	30/07/2022	14	77,005.70	176.7	436	208%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compresión

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingenieria SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N°267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

OBRA :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

ENTIDAD : FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNASAM

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm² Altura: 30.00 cm. Diámetro: 15.00 cm.

BRIQUETA		DISEÑO	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f´c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Kg)	cm2	(Kg/cm2)	f´c/fc
1	M56 TiO:9%	210	"	04/08/2022	11/08/2022	7	61,830.00	176.7	350	167%
2	M57 TiO:9%	210	"	04/08/2022	11/08/2022	7	59,130.00	176.7	335	159%
3	M58 TiO:9%	210	"	04/08/2022	11/08/2022	7	63,050.00	176.7	357	170%
4	M59 TiO:9%	210	"	04/08/2022	11/08/2022	7	61,950.00	176.7	351	167%
5	M60 TiO:9%	210	"	04/08/2022	11/08/2022	7	60,943.00	176.7	345	164%

OBSERVACIONES:

Las muestras de Briquetas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas de Resistencia a la Compresión.

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Mg. D.
INGENIERO CIVIL CIP N° 57090
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 9

Resultados de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto en vigas

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

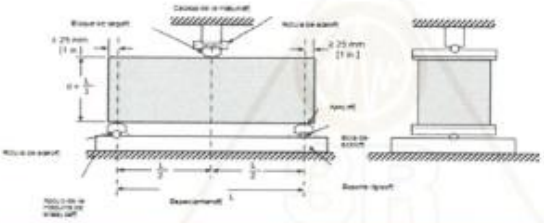
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

F'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura Mr
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
1	V01	TiO2-0 %	210.00	10/08/2022	07/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	3,328.0	56.0
2	V02		210.00	10/08/2022	07/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	3,312.0	58.6
3	V03		210.00	10/08/2022	07/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,998.0	59.6
4	V04		210.00	10/08/2022	07/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	3,001.0	58.7
5	V05		210.00	10/08/2022	07/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	3,271.0	59.7

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotecnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

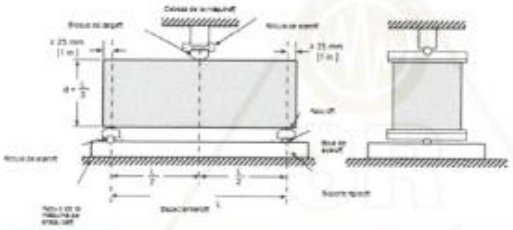
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
6	V06	TiO2-0 %	210.00	11/08/2022	25/08/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,728.0	38.4
7	V07		210.00	11/08/2022	25/08/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,627.0	36.2
8	V08		210.00	11/08/2022	25/08/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,825.0	40.6
9	V09		210.00	11/08/2022	25/08/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,824.0	40.5
10	V10		210.00	11/08/2022	25/08/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,802.0	40.0

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoria en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

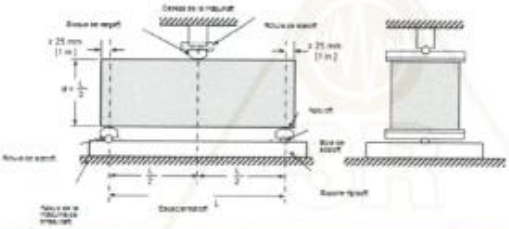
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
11	V11	TiO2-0 %	210.00	12/08/2022	19/08/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,002.0	22.3
12	V12		210.00	15/08/2022	22/08/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,002.0	22.3
13	V13		210.00	15/08/2022	22/08/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,025.0	22.8
14	V14		210.00	15/08/2022	22/08/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,201.0	26.7
15	V15		210.00	15/08/2022	22/08/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,190.0	26.4

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

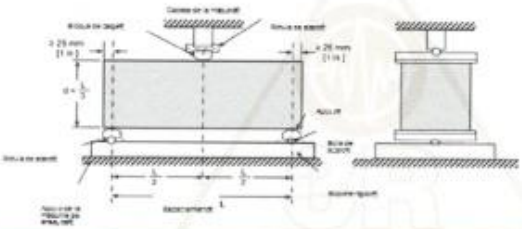
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura Mr
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
1	V16	TiO2-3 %	210.00	17/08/2022	14/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,650.0	62.9
2	V17		210.00	17/08/2022	14/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,530.0	61.2
3	V18		210.00	17/08/2022	14/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,880.0	62.0
4	V19		210.00	17/08/2022	14/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,760.0	62.3
5	V20		210.00	17/08/2022	14/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,090.0	66.4

