

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MORTERO FOTOCATALÍTICO CON TIO₂ PARA LA
REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR
EMISIONES PROCEDENTES DE VEHÍCULOS, LIMA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Katherine Lissette Chirinos Peralta

Asesor:

Ing. Dr. Omart Malpartida Tello

Lima - Perú

2019



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Jacqueline y Edward por la educación y los valores inculcados, por enseñarme a luchar por mis metas y estar siempre presentes en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por apoyarme siempre, gracias a ellos estoy en donde estoy. Al Ing. Edwin Aquise por su apoyo y exigencias durante el inicio de este trabajo de investigación.

Al Ing. Dr. Omart Tello, mi asesor, por la orientación y apoyo constante durante el proceso de elaboración de este trabajo de investigación. A la Técnica Edika por apoyarme con los ensayos de laboratorio. A Grecol Perú por apoyarme con los equipos de medición de gases. A la Universidad Privada del Norte y docentes que formaron mi carrera profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	16
RESUMEN.....	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Realidad problemática	19
1.2. Formulación del problema.....	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos.....	21
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos	22
1.4. Hipótesis	22
1.4.1. Hipótesis general	22
1.4.2. Hipótesis específicas.....	22

1.5. Antecedentes.....	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	29
2.2.1. Población	29
2.2.2. Muestra	29
2.3.1. Técnicas	30
2.3.2. Instrumentación	31
2.3.3. Análisis de datos	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	74
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	117
REFERENCIAS.....	121
ANEXOS.....	125
Anexo N°1: Matriz de consistencia	125
Anexo N°2: Validación de Instrumentos (fichas técnicas de recolección de datos).....	126
Anexo N°3: Fichas técnica N°1: Cantidad de gases con los equipos Detectores de gases múltiples QRAE II PGM-2400P y MULTIRAE LITE PGM6208.....	127
Anexo N°4: Ficha técnica N°2: Ensayo de capacidad fotocatalítica con el Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20	139
Anexo N°5: Ficha técnica N°3: Ensayo de compresión con Prensa de concreto F-25EX-F-CPILOT	143
Anexo N°6: Ficha técnica del Cemento.....	145
Anexo N°7: Ficha técnica del dióxido de titanio (TiO ₂).....	147

Anexo N°8: Ficha técnica del colorante Rodamina.....	148
Anexo N°9: Ficha técnica del colorante Azul de metileno.....	150
Anexo N°10: Certificado de calibración del equipo detector de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208.....	151
Anexo N°11: Certificado de calibración del equipo detector de gases múltiples QRAE II PGM- 2400P.....	152
Anexo N°12: Certificado de calibración del equipo del Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20.....	154
Anexo N°13: Certificado de calibración del equipo Prensa de concreto F-25EX-F-CPILOT	155
Anexo N°14: Bases teóricas	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinación del Contenido de Humedad	33
Tabla 2. Determinación de la cantidad de material fino que pasa la malla N° 200	34
Tabla 3. Determinación del análisis granulométrico por tamizado	35
Tabla 4. Determinación del peso unitario suelto.....	36
Tabla 5. Determinación del peso unitario compactado.....	37
Tabla 6. Determinación del peso específico y absorción.....	38
Tabla 7. Materiales por tanda $V_t=0.0012$ m ³ del mortero Simple	42
Tabla 8. Proporciones en volumen y peso del mortero simple	42
Tabla 9. Materiales por tanda $V_t=0.0012$ m ³ del mortero Fotocatalítico.....	44
Tabla 10. Proporciones en volumen y peso del mortero fotocatalítico.....	44
Tabla 11. Dosificación de la muestra M1	44
Tabla 12. Dosificación de la muestra M2	45
Tabla 13. Dosificación de la muestra M3	46
Tabla 14. Dosificación de la muestra M4	46
Tabla 15. Dosificación de la muestra M5	47
Tabla 16. Dosificación de la muestra M6	48
Tabla 17. Lectura de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M1	49
Tabla 18. Lectura de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M1	50
Tabla 19. Lectura de las mediciones del Oxígeno – Muestra M1.....	51
Tabla 20. Lectura de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M1	52
Tabla 21. Lectura de las mediciones del Monóxido de nitrógeno – Muestra M1.....	53
Tabla 22. Lectura de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M1.....	54

Tabla 23. Lectura de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M2.....	56
Tabla 24. Lectura de las mediciones del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M2	57
Tabla 25. Lectura de las mediciones del Oxígeno – Muestra M2.....	58
Tabla 26. Lectura de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M2	59
Tabla 27. Lectura de las mediciones del Monóxido de nitrógeno – Muestra M2.....	60
Tabla 28. Lectura de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M2.....	61
Tabla 29. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M3	63
Tabla 30. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M3.....	64
Tabla 31. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M3.....	65
Tabla 32. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M3.....	65
Tabla 33. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M4	67
Tabla 34. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M4.....	67
Tabla 35. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M4.....	68
Tabla 36. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M4.....	69
Tabla 37. Resistencia a compresión a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M5.	70

Tabla 38. Resistencia a compresión y porcentaje de rendimiento a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M5.....	71
Tabla 39. Resistencia a compresión a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M6.	72
Tabla 40. Resistencia a compresión y porcentaje de rendimiento a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M6.....	72
Tabla 41. Resumen de las lecturas de los gases contaminantes en la urna de vidrio– Muestra M1 y M2	74
Tabla 42. Mediciones promedio del Monóxido de carbono – Muestra M1 y M2	75
Tabla 43. Mediciones promedio del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M1 y M2	76
Tabla 44. Mediciones promedio del Oxígeno – Muestra M1 y M2.....	78
Tabla 45. Mediciones promedio del Dióxido de azufre – Muestra M1 y M2.....	79
Tabla 46. Mediciones promedio del Monóxido de nitrógeno – Muestra M1 y M2.....	81
Tabla 47. Mediciones promedio del Dióxido de carbono – Muestra M1 y M2.....	82
Tabla 48. Porcentaje de variación en los gases – Muestra M1 y M2.....	84
Tabla 49. Prueba T-Student para la variación del Monóxido de carbono en las muestras M1 y M2.....	86
Tabla 50. Prueba T-Student para la variación del Sulfuro de hidrógeno en las muestras M1 y M2.....	87
Tabla 51. Prueba T-Student para la variación del Oxígeno en las muestras M1 y M2.....	88
Tabla 52. Prueba T-Student para la variación del Dióxido de azufre en las muestras M1 y M2.....	89
Tabla 53. Prueba T-Student para la variación del Monóxido de nitrógeno en las muestras M1 y M2.....	90

Tabla 54. Prueba T-Student para la variación del Dióxido de carbono en las muestras M1 y M2.....	91
Tabla 55. Factor R4 de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4.....	91
Tabla 56. Factor R26 de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4...	94
Tabla 57. Prueba de normalidad Shapiro Wilk para los factores R4 y R26 de los colorantes rodamina y azul de metileno	96
Tabla 58. Prueba T-Student para el factor R4 de la rodamina en las muestras M3 y M4	99
Tabla 59. Prueba T-Student para el factor R26 de la rodamina en las muestras M3 y M4 ..	100
Tabla 60. Prueba T-Student para el factor R4 del azul de metileno en las muestras M3 y M4	101
Tabla 61. Prueba T-Student para el factor R26 del azul de metileno en las muestras M3 y M4	103
Tabla 62. Factor R4 promedio de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4.....	103
Tabla 63. Factor R4 promedio de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4.....	104
Tabla 64. Resistencia a la compresión de las muestras M5 y M6 a los 14 días.....	106
Tabla 65. Proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días de las muestras M5 y M6	107
Tabla 66. Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la resistencia a la compresión a los 14 días de las muestras M5 y M6	109
Tabla 67. Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la resistencia a la compresión a los proyectada a los 28 días de las muestras M5 y M6.....	110

Tabla 68. Prueba T-Student para la resistencia a la compresión a los 14 días en las muestras M5 y M6	112
Tabla 69. Prueba T-Student para la resistencia a la compresión proyectada a los 28 días en las muestras M5 y M6	113
Tabla 70. Resistencias a la compresión promedio de las muestras M5 y M6.....	114
Tabla 71. Relación %TiO ₂ – Reducción de la contaminación – Resistencia a la compresión	116
Tabla 72. Propiedades físicas del TiO ₂	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo de finos pasantes de la malla N°200.....	34
Figura 2. Curva granulométrica.....	35
Figura 3. Ensayo de Análisis granulométrico.....	36
Figura 4. Ensayo de Peso unitario suelto de la arena fina.....	37
Figura 5. Ensayo peso unitario compactado.....	38
Figura 6. Ensayo de Peso específico y absorción de la arena fina.....	39
Figura 7: Determinación de la relación a/c.....	40
Figura 8. Especímenes de la muestra M1.....	45
Figura 9. Especímenes de la muestra M2.....	45
Figura 10. Elaboración de muestras M3.....	46
Figura 11. Elaboración de especímenes M4.....	47
Figura 12. Cubos de mortero simple (0%) – muestra M5.....	48
Figura 13. Cubos de mortero fotocatalítico (10%).....	48
Figura 14. Gráfico de las mediciones del Monóxido de Carbono – Muestra M1.....	50
Figura 15. Gráfico de las mediciones del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M1.....	51
Figura 16. Gráfico de las mediciones del Oxígeno – Muestra M1.....	52
Figura 17. Gráfico de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M1.....	53
Figura 18. Gráfico de las mediciones del Monóxido de Nitrógeno – Muestra M1.....	54
Figura 19. Gráfico de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M1.....	55
Figura 20. Colocación de los especímenes en la urna de cristal.....	55
Figura 21. Medición de los gases contaminantes de la muestra M1.....	56
Figura 22. Gráfico de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M2.....	57
Figura 23. Gráfico de las mediciones del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M2.....	58