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

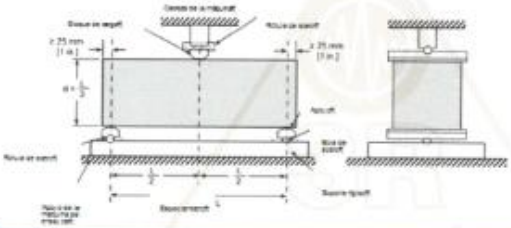
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
6	V21	TiO2-3 %	210.00	22/08/2022	05/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	2,001.0	44.5
7	V22		210.00	22/08/2022	05/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	2,826.0	62.8
8	V23		210.00	22/08/2022	05/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	2,015.0	44.8
9	V24		210.00	22/08/2022	05/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	2,001.0	44.5
10	V25		210.00	22/08/2022	05/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,995.0	44.3

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

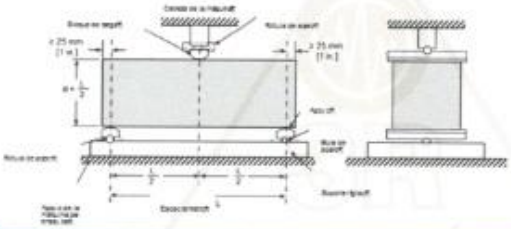
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
11	V26	TiO2-3 %	210.00	25/08/2022	01/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	**992.0**	26.0
12	V27		210.00	25/08/2022	01/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	**999.0**	27.2
13	V28		210.00	25/08/2022	01/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	**892.0**	27.8
14	V29		210.00	25/08/2022	01/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	**899.0**	26.0
15	V30		210.00	25/08/2022	01/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	**826.0**	28.4

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

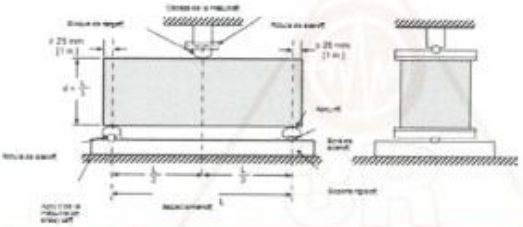
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura Mr
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
1	V31	TiO2-6 %	210.00	18/08/2022	15/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,270.0	44.5
2	V32		210.00	18/08/2022	15/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,570.0	62.8
3	V33		210.00	18/08/2022	15/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,300.0	44.8
4	V34		210.00	18/08/2022	15/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,430.0	44.5
5	V35		210.00	18/08/2022	15/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,260.0	44.3

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M LZ7 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

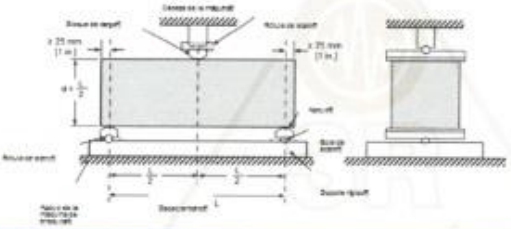
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
6	V36	TiO2-6 %	210.00	23/08/2022	06/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,826.0	62.9
7	V37		210.00	23/08/2022	06/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,872.0	61.2
8	V38		210.00	23/08/2022	06/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,599.0	62.0
9	V39		210.00	23/08/2022	06/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,594.0	62.3
10	V40		210.00	23/08/2022	06/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,802.0	66.4

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

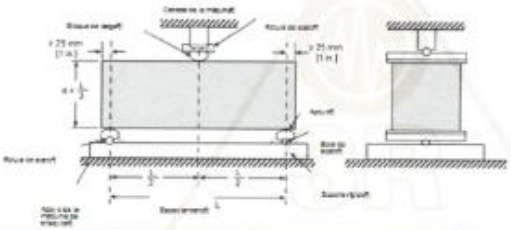
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
11	V41	TiO2-6 %	210.00	26/08/2022	02/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,459.0	32.4
12	V42		210.00	26/08/2022	02/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,482.0	32.9
13	V43		210.00	26/08/2022	02/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,409.0	31.3
14	V44		210.00	26/08/2022	02/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,399.0	31.1
15	V45		210.00	26/08/2022	02/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,389.0	30.9

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00133871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

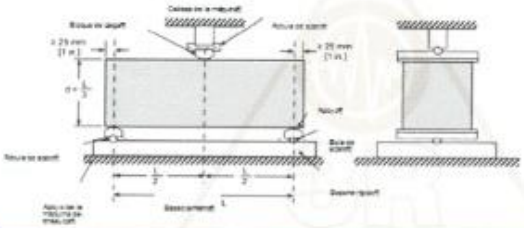
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura Mr
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
1	V46	TiO2-9 %	210.00	19/08/2022	16/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,650.0	64.9
2	V47		210.00	19/08/2022	16/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,720.0	65.4
3	V48		210.00	19/08/2022	16/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,820.0	63.4
4	V49		210.00	19/08/2022	16/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	1,970.0	70.8
5	V50		210.00	19/08/2022	16/09/2022	28	15.00	15.00	50.00	2,490.0	63.3

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

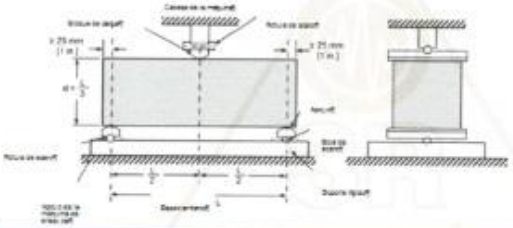
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

f'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
6	V51	TiO2-9 %	210.00	24/08/2022	07/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,982.0	48.0
7	V52		210.00	24/08/2022	07/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,893.0	52.1
8	V53		210.00	24/08/2022	07/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,829.0	51.6
9	V54		210.00	24/08/2022	07/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,902.0	52.3
10	V55		210.00	24/08/2022	07/09/2022	14	15.00	15.00	50.00	1,852.0	51.2

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M LZ7 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO

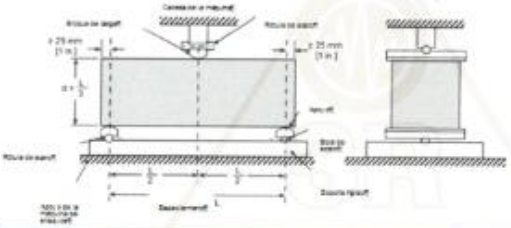
Norma MTC E 711 - NTP 333.079

INFORME N° 267-2022-3R-LG

SOLICITA : REYSA MILAGROS CORAL RODRÍGUEZ

PROYECTO :"DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANEO"

F'c de Diseño: 175.00 Kg/cm² Altura: 15.00 cm. Ancho: 15.00 cm. Longitud : 50.00 cm



$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

VIGAS DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO (b)	ALTO (h)	LONGITUD (L)	CARGA (P)	Modulo de Rotura
N°	PROBETA	DISEÑO	Kg/cm²	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm²)
11	V56	TiO2-9 %	210.00	29/08/2022	05/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,524.0	33.9
12	V57		210.00	30/08/2022	06/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,620.0	36.0
13	V58		210.00	31/08/2022	07/09/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,592.0	35.4
14	V59		210.00	01/08/2022	08/08/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,582.0	35.2
15	V60		210.00	02/08/2022	09/08/2022	7	15.00	15.00	50.00	1,723.0	38.3

OBSERVACIONES:

- Las muestras de Vigas de Concreto fueron traidos por el Solicitante para sus respectivas pruebas.
- La interpretacion de los resultados sera responsabilidad del solicitante

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Doctor en Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Civil
JEFE DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M L27 - Urb Los Ficus - Carabayllo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