Figura 24. Gráfico de las mediciones del Oxígeno – Muestra M2	59
Figura 25. Gráfico de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M2	60
Figura 26. Gráfico de las mediciones del Monóxido de nitrógeno – Muestra M2	61
Figura 27. Gráfico de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M2	62
Figura 28. Especímenes de la muestra M2 dentro de la urna con los gases contaminantes ...	62
Figura 29. Medición de los gases contaminantes de la muestra M2.....	63
Figura 30. Gráfico de la variación promedio de la coordenada “a” - muestra M3	64
Figura 31. Gráfico de la variación promedio de la coordenada “b” - muestra M3.....	66
Figura 32. Muestra M3 expuesta a la luz UV-A.....	66
Figura 33. Gráfico de la variación promedio de la coordenada “a” - muestra M4.....	68
Figura 34. Gráfico de la variación promedio de la coordenada “b” - muestra M4.....	69
Figura 35. Muestra M3 expuesta a la luz UV-A.....	70
Figura 36. Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra M5	71
Figura 37. Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra M6	73
Figura 38. Mediciones promedio del Monóxido de carbono – Muestra M1 y M2.....	75
Figura 39. Mediciones promedio del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M1 y M2.....	77
Figura 40. Mediciones promedio del Oxígeno – Muestra M1 y M2	78
Figura 41. Mediciones promedio del Dióxido de azufre– Muestra M1 y M2	80
Figura 42. Mediciones promedio del Monóxido de nitrógeno – Muestra M1 y M2	81
Figura 43. Mediciones promedio del Dióxido de carbono – Muestra M1 y M2	83
Figura 44. Gráfico de porcentaje promedio de variación en los gases – M1 y M2	84
Figura 45. Factor R4 de la rodamina en las muestras M3 y M4.....	92
Figura 46. Factor R4 del azul de metileno en las muestras M3 y M4	93
Figura 47. Factor R26 de la rodamina en las muestras M3 y M4.....	94

Figura 48. Factor R26 del azul de metileno en las muestras M3 y M4	95
Figura 49. Histograma de datos del factor R4a	96
Figura 50. Histograma de datos del factor R26a	97
Figura 51. Histograma de datos del factor R4b	98
Figura 52. Histograma de datos del factor R26b	98
Figura 53. Factor R4 promedio de la rodamina y el azul de metileno en las muestras M3 y M4	104
Figura 54. Factor R26 promedio de la rodamina y el azul de metileno en las muestras M3 y M4	105
Figura 55. Resistencia a la compresión de las muestras M5 y M6 a los 14 días	106
Figura 56. Proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días de las muestras M5 y M6	108
Figura 57. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión a los 14 días de la muestra M5	109
Figura 58. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión 14 días de la muestra M6	110
Figura 59. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión proyectada a los 28 días de la muestra M5	111
Figura 60. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión proyectada a los 28 días de la muestra M5	111
Figura 61. Resistencia a la compresión promedio de las muestras M5 y M6 a los 14 días..	114
Figura 62. Resistencia a la compresión promedio de las muestras M5 y M6 proyectada a los 28 días	115
Figura 63. Fotocatálisis	159

Figura 64. Minerales y estructuras cristalográficas del Óxido de titanio ANATASA y RUTILO	161
Figura 65: Composición del mortero fotocatalítico.....	161
Figura 66. Gases contaminantes que emites los vehículos y sus consecuencias	168

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Peso específico de masa	162
Ecuación 2. Peso específico de masa saturada con superficie seca	162
Ecuación 3. Peso específico aparente	163
Ecuación 4. Absorción	163
Ecuación 5. Peso unitario.....	163
Ecuación 6. Contenido de humedad.....	164
Ecuación 7. Resistencia a la compresión	164
Ecuación 8. Factor R4 para el colorante Rodamina.....	166
Ecuación 9. Factor R26 para el colorante Rodamina.....	166
Ecuación 10. Factor R4 para el colorante Azul de metileno.....	167
Ecuación 11. Factor R26 para el colorante Azul de metileno.....	167

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo demostrar los efectos que tiene el mortero fotocatalítico con TiO₂ en la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos en Lima. Para poder alcanzar el objetivo se utilizó el método experimental para la verificación contrastada de los resultados. Este proceso experimental consistió en la elaboración de morteros con una misma proporción de 1:4, una resistencia de 145 kg/cm² y con diferentes porcentajes de dióxido de titanio (0% y 10%), los cuales fueron evaluados en las mismas condiciones por los siguientes ensayos: Cantidad de gases contaminantes, resistencia a la compresión y capacidad fotocatalítica. Los resultados obtenidos, reducción del dióxido de carbono (CO₂) en un 97.9%, el sulfuro de hidrógeno (H₂S) en un 72.9%, el dióxido de azufre (SO₂) en un 67.2%, el monóxido de nitrógeno (NO) en un 63.4%, el monóxido de carbono (CO) en un 40.5% y recuperación del oxígeno en un 7.7%, confirmaron el rendimiento del proceso fotocatalítico a través del dióxido de titanio (TiO₂) en términos de una mejora en la calidad del aire, y la reducción de los colorantes, rodamina en un 89.10% y el azul metileno en un 53.06%, confirmaron la capacidad autolimpiante del mismo mejorando de esta manera la reducción de la contaminación del aire. Estos resultados permitirán implementar su aplicación en forma extensiva a otras regiones del país, donde las concentraciones de contaminación excedan el límite permitido.

Palabras clave: mortero fotocatalítico, calidad del aire, TiO₂, descontaminante, autolimpiante.

ABSTRACT

The objective of this research was to demonstrate the effects of photocatalytic mortar with TiO₂ in reducing air pollution from vehicle emissions in Lima. In order to achieve the objective, the experimental method was used for the verified verification of the results. This experimental process consisted in the elaboration of mortars with the same proportion of 1: 4, a resistance of 145 kg / cm² and with different percentages of titanium dioxide (0% and 10%), which were evaluated under the same conditions by the following tests: Quantity of polluting gases, resistance to compression and photocatalytic capacity. The results obtained, reduction of carbon dioxide (CO₂) by 97.9%, hydrogen sulfide (H₂S) by 72.9%, sulfur dioxide (SO₂) by 67.2%, nitrogen monoxide (NO) by 63.4%, carbon monoxide (CO) by 40.5% and oxygen recovery by 7.7%, confirmed the performance of the photocatalytic process through titanium dioxide (TiO₂) in terms of an improvement in air quality, and the reduction of colorants, rhodamine by 89.10% and methylene blue by 53.06%, confirmed its self-cleaning capacity, thus improving the reduction of air pollution. These results will make it possible to implement its application extensively to other regions of the country, where contamination concentrations exceed the permitted limit.

Keywords: photocatalytic mortar, air quality, TiO₂, decontaminant, self-cleaning.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A lo largo de los años la contaminación del aire ha sido una problemática mundial sobre todo en las ciudades que se encuentran en desarrollo urbano o metrópolis muy pobladas (Lamas, 2015).

Los niveles de contaminación del aire siguen siendo peligrosamente altos en muchas partes del mundo. Nuevos datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) muestran que 9 de cada 10 personas respiran aire que contiene altos niveles de contaminantes. Estas estimaciones que han sido actualizadas muestran de manera alarmante que 7 millones de personas mueren cada año por la exposición a partículas finas en el aire que penetran profundamente en los pulmones y el sistema cardiovascular, causando enfermedades como accidentes cerebro-vasculares, enfermedades cardíacas, cáncer de pulmón, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas e infecciones respiratorias, incluida la neumonía. Más del 90% de las muertes relacionadas con la contaminación del aire ocurren en países de ingresos bajos y medios, principalmente en Asia y África, seguidos por países de ingresos bajos y medios de las regiones del Mediterráneo Oriental, Europa y América. (Osserian & Lindmeier, 2018)

Según la OMS, el Perú es uno de los países más contaminados de América Latina; anualmente se registran alrededor de 5 mil fallecimientos por contaminación de aire. Según la misma entidad, Lima es una de las ciudades más contaminadas de América Latina y posee una de las peores calidades de aire en la región. (Zanatta, 2019)

La OMS reconoce que la contaminación del aire es un importante factor de riesgo para las enfermedades no transmisibles y causa un cuarto (24%) de todas las muertes de

adultos por enfermedad cardíaca, 25% por infarto, 43% por enfermedad pulmonar obstructiva crónica y 29% por cáncer de pulmón. (Osserian & Lindmeier, 2018)

Para el caso de nuestra ciudad capital, los niveles de contaminación atmosférica promedio registrados para las emisiones de material particulado superaron, de manera significativa, tanto los estándares internacionales del Organismo Mundial de la Salud (OMS) como los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la autoridad nacional y esto significa un grave riesgo para la salud. (Lamas, 2015)

Los principales contaminantes del aire son los microorganismos, polvos, gases y humos que ensucian el aire, los óxidos de nitrógeno producidos por las fábricas, el dióxido de azufre de las centrales termoeléctricas y fábricas, el monóxido de carbono de los tubos de escape de los vehículos en movimiento, chimeneas e incineradores, el ozono y los oxidantes fotoquímicos, los residuos provenientes de la combustión incompleta de los hidrocarburos proveniente de los tubos de escape de autobuses y aviones; las partículas de polvo suspendidas en el aire, el mercaptano producido por el papel, los silicatos provenientes de las fábricas de cementos y los óxidos de hierro de la industria siderúrgica. Además de ser nocivos para la salud, las grandes concentraciones de estos contaminantes han alterado el clima, haciéndolo cada vez más extremo y originando el sobrecalentamiento de la tierra. (Lamas, 2015)

Ante esta situación cabe plantear una alternativa de solución para mejorar la calidad del aire y esta es la fotocatalisis que se puede definir como una reacción de oxidación que se produce cuando la radiación solar activa un catalizador (principio fotocatalítico, usualmente dióxido de titanio o derivado) en presencia de oxígeno. Este proceso propicia la descomposición y eliminación de los contaminantes y evita la acumulación de especies o partículas indeseables en el material. (Faraldos, 2012)

Los procesos fotocatalíticos basados en las propiedades del dióxido de titanio han captado un enorme interés desde 1972, cuando este fenómeno fue descubierto. Sin embargo, la aplicación de la oxidación fotocatalítica a los materiales de construcción no se ha producido hasta la última década. No obstante, hoy en día, ya existen algunas compañías que comercializan cementos y otros materiales de construcción fotocatalíticos para su aplicación en fachadas, calles, aceras, cubiertas, etc., existiendo múltiples ejemplos de su aplicación en Europa y Japón (Proyecto Picada, Italcementi, Cristal Global, AIF, Chen y col. 2009). (Faraldos, 2012)

Teniéndose en cuenta la problemática determinada la presente investigación busca demostrar los efectos que tiene el mortero fotocatalítico en la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, esperando un resultado positivo para la descontaminación del aire.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué efectos tiene el mortero fotocatalítico con TiO₂ sobre la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué efecto tiene el mortero fotocatalítico con TiO₂ sobre la reducción de la contaminación en relación a la calidad del aire?
- ¿Qué efecto tiene la propiedad autolimpiante del mortero fotocatalítico con TiO₂ en la reducción de la contaminación del aire?
- ¿Habrá una relación entre el porcentaje de TiO₂, la reducción de la contaminación del aire y la resistencia a la compresión del mortero?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Demostrar el efecto que tiene el mortero fotocatalítico con TiO₂ sobre la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar qué efecto tiene el mortero fotocatalítico con TiO₂ sobre la reducción de la contaminación en relación a la calidad del aire.
- Determinar qué efecto tiene la propiedad autolimpiante del mortero fotocatalítico con TiO₂ en la reducción de la contaminación del aire.
- Determinar la relación entre porcentaje de TiO₂, reducción de la contaminación del aire y la resistencia a la compresión del mortero.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El mortero fotocatalítico con TiO₂ tiene un efecto positivo en la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El mortero fotocatalítico con TiO₂ tiene un efecto positivo sobre la reducción de la contaminación en relación a la calidad del aire.
- La propiedad autolimpiante del mortero fotocatalítico con TiO₂ tiene un efecto positivo en la reducción de la contaminación del aire.
- La relación entre el porcentaje de TiO₂ y la reducción de la contaminación del aire es directa, y la relación entre porcentaje de TiO₂ y resistencia a la compresión es indirecta.