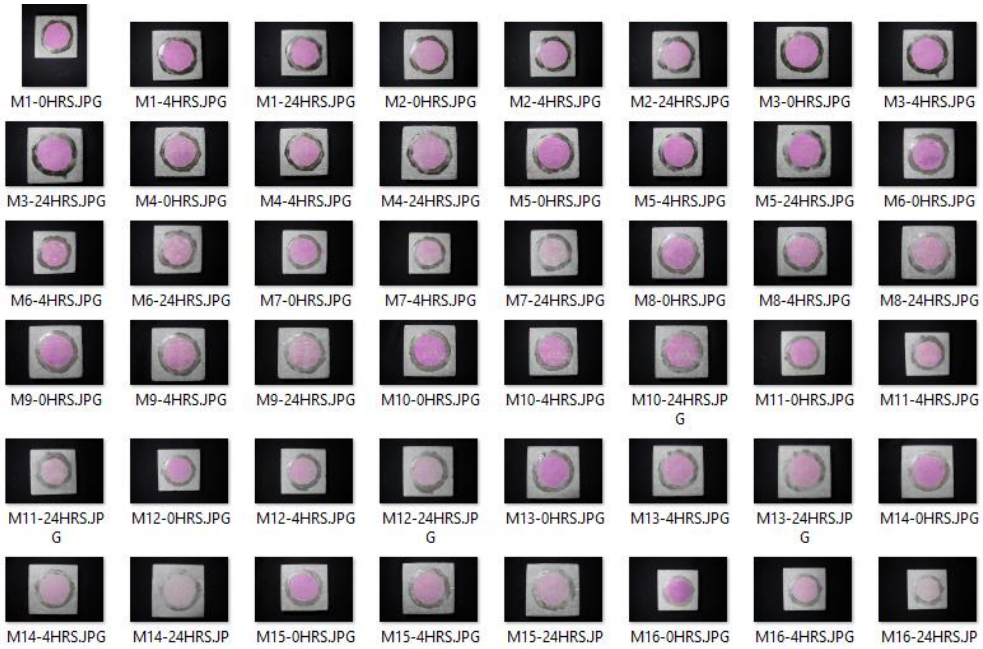
Anexo 10

Procedimiento típico para la obtención de los factores R_4 y R_{24}

Una vez obtenidas las fotografías de los especímenes a las 0, 4 y 24 horas, se dio la nomenclatura adecuada a cada una de ellas para poder identificarlas en el software, en la Ilustración 1 se muestra la organización de gran parte de las fotografías generadas en la presente investigación.

Ilustración 1

Nomenclatura de las fotografías del ensayo de Rodamina B

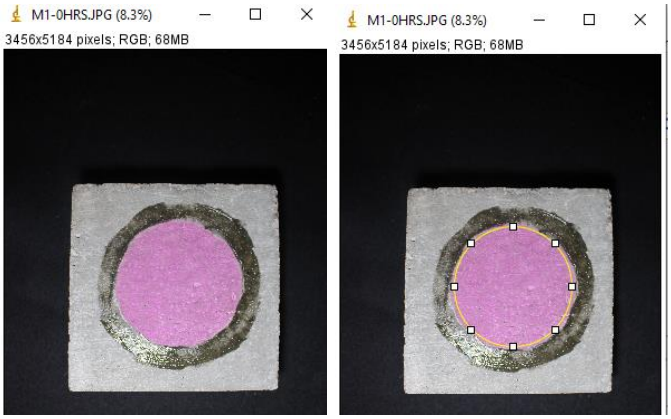


A continuación, se inició el software ImageJ. La secuencia a seguir para ingresar una fotografía fue: File/Open/*Seleccionar fotografía*/Abrir. Y la fotografía apareció en la ventana mostrada en la Ilustración 2. En paralelo se mantuvo abierta la ventana de herramientas, donde se seleccionó “elliptical or brush selctions” que nos permitió dibujar la figura geométrica sobre la fotografía (Ilustración 2), definiendo el área de donde se extrajeron las coordenadas RGB.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Ilustración 2