1.5. Antecedentes

(Medina, 2017) en su investigación “Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en las propiedades autolimpiables y mecánicas del mortero de cemento - arena 1:4 – Cajamarca” concluye que: La incorporación de 5%, 10% y 15% de dióxido de titanio disminuyó la coloración en la prueba de Rodamina en 59.26%, 77.99% y 80.85% respectivamente, en relación al tratamiento sin dióxido de titanio. La prueba de Rodamina nos dio como resultado que el único tratamiento que no fue fotocatalítico y autolimpiable fue el tratamiento sin TiO₂ debido a que no cumplió con lo estipulado en la norma UNI 11259; contrastando con el resto de tratamiento que si fueron fotocatalíticos y autolimpiables.

(Martínez, 2019) en su investigación “Efecto del dióxido de titanio (TiO₂) en el comportamiento del mortero de Cemento Pórtland tipo I para fachadas -Lima Metropolitana (2018)” concluyó que: La adición del 5%, 7.5% y 10% de TiO₂ en el mortero disminuyó la resistencia a la compresión a la edad de 28 días en 7.16%, 11.13%, 19.49% respectivamente en relación al mortero sin TiO₂, esto se debe a que el porcentaje de incorporación del fotocatalizador fue en reemplazo del volumen absoluto del cemento.

(Rodríguez J. , 2012) en su investigación “Morteros fotocatalíticos: análisis de su autolimpieza en función del tipo de cemento y rugosidad superficial” concluye que: Desde el punto de vista de la rugosidad las probetas con rugosidades altas, presentan una mayor efectividad de degradación, durante las primeras horas, pero con el paso del tiempo de exposición, su efectividad disminuye acabando siendo las probetas lisas, las que presentan una mayor efectividad, en cuanto a la autolimpieza en las primeras 24 horas, esto probablemente se debe a que en un principio con mayor cantidad de

colorante, las probetas más rugosas con mayor área de contacto consiguen degradarlo en mayor medida, sin embargo con el paso del tiempo debido a su rugosidad les es más difícil degradar estos colorantes, cuando las cantidades del mismo son pequeñas.

(Binas, Venieri, Kotzias, & Kiriakidis, 2016) en su investigación “Modified TiO₂ based photocatalysts for improved air and health quality” (Fotocatalizadores basados en TiO₂ modificados para mejorar la calidad del aire y la salud) concluyen que: Se ha demostrado que la eliminación de gases NO_x y COV a niveles típicos de aire urbano / interior mediante el uso de tecnología foto-catalítica (basada en TiO₂) es factible. Además, los foto-catalizadores basados en TiO₂ han ganado una enorme atención durante las últimas décadas como agentes de desinfección contra varios microorganismos, incluidos los más persistentes en el medio ambiente, como virus, esporas bacterianas y quistes de protozoos.

(Sánchez, Cruz, & Mármol, 2012) en su investigación “Materiales de construcción para frenar la contaminación urbana” concluyen que: Según el estudio realizado, modulando la composición y microestructura de los morteros se pueden obtener variaciones de hasta un 52% de rendimiento en la degradación de gases NO/NO_x y hasta un 38% en los valores de resistencia mecánica. Además, el mejor rendimiento en la descontaminación de gases NO_x se exhibe en morteros con baja porosidad y elevada superficie específica.

(Venegas, 2011) en su investigación “Calidad del aire y sus efectos en la salud humana” concluye que: La contaminación atmosférica constituye un riesgo medioambiental para la salud y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (2008), si la contaminación por partículas en suspensión (PM₁₀) se reduce de 70 a

20 microgramos por metro cúbico, pueden evitarse el 15% de las muertes relacionadas con la calidad del aire.

(Arto, 2015) en su investigación “Cementos fotocatalíticos. Reducción de contaminación y preservación de acabados en edificaciones” concluye que: Una vez que hemos comentado las características y capacidades más importantes del material queremos quedarnos como conclusión principal que el uso de materiales fotocatalíticos debe ser una apuesta a futuro en todas las intervenciones. La concienciación de los técnicos es fácil ya que estamos acostumbrados a reconocer los cálculos y los datos que nos suministra la industria y la investigación sobre materiales. El siguiente paso es convencer a los promotores privados y a los aplicadores sobre las mejoras medioambientales que supone el uso de estos nuevos materiales. De esta manera la trabajabilidad del material lo hace cercano a los aplicadores que no encuentran diferencias con los productos tradicionales. Y por otro lado las ventajas medioambientales que se producen sobre el entorno y su durabilidad serán el aliciente que debe hacer a los promotores inclinarse por su uso.

(Ramírez, 2006) en su investigación “Fotocatálisis de TiO₂ para crear Materiales de Construcción más durables” concluye que: Las propiedades fotocatalíticas que genera el dióxido de titanio tipo anatasa ha incrementado la durabilidad de muchos materiales de construcción, al tiempo que por el eficiente proceso de descomposición de contaminantes del aire ayuda a disminuir la contaminación en ambientes interiores y exteriores.

(Maury & De Belie, 2010) en su investigación “Estado del arte de los materiales a base de cemento que contienen TiO₂: propiedades auto-limpiantes” concluyen que: Se ha demostrado a través de los ensayos de laboratorio y los proyectos pilotos que la

fotocatálisis del dióxido de titanio ha mejorado la durabilidad de las propiedades estéticas de los materiales a base de cemento; específicamente incrementando el potencial de mantener los colores originales. La degradación fotocatalítica de colorantes orgánicos rojos y amarillos usando TiO₂, permite pensar que este proceso de limpieza —respetuoso con el medio ambiente—, es capaz de degradar los contaminantes orgánicos colorantes que manchan los materiales a base de cemento.

(Cedeño, 2011) en su investigación “Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente” concluye que: Ante el calentamiento global, consecuencia del deterioro ambiental causado en gran parte por la contaminación que provoca la fabricación de materiales de construcción, se revisan nuevamente algunos de estos materiales utilizados en el pasado. Si bien muchos están en desuso por no entrar en la estrategia económica del capital, es necesario tenerlos en cuenta por sus cualidades térmicas y su mayor amabilidad con el medioambiente.

(Velasquez, Monsalve, Restrepo, Rios, & Juan, 2007) en su investigación “Modificación de placas de concreto con TiO₂ para la degradación fotocatalítica de contaminantes líquidos” concluyen que: Es posible convertir materiales comunes de construcción que desempeñan actividades específicas, en materiales con propiedades fotocatalíticas de alto valor agregado, puesto que podrían ser utilizados, además de sus aplicaciones convencionales, en procesos de descontaminación y/o desodorización. Estas nuevas propiedades que desarrollan dichos materiales permitirían contribuir en la disminución de los graves problemas de contaminación que se presentan en la actualidad y posibilitarían a las empresas productoras, tener un nuevo foco de mercadeo de sus productos y de este modo posiblemente les favorecería el incremento de sus beneficios económicos.

(Fuentes, Vasquez, & Vasquez, 2016) en su investigación “Incorporación de nanomateriales en el concreto fotocatalítico para la reducción de NOX y CO₂” concluyen que: El utilizar materiales nacionales para la fabricación de un concreto fotocatalítico, permite al país innovar en la tecnología fotoquímica en la construcción mexicana. El método sol-gel es el método más económico y sencillo para realizar la síntesis de dióxido de titanio (...). De acuerdo con los resultados de resistencia a la compresión como recubrimiento superficial es recomendado para aplicarse en la superficie de concreto.

(Alejandro & Romero, 2017) en su investigación “Hormigones fotocatalíticos” concluyen que: La exigencia de calidad en materiales para obras de hormigón, el tener un medio ambiente más limpio y la necesidad de mejorar la calidad de vida, hacen que resulte indispensable un replanteo de qué tipo de hormigón es el más recomendable usar. Así, el hormigón fotocatalítico puede ser una gran elección ya que cumple con estas exigencias.

(Juárez & Martínez, 1999) en su investigación “¿Por qué medir la calidad del aire?” concluyen que: Para enfrentar de manera efectiva el problema de la contaminación atmosférica, es necesario primero conocer cuantitativamente las concentraciones de los contaminantes de criterio y desarrollar e implementar un programa integral, que se encamine a la reducción progresiva de las emisiones contaminantes provenientes de los vehículos, de la industria y atacar las causas de la erosión y los incendios forestales.

(Nakata & Akira, 2012) en su investigación “TiO₂ photocatalysis: Design and applications” (Fotocatálisis de TiO₂: diseño y aplicaciones) concluyen que: TiO₂ es el fotocatalizador más ampliamente estudiado y se utiliza en numerosas aplicaciones debido a su compatibilidad con la tecnología moderna. Nuevos materiales y aplicaciones

con TiO_2 pueden mejorar nuestras vidas en áreas como la producción de energía y la protección del medio ambiente.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Los diseños cuasiexperimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos puros en el grado de seguridad que puede tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. Los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento. (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2019).

Por lo tanto, este estudio corresponde a una investigación cuasiexperimental, ya que se busca establecer el efecto que tendrá el mortero fotocatalítico sobre el mejoramiento de la calidad del aire.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con ciertas especificaciones (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2019). Por lo tanto, para la presente investigación la población es la siguiente:

- Morteros fotocatalíticos 1:4 (cemento:arena) con distintos porcentajes de dióxido de titanio (TiO₂) de la ciudad de Lima.

2.2.2. Muestra

La muestra es un subgrupo representativo de la población sobre el cual se recolectan los datos pertinentes. La muestra puede ser de dos tipos: probabilística o no probabilística.

La muestra de esta investigación corresponde al tipo no probabilística, ya que para la elección de las unidades no se tomó en cuenta la probabilidad, sino se tomó cuenta las características y el contexto de la investigación. (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2019) Por lo tanto, para esta investigación las muestras son las siguientes:

- **Para la calidad del aire**

Basado en la norma UNE-ISO 22197-1

- M1: 0%, 12 probetas (1" x 6" x 10") de mortero simple.
- M2: 10%, 12 probetas (1" x 6" x 10") de mortero fotocatalítico

- **Para el ensayo de capacidad fotocatalítica**

Se tomó en cuenta la norma italiana UNI 11259

- M3: 0%, 10 probetas (1" x 4" x 4") de mortero simple.
- M4: 10%, 10 probetas (1" x 4" x 4") de mortero fotocatalítico.

- **Para el ensayo a compresión**

Se tomó en cuenta la norma MTC E 609 / NTP 334.051

- M5: 0%, ensayo a los 14 días (85% de la resistencia diseñada), 9 probetas (2" x 2" x 2") de mortero simple.
- M6: 10%, ensayo a los 14 días (85% de la resistencia diseñada), 9 probetas (2" x 2" x 2") de mortero fotocatalítico.

2.3. Técnicas e instrumentación de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

Son los procedimientos y actividades que ayudan al investigador a obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación (Terán, 2020).

La técnica de la presente investigación es la experimentación mediante ensayos de laboratorio y observación directa.

2.3.2. Instrumentación

- **Fichas técnicas**

Es el instrumento que nos permite ordenar y clasificar los datos consultados, incluyendo nuestras observaciones y críticas, facilitando así la redacción del escrito (Rodríguez E. , 2005).

Para la recolección de datos de la presente investigación se utilizaron las siguientes fichas:

- Ficha técnica N°1: Cantidad de gases con los equipos Detectores de gases múltiples QRAE II PGM-2400P y MULTIRAE LITE PGM6208 (Anexo N°3)
- Ficha técnica N°2 para el ensayo de capacidad fotocatalítica con el Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20 (Anexo N°4)
- Ficha técnica N°3 para el ensayo de compresión con Prensa de concreto F-25EX-F-CPILOT (Anexo N°5)

- **Validación**

- Juicio de expertos

Es la validez de expertos, la cual se refiere al grado en que aparentemente un instrumento mide la variable en cuestión de acuerdo con voces calificadas (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2019).

Para la presente investigación se tiene la validación de las fichas utilizadas en la recolección de datos. (Anexo 2)

- **Confiabilidad**

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo, caso o muestra produce resultados iguales (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2019).

Para la presente investigación se tienen los siguientes documentos para probar la confiabilidad de los equipos utilizados:

- Certificado de calibración del detector de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208 (Anexo N°10)
- Certificado de calibración del detector de gases múltiples QRAE II PGM-2400P (Anexo N°11)
- Certificado de calibración del Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20 (Anexo N°12)
- Certificado de calibración de la Prensa de concreto F-25EX-F-CPILOT (Anexo N°13)

2.3.3. Análisis de datos

La estadística estudia los métodos científicos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, así como para sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en tal análisis. (Spiegel, 1991)

La estadística descriptiva desarrolla un conjunto de técnicas con la finalidad de presentar y reducir los diferentes datos observados en este caso mediante el promedio y comparación. (Fernández, Cordoba, & Cordero, 2002).

La estadística inferencial es el conjunto de métodos con los que se hacen la generalización o la inferencia sobre una población utilizando una muestra. La inferencia puede contener conclusiones que pueden no ser ciertas en forma absoluta, por lo que es

necesario que éstas sean dadas con una medida de confiabilidad que es la probabilidad.

(Córdova, 2009)

Para la presentación de datos y validación de hipótesis de esta investigación se utilizaron las estadísticas descriptiva e inferencial, mediante el programa estadístico IBM SPSS.

2.4. Procedimiento

➤ ETAPA 1: Caracterización de la arena fina

- **Contenido de humedad de la arena fina**

Se realizó el ensayo de Contenido de humedad de la arena fina siguiendo la norma MTC E 215 / NTP 339.185 para obtener el porcentaje de humedad de la arena fina.

Tabla 1. *Determinación del Contenido de Humedad*

Contenido de Humedad		
Peso de la tara	87.5	g
Peso de la tara + peso del agregado húmedo	599.9	g
Peso de la tara + peso del agregado seco	598.4	g
Peso del agua	1.5	g
Peso del agregado seco	510.9	g
Contenido de Humedad	0.3	%

- **Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200 de la arena fina**

Se realizó el ensayo de Cantidad de material fino siguiendo la norma MTC E 202 / NTP 400.018 para obtener el porcentaje de material fino que pasa la malla N° 200.

Tabla 2. Determinación de la cantidad de material fino que pasa la malla N° 200

Contenido de Malla N°200		
Peso de la tara	87.5	g
Peso de la tara + peso del agregado seco	598.4	g
Peso de la tara + peso del agregado seco lavado	595.5	g
Peso de finos pasante de la malla N°200	2.9	g
Peso del agregado seco	510.9	g
Contenido de Malla N°200	0.6	%

Figura 1. Ensayo de finos pasantes de la malla N°200



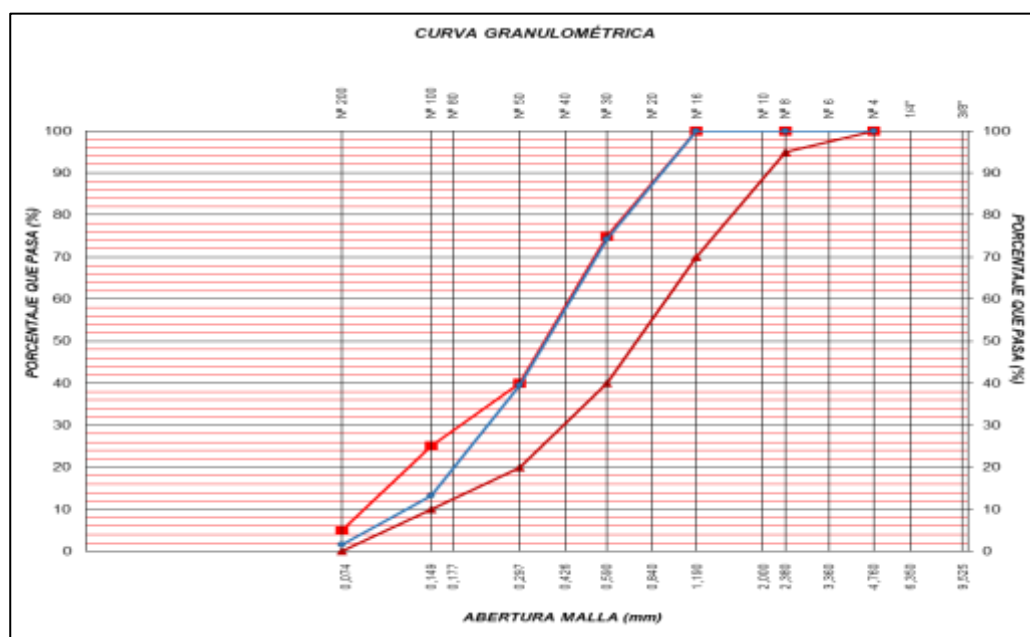
- **Análisis granulométrico por tamizado de la arena fina**

Se realizó el ensayo de Análisis granulométrico siguiendo la norma MTC E 204 / NTP 399.607 para obtener la gradación de la arena fina.

Tabla 3. Determinación del análisis granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							Especificación (ASTM C 144)	
AGREGADO FINO								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasante Acum.	% Pasante Acum.		
N° 4	4.76	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
N° 8	2.38	0	0.00	0.00	100.00	95.00	100.00	
N° 16	1.19	0	0.00	0.00	100.00	70.00	100.00	
N° 30	0.6	131.2	25.68	25.68	74.32	40.00	75.00	
N° 50	0.3	177.8	34.80	60.48	39.52	20.00	40.00	
N° 100	0.15	134.3	26.29	86.77	13.23	10.00	25.00	
N° 200	0.075	59.2	11.59	98.36	1.64	0.00	5.00	
FONDO	0	8.4	1.64	100.00	0.00	-	-	
TOTAL	-	510.9	100	-	-	-	-	

Figura 2. Curva granulométrica



$$MF = \frac{\%ret. acum. (3" + 1\frac{1}{2}" + 3/4" + 3/8" + \#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100)}{100}$$

$$MF = 1.73$$

Figura 3. *Ensayo de Análisis granulométrico*



- **Peso unitario suelto de la arena fina**

Se realizó el ensayo de Peso unitario y vacíos del agregado siguiendo la norma MTC E 203 / NTP 400.017 para obtener el peso unitario suelto de la arena fina.

Tabla 4. *Determinación del peso unitario suelto*

PESO UNITARIO SUELTO	RESULTADOS		
Peso de la muestra suelta + envase (kg)	5.40	5.40	
Peso del envase (kg)	1.65	1.65	PROMEDIO
Peso de la muestra suelta (kg)	3.75	3.75	
Constante (volumen del envase)	0.002776	0.002776	
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1350	1350	1350

Figura 4. *Ensayo de Peso unitario suelto de la arena fina*



- **Peso unitario compactado de la arena fina**

Se realizó el ensayo de Peso unitario y vacíos del agregado siguiendo la norma MTC E 203 / NTP 400.017 para obtener el peso unitario compactado de la arena fina.

Tabla 5. *Determinación del peso unitario compactado*

PESO UNITARIO COMPACTADO	RESULTADOS		
Peso de la muestra compactada + envase (kg)	5.95	5.95	PROMEDIO
Peso del envase (kg)	1.65	1.65	
Peso de la muestra compactada (kg)	4.30	4.30	
Constante (volumen del envase)	0.002776	0.002776	
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1550	1550	1550

Figura 5. *Ensayo peso unitario compactado*



- **Peso específico y absorción de la arena fina**

Se realizó el ensayo de Gravedad específica y absorción del agregado siguiendo la norma MTC E 205 / NTP 400.022 para obtener el peso específico y el porcentaje de absorción de la arena fina.