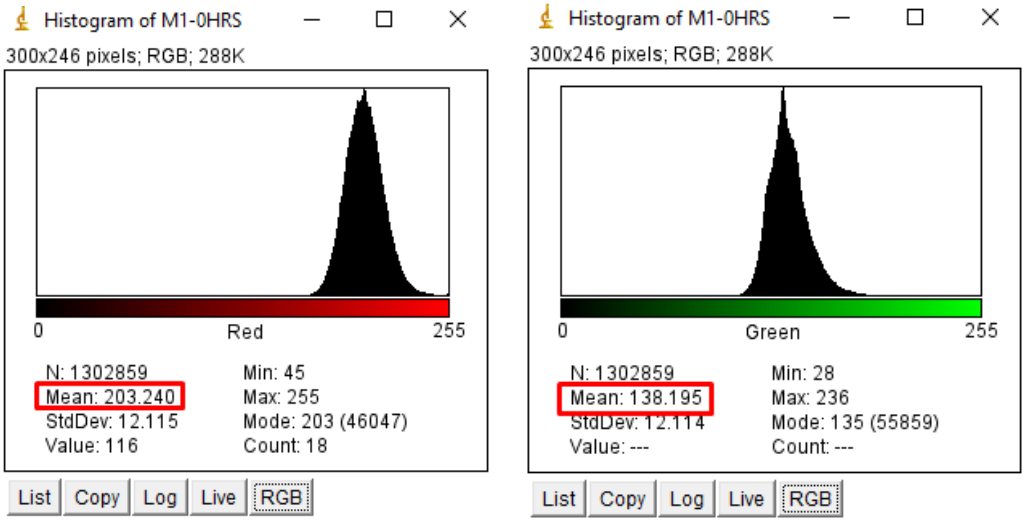
Fotografías en el software ImageJ



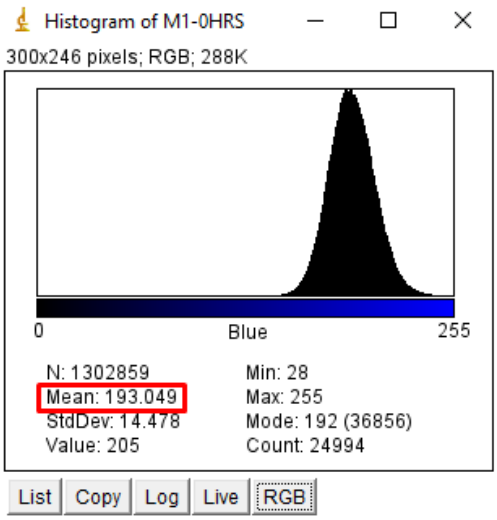
Una vez determinada el área, se volvió a la barra de herramientas y siguió la secuencia: Analyze/Histogram/RGB (3 veces). Hasta ubicar los espacios red, green y blue. Los valores que utilizamos fueron los denominados “mean”.

Ilustración 3

Extracción de las coordenadas RGB



Repositorio Institucional - UNASAM - Perú



Para obtener las coordenadas L*ab, sólo se deberán introducir las coordenadas RGB al convertidor y la coordenada que se anotará será A.

Ilustración 4

*Conversión de las coordenadas RGB a L*a*b**

Todos estos datos fueron introducidos en una hoja Excel. R_4 y R_{24} fueron hallados introduciendo las ecuaciones 7 y 8 de la presente investigación.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 11

Obtención de los valores RGB a través del software ImageJ

	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL **ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**	***UNI 11259***
	PRUEBA DE RODAMINA B	

Investigación: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

TESISTA : CORAL RODRÍGUEZ, Reysa Milagros.	EDAD:	28 días
ASESOR : Ing. DEPAZ BLÁCIDO, Richard Alberto	CANTERA:	Tacllán

Medición colorimétrica de las losetas

Especímen	R0	G0	B0	R4	G4	B4	R24	G24	B24
1	202.85	138.53	192.65	193.8	130.15	182.93	193.056	130.57	182.75
2	190.541	146.756	180.565	188.247	145.905	180.865	188.089	145.531	180.517
3	192.358	131.902	185.044	197.545	137.848	191.312	192.336	132.509	186.716
4	187.094	140.969	177.816	192.238	146.566	181.791	192.265	146.574	181.791
5	189.602	123.98	182.191	193.062	126.894	184.364	188.849	123.432	180.391
6	185.7	128.76	180.35	194.67	145.08	182.98	191.15	153.22	177.98
7	196.866	144.64	189.852	193.759	161.947	184.373	189.207	172.089	183.826
8	187.975	135.145	181.992	183.483	139.169	173.242	182.354	144.447	171.283
9	183.081	128.9	174.88	182.227	137.577	169.689	183.241	152.56	172.44
10	191.49	129.342	186.804	198.355	143.615	188.478	185.078	136.445	174.856
11	195.2	139.21	186.32	194.068	154.69	181.222	182.49	160.25	173.63
12	190.003	142.535	183.379	186.158	154.541	177.473	178.12	157.312	171.372
13	184.28	127.842	179.925	187.43	143.546	176.66	181.122	146.525	170.767
14	187.003	132.279	180.988	181.715	154.029	173.793	174.921	162.782	170.991
15	192.52	141.427	188.458	178.89	140.916	168.388	183.878	156.54	175.412
16	185.16	123.42	180.59	191.24	160.14	181.447	184.8	171.87	179.37
17	190.041	122.592	182.992	200.432	145.927	185.29	192.901	156.483	178.993
18	189.47	136.801	182.971	184.635	153.232	174.426	172.145	156.345	166.205
19	192.46	136.084	184.869	185.277	153.066	176.013	170.752	146.215	162.621
20	187.989	133.938	180.275	175.123	141.664	164.656	175.086	159.457	169.696

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 12

Cálculo de los factores R_4 y R_{24}

	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	***UNI 11259***
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	PRUEBA DE RODAMINA B	

Investigación: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"

TESISTA : CORAL RODRÍGUEZ, Reysa Milagros.		EDAD:	28 días
ASESOR : Ing. DEPAZ BLÁCIDO, Richard Alberto		CANTERA:	Tacllán

Medición colorimétrica de las losetas

Especímen	a0	a4	a24	R4	R24	Observación
1	33.02	32.82	32.3	0.61	2.18	No fotocatalítico
2	22.1	21.8263	21.92	1.24	0.81	No fotocatalítico
3	31.7566	31.378	31.7236	1.19	0.10	No fotocatalítico
4	23.6293	23.01875	23.02	2.58	2.58	No fotocatalítico
5	34.6601	34.609	34.3817	0.15	0.80	No fotocatalítico
6	30.39	24.9	18.26	18.07	39.91	No fotocatalítico
7	27.1481	15.5196	8.2495	42.83	69.61	Fotocatalítico
8	27.923	22.5148	18.79439	19.37	32.69	No fotocatalítico
9	27.75023	22.31587	14.8094	19.58	46.63	No fotocatalítico
10	33.198	27.9684	24.88832	15.75	25.03	No fotocatalítico
11	28.93	19.06	10.49	34.12	63.74	Fotocatalítico
12	24.7718	15.6666	10.1381	36.76	59.07	Fotocatalítico
13	30.3403	22.0826	17.11236	27.22	43.60	Fotocatalítico
14	28.9964	13.6946	5.8967	52.77	79.66	Fotocatalítico
15	27.1893	19.0225	13.3689	30.04	50.83	Fotocatalítico
16	33.2	15.09	5.99	54.55	81.96	Fotocatalítico
17	35.7085	26.84107	17.2611	24.83	51.66	Fotocatalítico
18	27.69492	15.2952	7.5681	44.77	72.67	Fotocatalítico
19	29.4561	15.9057	12.0575	46.00	59.07	Fotocatalítico
20	28.27966	16.5693	7.55048	41.41	73.30	Fotocatalítico

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 13

Procedimiento típico para la obtención de la intensidad ponderada

Una vez obtenidas las fotografías de los especímenes a las 0 y 24 horas, se dio la nomenclatura adecuada a cada una de ellas para poder identificarlas en el software. A continuación, se inició el software ImageJ. La secuencia a seguir para ingresar una fotografía fue: File/Open/*Seleccionar fotografía/*Abrir. Y la fotografía apareció en la ventana mostrada en la 0. En paralelo se mantuvo abierta la ventana de herramientas, donde se seleccionó “rectangle” que nos permitirá dibujar la figura geométrica sobre la fotografía (0), definiendo el área de donde se extraerán las coordenadas RGB.

Ilustración 5

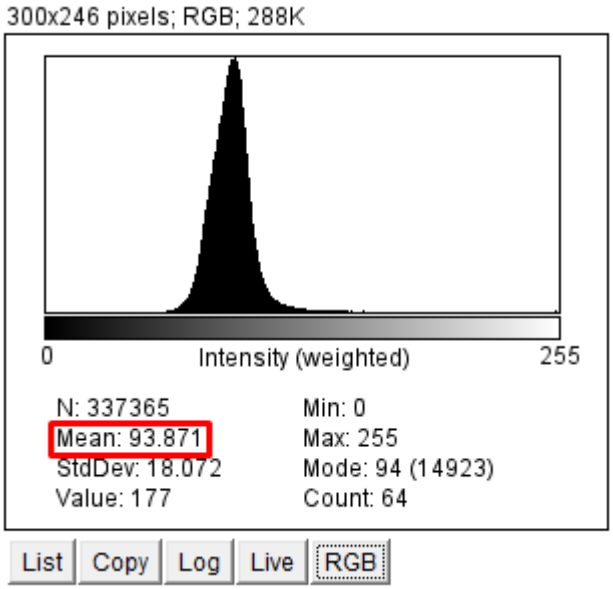
Fotografías introducidas al software ImageJ