Tabla 6. *Determinación del peso específico y absorción*

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO		
1	Peso de la fiola	163.4 g
2	Peso de la arena s.s.s. + peso balón + peso agua	982.0 g
3	Peso de la arena s.s.s. + peso balón	663.4 g
4	Peso del agua	318.6 g
5	Peso de la tara	87.4 g
6	Peso de la muestra seca + peso tara	582.7 g
7	Peso de la arena seca	495.3 g
8	Volumen de la fiola	500 cm ³
RESULTADOS		
	Peso específico de masa (P.E.M.)	2.73 g/cm ³
	Peso específico de masa S.S.S. (P.E.M. S.S.S.)	2.76 g/cm ³
	Peso específico aparente (P.E.A.)	2.80 g/cm ³
	Porcentaje de absorción (%)	0.9 %

Figura 6. *Ensayo de Peso específico y absorción de la arena fina*

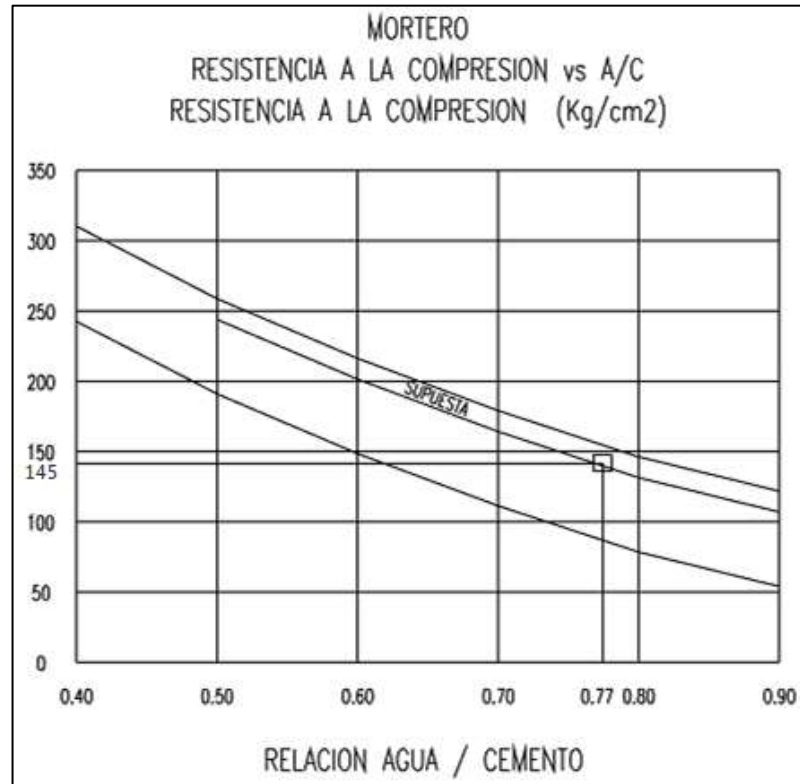


➤ **ETAPA 2:** Dosificación de los morteros simple (0%) y fotocatalítico (10%)

Se realizó el diseño para los morteros simple (0%) y fotocatalítico (10%) teniendo en cuenta las características de arena fina, las características del cemento y el dióxido de titanio.

- **Diseño de mezcla del mortero simple**
 - Elección de la relación a/c para un $f'c = 145 \text{ kg/cm}^2$

Figura 7: Determinación de la relación a/c



Fuente: Concreto Simple (2012) por Rivera L. Gerardo A.

Según la gráfica se determinó que para un $f^c=145$ kg/cm² la relación a/c es 0.77

- Proporción en volumen 1:4 / a/c=0.77

- $Cemento = 1 \text{ pie}^3 = 42.5 \text{ kg}$

- $Arena = 4 \text{ pie}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{35.315 \text{ pie}^3} \times \text{Peso unitario suelto seco}$

$$Arena = 152.91 \text{ kg}$$

- $Agua = 42.5 \times 0.77 = 32.725 \text{ litros}$

- Rendimiento de la mezcla

- $Cemento = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{P.E. del cemento}} = \frac{42.25 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3} = 0.013622 \text{ m}^3$

$$- \text{ Arena} = \frac{\text{Peso de la arena}}{\text{P.E. de la arena}} = \frac{152.91 \text{ kg}}{2730 \text{ kg/m}^3} = 0.056011 \text{ m}^3$$

$$- \text{ Agua} = \frac{\text{Peso cemento} \times (a/c)}{\text{P.E. del agua}} = \frac{42.25 \text{ kg} \times 0.77}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.032725 \text{ m}^3$$

$$\text{Rendimiento total} = 0.102358 \text{ m}^3$$

○ Cálculo de cantidad de material por metro cúbico

$$- \text{ Cemento} = \frac{1}{\text{Rendimiento total}} = \frac{1}{0.102358} = 9.770 \text{ bolsas}$$

$$\text{Cemento} = 42.5 \text{ kg} \times 9.770 = 415.209 \text{ kg}$$

$$- \text{ Arena} = \text{Cemento}(\text{bolsas}) \times \text{Rend. arena} \times \text{Peso arena}$$

$$\text{Arena} = 9.770 \times 0.056011 \text{ m}^3 \times 2730 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1493.882 \text{ kg}$$

$$- \text{ Agua} = \text{Cemento}(\text{kg}) \times \text{relación a/c}$$

$$\text{Agua} = 415.209 \times 0.77 = 319.711 \text{ l}$$

○ Materiales corregidos por humedad

$$- \text{ Arena húmeda} = \text{Arena seca} \times \left(1 + \frac{w\%}{100}\right)$$

$$\text{Arena húmeda} = 1493.882 \times \left(1 + \frac{0.3}{100}\right) = 1498.364 \text{ kg}$$

$$- \text{ Agua efec.} = \text{Agua}(\text{litros}) - \left(\frac{w\% - \text{Abs}\%}{100}\right) \times \text{Arena}(\text{kg})$$

$$\text{Agua efectiva} = 319.711 - \left(\frac{0.3 - 0.9}{100}\right) \times 1493.882 = 328.674 \text{ l}$$

- Materiales por tanda $V_t=0.0012 \text{ m}^3$ (9 especímenes de 5 x 5 x 5 cm)

Tabla 7. *Materiales por tanda $V_t=0.0012 \text{ m}^3$ del mortero Simple*

Material	1 m ³	0.0012 m ³
Cemento	415.209 kg	0.490 kg
Arena	1498.364 kg	1.768 kg
Agua	328.674 litros	0.388 litros

- Proporciones en volumen y peso

Tabla 8. *Proporciones en volumen y peso del mortero simple*

Material	Proporción en Volumen	Proporción en Peso
Cemento	1 m ³	1 kg
Arena	4 m ³	3.61 kg
Agua E	32.73 l/bolsa	33.73 l/bolsa

- **Diseño de mezcla del mortero fotocatalítico**

- Proporción en volumen 1:4 / a/c=0.77

- $Cemento = 1 \text{ pie}^3 = 42.5 \text{ kg}$

- $Arena = 4 \text{ pie}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{35.315 \text{ pie}^3} \times \text{Peso unitario suelto seco}$

$$Arena = 152.91 \text{ kg}$$

- $TiO_2 = 10\% \times cemento$

$$TiO_2 = \frac{10}{100} \times 42.5 \text{ kg} = 4.25 \text{ kg}$$

- $Agua = 42.5 \times 0.77 = 32.725 \text{ litros}$

- Rendimiento de la mezcla

- $Cemento = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso específico del cemento}} = \frac{42.25 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3}$
 $= 0.013622 \text{ m}^3$

- $Arena = \frac{\text{Peso de la arena}}{\text{Peso específico de la arena}} = \frac{152.91 \text{ kg}}{2730 \text{ kg/m}^3} = 0.056011 \text{ m}^3$

$$- \text{TiO}_2 = \frac{\text{Peso del TiO}_2}{\text{Peso específico del TiO}_2} = \frac{4.25 \text{ kg}}{4100 \text{ kg/m}^3} = 0.001037 \text{ m}^3$$

$$- \text{Agua} = \frac{\text{Peso cemento} \times (a/c)}{\text{P.E. del agua}} = \frac{42.25 \text{ kg} \times 0.77}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.032725 \text{ m}^3$$

$$\text{Rendimiento total} = 0.103395 \text{ m}^3$$

○ Cálculo de cantidad de material por metro cúbico

$$- \text{Cemento} = \frac{1}{\text{Rendimiento total}} = \frac{1}{0.103395} = 9.672 \text{ bolsas}$$

$$\text{Cemento} = 42.5 \text{ kg} \times 9.672 = 411.046 \text{ kg}$$

$$- \text{Arena} = \text{Cemento}(\text{bolsas}) \times \text{Rend. arena} \times \text{Peso arena}$$

$$\text{Arena} = 9.672 \times 0.056011 \text{ m}^3 \times 2730 \text{ kg/m}^3 = 1478.905 \text{ kg}$$

$$- \text{TiO}_2 = 10\% \times \text{cemento} (\text{kg}) = 0.1 \times 411.046 = 41.1046 \text{ kg}$$

$$- \text{Agua} = \text{Cemento}(\text{kg}) \times \text{relación } a/c$$

$$\text{Agua} = 411.046 \times 0.77 = 316.056 \text{ l}$$

○ Materiales corregidos por humedad

$$- \text{Arena húmeda} = \text{Arena seca} \times \left(1 + \frac{w\%}{100}\right)$$

$$\text{Arena húmeda} = 1478.905 \times \left(1 + \frac{0.3}{100}\right) = 1483.247 \text{ kg}$$

$$- \text{Agua efectiva} = \text{Agua}(\text{litros}) - \left(\frac{w\% - \text{Abs}\%}{100}\right) \times \text{Arena} (\text{kg})$$

$$\text{Agua efectiva} = 316.506 - \left(\frac{0.3 - 0.9}{100}\right) \times 1478.905 = 325.379 \text{ l}$$

- Materiales por tanda $V_t=0.0012 \text{ m}^3$ (9 especímenes de 5 x 5 x 5 cm)

Tabla 9. *Materiales por tanda $V_t=0.0012 \text{ m}^3$ del mortero*

Fotocatalítico

Material	1 m³	0.0012 m³
Cemento	411.046 kg	0.485 kg
Arena	1483.247 kg	1.750 kg
TiO ₂	41.105 kg	0.048 kg
Agua	325.379 litros	0.384 litros

- Proporciones en volumen y peso

Tabla 10. *Proporciones en volumen y peso del mortero fotocatalítico*

Material	Proporción en Volumen	Proporción en Peso
Cemento	1 m ³	1 kg
Arena	4 m ³	3.61 kg
TiO ₂	0.1 m ³	0.1 kg
Agua E	32.73 l/bolsa	32.73 l/bolsa

➤ **ETAPA 3:** Elaboración de probetas para las muestras M1, M2, M3, M4, M5 y M6

- **Para las muestras M1 y M2**

Se elaboraron las muestras con la siguiente dosificación:

- Para la muestra M1

Tabla 11. *Dosificación de la muestra M1*

M1	
Materiales	Cantidad (Kg)
cemento	4.671
arena	16.857
agua	3.698

Figura 8. *Especímenes de la muestra M1*



- Para la muestra M2

Tabla 12. *Dosificación de la muestra M2*

M2	
Materiales	Cantidad (Kg)
cemento	4.624
arena	16.687
agua	3.661
TiO ₂	0.462

Figura 9. *Especímenes de la muestra M2*



- **Para las muestras M3 y M4:**

Se elaboraron las muestras con la siguiente dosificación:

- Para la muestra M3:

Tabla 13. *Dosificación de la muestra M3*

M3	
Materiales	Cantidad (Kg)
cimento	1.196
arena	4.315
agua	0.947

Figura 10. *Elaboración de muestras M3*



- Para la muestra M4:

Tabla 14. *Dosificación de la muestra M4*

M4	
Materiales	Cantidad (Kg)
cimento	1.184
arena	4.272
agua	0.937
TiO ₂	0.118

Figura 11. *Elaboración de especímenes M4*



- **Muestras M5 y M6**

Se elaboraron las muestras siguiendo la norma MTC E 609 / NTP 334.051 donde indica que se debe colocar una capa de más o menos 25 mm (1") de espesor y apisonar con 32 golpes la superficie, en 30 segundos en 4 etapas de 8 golpes adyacentes cada una.

- Para la muestra M5

Se elaboró con la siguiente dosificación:

Tabla 15. *Dosificación de la muestra M5*

M5	
Materiales	Cantidad (Kg)
cemento	0.490
arena	1.768
agua	0.388

Figura 12. Cubos de mortero simple (0%) – muestra M5



- Para la muestra M6:

Tabla 16. Dosificación de la muestra M6

M6	
Materiales	Cantidad (Kg)
cemento	0.485
arena	1.750
agua	0.384
TiO ₂	0.048

Figura 13. Cubos de mortero fotocatalítico (10%)



➤ **ETAPA 4:** Ensayos de los especímenes

• **Cantidad de gases contaminantes (Basado en la norma UNE-ISO 22197-1)**

Se colocaron las muestras M1 y M2 en una urna de vidrio, luego se cerró la urna y con ayuda de un tubo por un orificio se colocó los gases contaminantes en la urna, luego se colocan las cánulas de los medidores para proceder con las lecturas (en tiempo real) de la disminución de contaminantes por acción de la fotocatalisis.

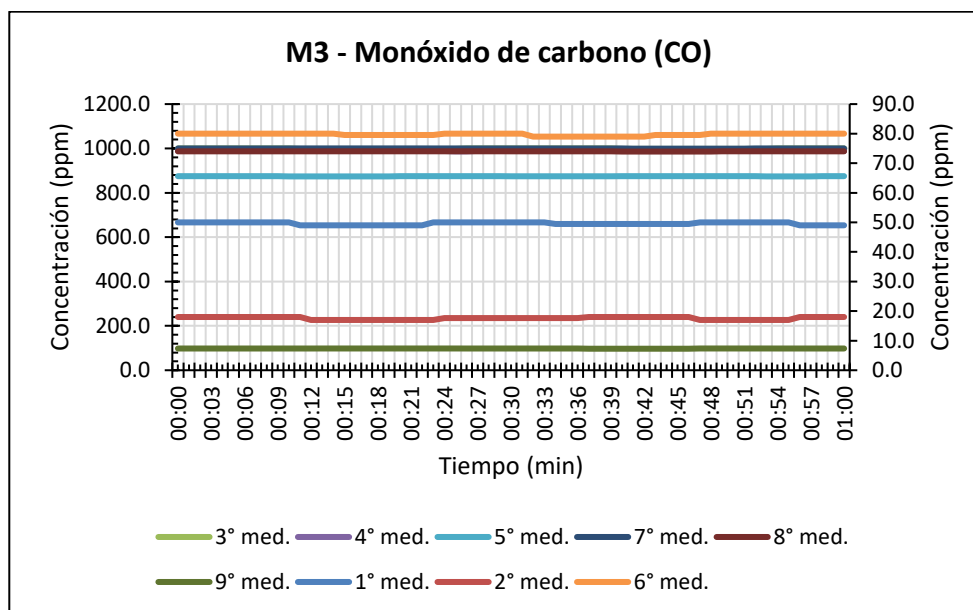
○ Para la muestra M1

Se realizó una medida en tiempo real de los gases CO, H₂S, O₂, SO₂, NO y CO₂ obteniendo las siguientes lecturas:

Tabla 17. Lectura de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M1

M1 (0% TiO₂)									
CO (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0
00:05	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0
00:10	50.0	18.0	1000.0	989.0	874.0	80.0	999.5	987.0	98.0
00:15	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	79.5	999.5	986.5	97.5
00:20	49.0	17.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.5	986.5	97.5
00:25	50.0	17.6	998.0	987.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	97.5
00:30	50.0	17.6	1000.0	989.0	874.5	80.0	1000.0	987.0	98.0
00:35	49.5	17.6	1000.0	989.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	98.0
00:40	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.0	1000.0	986.0	97.0
00:45	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.0	986.0	97.0
00:50	50.0	17.0	998.0	989.0	875.0	80.0	999.0	986.5	97.5
00:55	50.0	17.0	1000.0	989.0	874.0	80.0	1000.0	987.0	98.0
01:00	49.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0

Figura 14. Gráfico de las mediciones del Monóxido de Carbono – Muestra M1



Nota: Las mediciones 1, 2 y 6 se encuentran en el eje secundario.

Tabla 18. Lectura de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M1

M1 (0% TiO ₂)									
H ₂ S (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	7.4	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.8
00:05	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.7
00:10	7.4	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.8	6.5	1.7
00:15	7.4	0.0	3.6	3.2	2.2	4.4	0.7	6.3	1.8
00:20	7.2	0.0	3.6	3.1	2.2	4.4	0.8	6.3	1.8
00:25	7.2	0.0	3.6	3.1	2.3	4.5	0.8	6.4	1.9
00:30	7.2	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.7	6.5	1.8
00:35	7.4	0.0	3.4	3.2	2.1	4.4	0.7	6.5	1.8
00:40	7.4	0.0	3.6	3.3	2.1	4.4	0.8	6.5	1.7
00:45	7.3	0.0	3.6	3.3	2.2	4.3	0.8	6.4	1.7
00:50	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.4	0.9	6.3	1.8
00:55	7.3	0.0	3.6	3.2	2.3	4.4	0.9	6.4	1.8
01:00	7.2	0.0	3.6	3.2	2.3	4.5	0.9	6.4	1.9

Figura 15. Gráfico de las mediciones del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M1

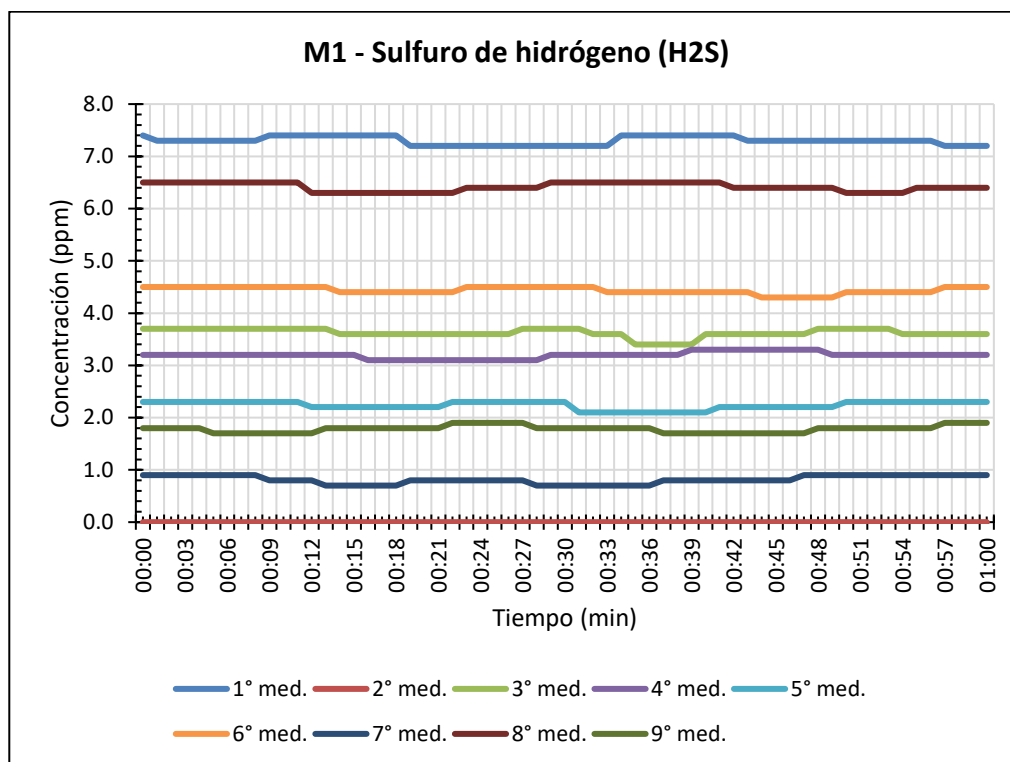


Tabla 19. Lectura de las mediciones del Oxígeno – Muestra M1

M1 (0% TiO ₂)										
O ₂ (%)										
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.	
00:00	16.0	14.7	15.5	16.0	15.8	14.5	14.7	15.8	16.0	
00:05	15.7	14.7	15.5	15.7	15.8	14.5	14.6	15.8	15.8	
00:10	15.7	14.7	15.4	15.7	15.7	14.5	14.5	15.8	15.8	
00:15	15.7	14.6	15.4	15.7	15.6	14.4	14.6	15.7	15.8	
00:20	15.6	14.6	15.6	15.6	15.6	14.4	14.7	15.7	15.9	
00:25	15.7	14.7	15.5	15.7	15.7	14.5	14.7	15.6	15.9	
00:30	15.8	14.7	15.5	15.8	15.8	14.5	14.6	15.6	15.9	
00:35	15.8	14.5	15.4	15.8	15.7	14.4	14.5	15.7	15.9	
00:40	15.8	14.5	15.4	15.8	15.8	14.5	14.5	15.7	15.9	
00:45	15.9	14.6	15.5	15.9	15.8	14.5	14.6	15.7	16.0	
00:50	15.9	14.6	15.6	15.9	15.7	14.4	14.7	15.8	16.0	
00:55	16.0	14.7	15.4	16.0	15.8	14.4	14.7	15.8	15.9	
01:00	15.8	14.7	15.4	15.8	15.8	14.4	14.6	15.8	15.9	

Figura 16. Gráfico de las mediciones del Oxígeno – Muestra M1

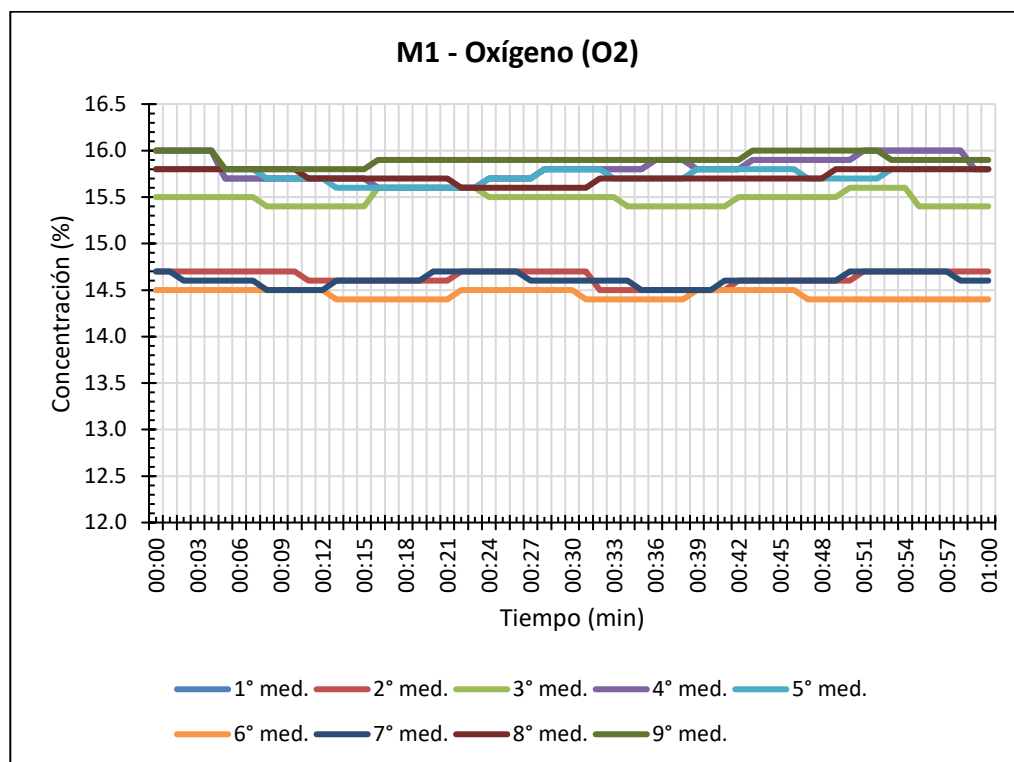


Tabla 20. Lectura de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M1

M1 (0% TiO ₂)									
SO ₂ (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0
00:05	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0
00:10	20.0	22.0	19.6	25.0	20.0	19.8	17.8	24.0	20.0
00:15	20.0	23.0	19.5	24.0	20.0	19.7	17.8	23.0	19.8
00:20	19.8	22.0	19.5	24.0	19.8	19.7	18.0	23.0	19.8
00:25	19.6	22.0	19.5	25.0	19.6	19.6	18.0	23.5	19.6
00:30	19.6	23.0	19.4	25.0	19.6	19.6	17.9	23.5	19.6
00:35	20.0	23.0	19.4	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7
00:40	20.0	23.0	19.6	24.0	20.0	19.9	17.8	24.0	19.7
00:45	20.0	22.0	19.5	24.0	20.0	20.0	17.8	23.0	20.0
00:50	20.0	21.0	19.5	25.0	20.0	20.0	17.9	23.0	20.0
00:55	19.8	21.0	19.6	24.0	19.8	19.8	18.0	23.0	19.8
01:00	19.8	21.0	19.6	24.0	20.0	19.8	18.0	24.0	19.8

Figura 17. Gráfico de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M1

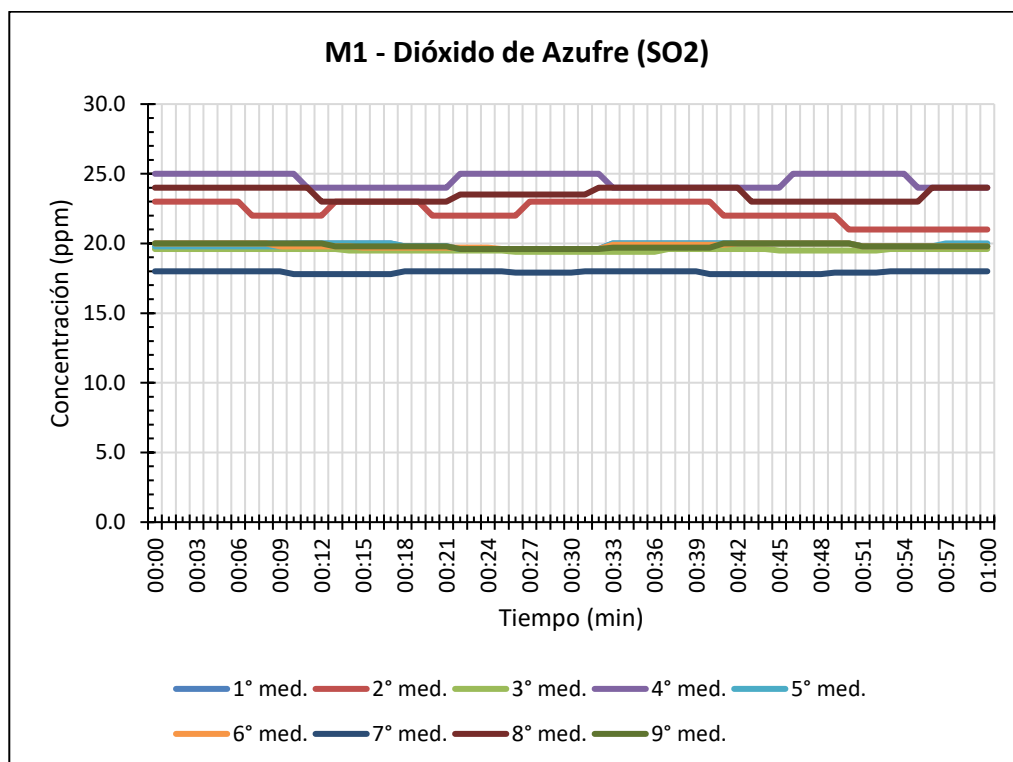


Tabla 21. Lectura de las mediciones del Monóxido de nitrógeno – Muestra M1

M1 (0% TiO ₂)										
NO (ppm)										
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.	
00:00	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	36.0	26.0	
00:05	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	35.0	26.0	
00:10	34.8	35.8	39.0	34.9	22.0	43.0	28.0	35.0	26.0	
00:15	34.8	35.8	39.0	34.8	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	
00:20	35.0	36.0	39.5	34.8	22.0	42.0	27.5	34.8	25.5	
00:25	35.0	36.0	39.0	34.8	22.0	42.0	28.0	35.0	25.0	
00:30	35.0	36.9	38.0	35.0	23.0	42.5	28.0	36.0	25.0	
00:35	34.8	36.9	39.5	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	
00:40	34.8	36.9	39.0	34.8	23.0	43.0	27.0	35.5	26.0	
00:45	35.0	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	25.5	
00:50	35.0	37.0	40.0	35.0	21.0	42.5	27.5	36.0	25.5	
00:55	35.0	36.9	40.0	35.0	21.0	42.5	28.0	36.0	26.0	
01:00	34.8	36.9	39.0	34.8	21.0	43.0	28.0	36.0	26.0	

Figura 18. Gráfico de las mediciones del Monóxido de Nitrógeno – Muestra M1

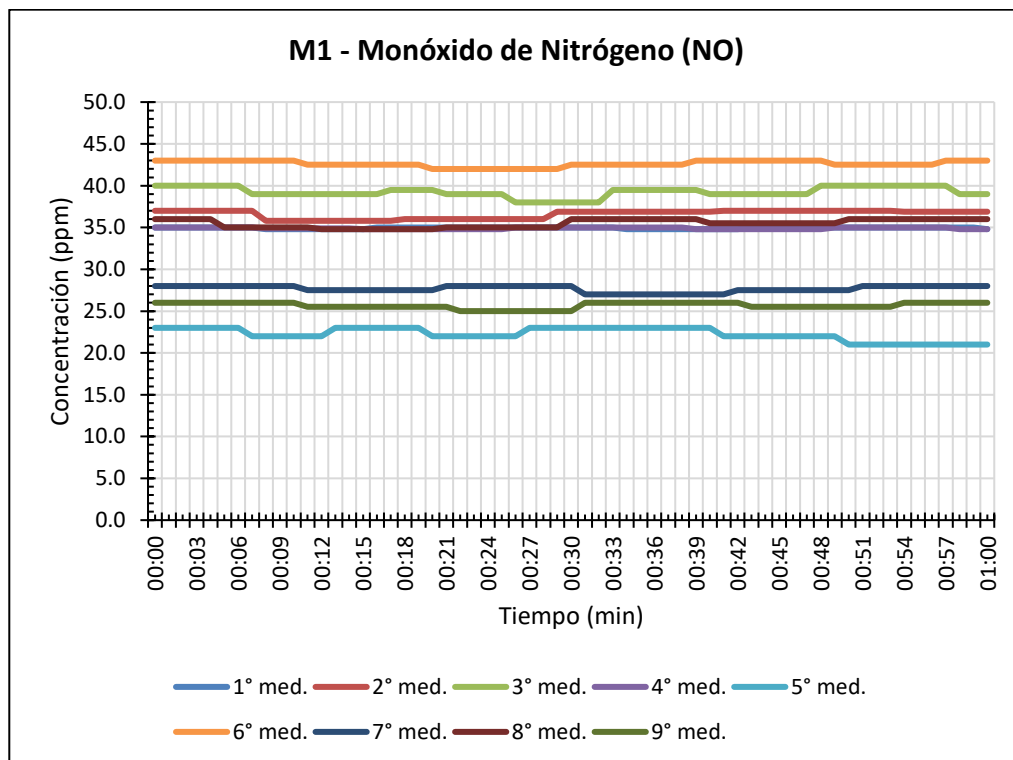


Tabla 22. Lectura de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M1

M1 (0% TiO ₂)									
CO ₂ (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500
00:05	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500
00:10	10500	12400	10500	9000	12550	8550	15400	8500	12500
00:15	10450	12400	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000
00:20	10450	12500	10450	8950	12500	8550	15300	7550	12000
00:25	10450	12400	10500	9000	12500	9500	15350	7550	12000
00:30	10500	12400	10500	8950	13500	9500	15350	8500	12500
00:35	10500	12400	10500	8950	13500	8500	15400	7550	12500
00:40	10430	12500	10430	9000	12500	8500	15400	7550	12000
00:45	10430	12450	10430	9000	12500	8550	15300	8500	12500
00:50	10430	12450	10450	8950	13500	8550	15300	8500	12500
00:55	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000
01:00	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000

Figura 19. Gráfico de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M1

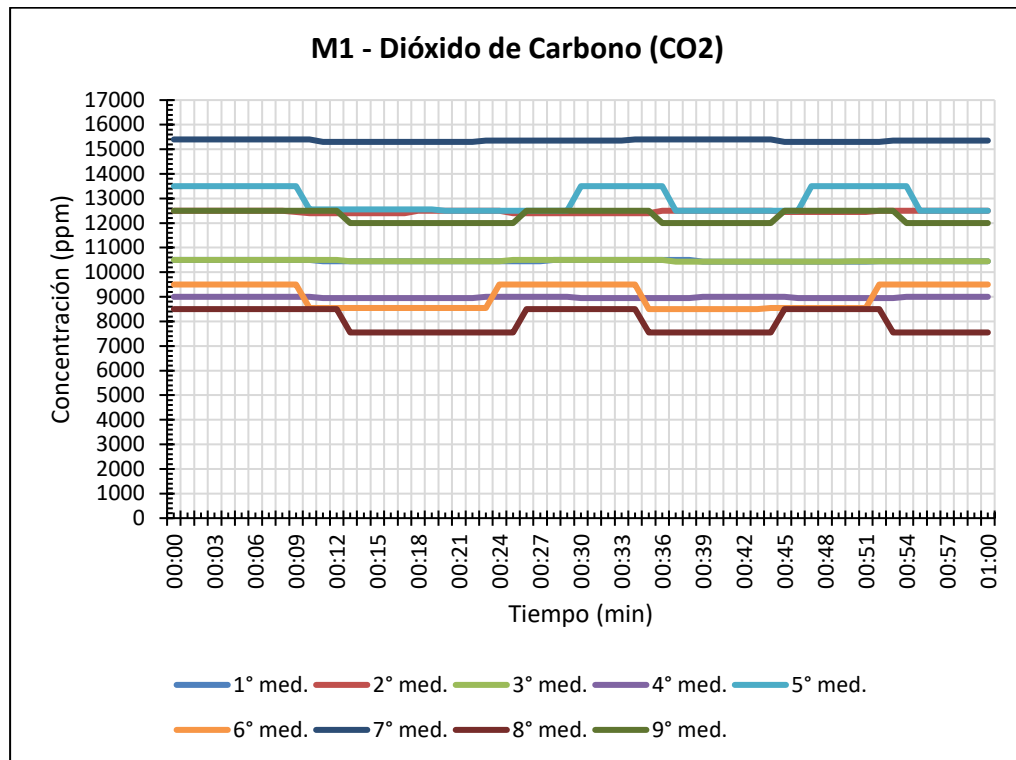


Figura 20. Colocación de los especímenes en la urna de cristal



Figura 21. Medición de los gases contaminantes de la muestra M1



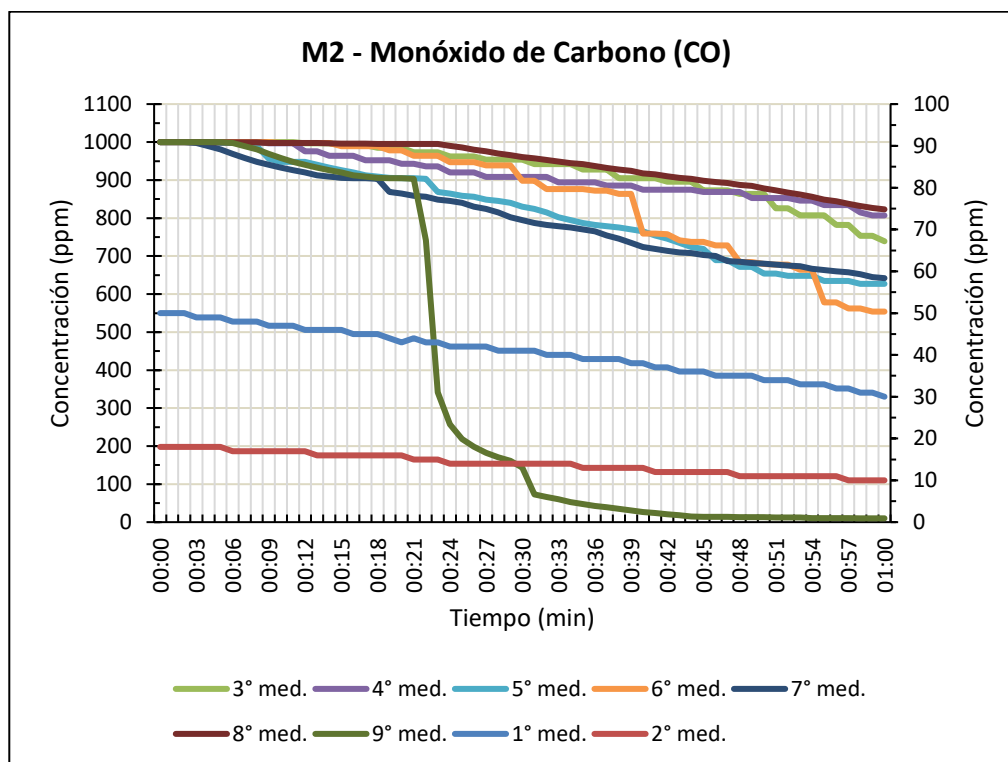
- Para la muestra M2:

Se realizaron 9 mediciones en tiempo real de los gases CO, H₂S, O₂, SO₂, NO y CO₂ obteniendo las siguientes lecturas:

Tabla 23. Lectura de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M2

M2 (10% TiO ₂)									
CO (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	50	18	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
00:05	49	18	1000	1000	998	1000	981	999	1000
00:10	47	17	1000	997	948	998	933	998	958
00:15	46	16	992	964	926	989	906	996	920
00:20	43	16	985	943	905	978	865	995	905
00:25	42	14	962	920	859	947	840	986	219
00:30	41	14	954	908	830	898	795	961	144
00:35	39	13	928	894	787	876	770	942	48
00:40	38	13	905	875	765	759	724	918	27
00:45	36	12	873	869	719	737	703	898	14
00:50	34	11	864	853	654	679	680	878	13
00:55	33	11	807	834	635	578	663	849	11
01:00	30	10	739	807	627	554	642	823	10

Figura 22. Gráfico de las mediciones del Monóxido de carbono – Muestra M2



Nota: Las mediciones 1 y 2 se encuentran en el eje secundario.

Tabla 24. Lectura de las mediciones del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M2

M2 (10% TiO ₂)									
H ₂ S									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	7.9	0.0	3.8	3.2	2.3	0.0	0.7	0.0	1.7
00:05	7.4	0.0	3.1	2.6	1.9	0.0	0.5	0.0	0.9
00:10	7.0	0.0	2.7	1.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.8
00:15	6.5	0.0	2.4	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
00:20	6.1	0.0	2.2	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
00:25	5.8	0.0	1.8	1.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
00:30	5.4	0.0	1.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
00:35	4.9	0.0	1.5	1.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
00:40	4.5	0.0	1.5	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
00:45	4.2	0.0	1.4	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
00:50	3.9	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
00:55	3.7	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01:00	3.4	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 23. Gráfico de las mediciones del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M2

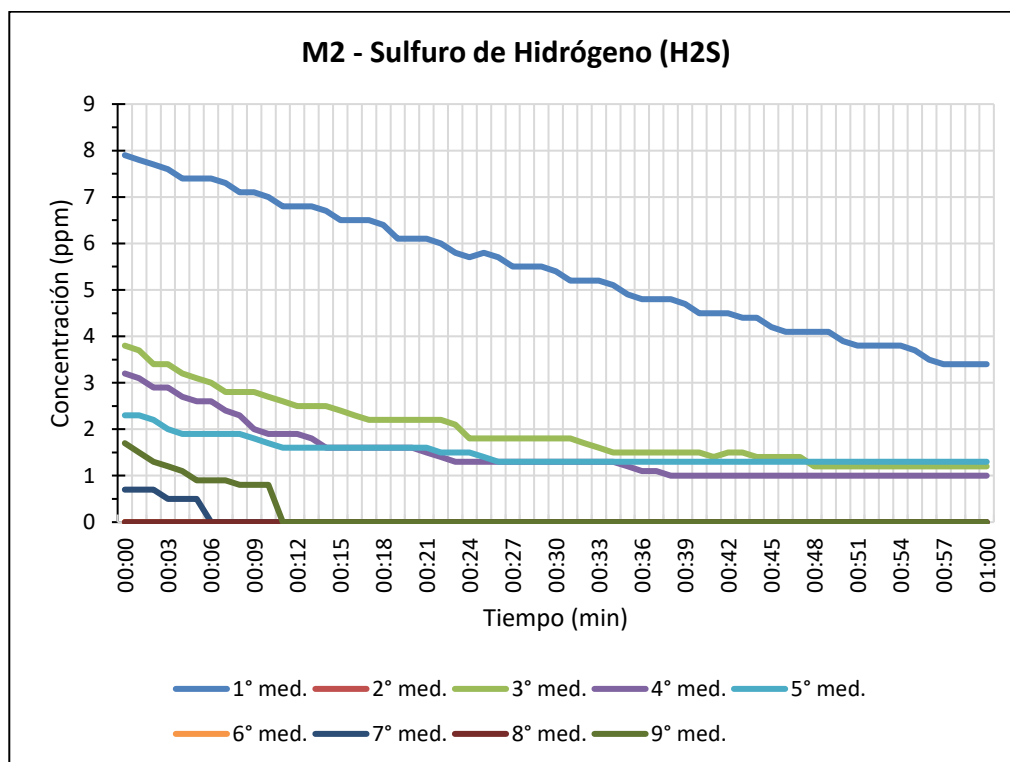


Tabla 25. Lectura de las mediciones del Oxígeno – Muestra M2

M2 (10% TiO ₂)									
O ₂ (%)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	16.2	14.7	13.9	14.8	15.2	16.8	17.7	19.1	17.9
00:05	16.2	14.8	13.9	14.9	15.3	16.8	17.8	19.1	18.0
00:10	16.3	14.9	14.1	15.2	15.4	16.9	17.8	19.1	18.0
00:15	16.4	15.4	14.2	15.3	15.5	16.9	17.9	19.1	18.2
00:20	16.5	15.6	14.3	15.5	15.6	17.0	18.0	19.2	18.3
00:25	16.5	16.1	14.4	15.6	15.8	17.1	18.1	19.2	18.4
00:30	16.6	16.2	14.6	15.7	15.9	17.2	18.1	19.3	18.5
00:35	16.6	16.4	14.8	15.8	16.0	17.3	18.2	19.3	18.6
00:40	16.7	16.5	14.9	15.9	16.1	17.4	18.2	19.4	18.7
00:45	16.8	16.6	15.0	16.0	16.2	17.5	18.3	19.4	18.8
00:50	16.9	16.7	15.1	16.1	16.3	17.6	18.4	19.4	19.8
00:55	17.1	16.8	15.3	16.2	16.4	17.6	18.5	19.4	20.1
01:00	17.2	17.0	15.4	16.3	16.5	17.7	18.5	19.5	20.2

Figura 24. Gráfico de las mediciones del Oxígeno – Muestra M2