Una vez determinada el área, se volvió a la barra de herramientas y seguió la secuencia: Analyze/Histogram/RGB (1 vez). Hasta ubicar el espacio “intensity weighted”. Los valores que utilizaremos serán los denominados “mean”.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Ilustración 6

Extracción del valor de intensidad ponderada



Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Anexo 14

Obtención de valores de intensidad para el ensayo de autolimpieza

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
PRUEBA DE AUTOLIMPIEZA				
Investigación: "DESEMPEÑO MECÁNICO Y FOTOCATALÍTICO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO"				
TESISTA : CORAL RODRÍGUEZ, Reysa Milagros.				
ASESOR : Ing. DEPAZ BLÁCIDO, Richard Alberto				
Medición colorimétrica de las losetas				
Especímen	0 HRS	24 HRS	Diferencia	% variación
1	99.78	140.80	41.02	41.11
2	95.08	138.41	43.34	45.58
3	96.43	139.35	42.92	44.51
4	98.76	137.58	38.82	39.31
5	99.51	138.25	38.74	38.93
6	93.47	167.68	74.21	79.39
7	99.74	176.48	76.74	76.94
8	98.11	162.84	64.73	65.98
9	98.07	169.72	71.65	73.06
10	95.87	174.21	78.34	81.71
11	99.45	179.68	80.23	80.67
12	94.72	181.29	86.57	91.40
13	98.01	177.89	79.88	81.50
14	94.58	180.34	85.76	90.67
15	94.32	182.55	88.23	93.54
16	99.71	189.62	89.91	90.17
17	98.57	194.29	95.72	97.11
18	99.79	193.87	94.08	94.28
19	98.69	194.94	96.25	97.53
20	97.43	195.37	97.94	100.52

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Anexo 15

Comparación de tratamientos por el método de Tukey

Cuadro 9

Comparación de tratamientos por el método de Tukey para los 7 días

Resistencia a la compresión		**Módulo de rotura**	
Tratamientos	*p-valor*	Tratamientos	*p-valor*
6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.534[b]	3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.008[a]
3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.001[a]
6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]
9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.000[a]	6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]
9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]
9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]

Nota.

[a] Significativo.

[b] No significativo.

Cuadro 10

Comparación de tratamientos por el método de Tukey para los 14 días

Resistencia a la compresión		**Módulo de rotura**	
Tratamientos	*p-valor*	Tratamientos	*p-valor*
6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.007[a]	6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.536[b]
3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.319[b]
6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.116[b]
9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.000[a]	6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.019[a]
9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]	3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.005[a]
9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.001[a]

Nota.

[a] Significativo.

[b] No significativo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Cuadro 11

Comparación de tratamientos por el método de Tukey para los 28 días

Resistencia a la compresión		**Módulo de rotura**	
Tratamientos	*p-valor*	Tratamientos	*p-valor*
3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.416[b]
6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]	6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.315[b]
6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.080[b]
9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.000[a]	3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.006[a]
9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]	6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.001[a]
9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]

Nota.

[a] Significativo.

[b] No significativo.

Cuadro 12

Comparación de tratamientos por el método de Tukey para R_4 Y R_{24}

R_4		**R_{24}**	
Tratamientos	*p-valor*	Tratamientos	*p-valor*
3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.002[a]	3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]
6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]
9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]	9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]
6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.040[a]	6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.057[b]
9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.005[a]	9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.007[a]
9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.311[b]	9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.317[b]

Nota.

[a] Significativo.

[b] No significativo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Cuadro 13

Comparación de tratamientos por el método de Tukey para la diferencia de intensidad de color en el ensayo de autolimpieza

Autolimpieza	
Tratamientos	*p-valor*
3% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]
6% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]
9% TiO_2 vs 0% TiO_2	0.000[a]
6% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]
9% TiO_2 vs 3% TiO_2	0.000[a]
9% TiO_2 vs 6% TiO_2	0.000[a]

Nota.

[a] Significativo.

[b] No significativo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú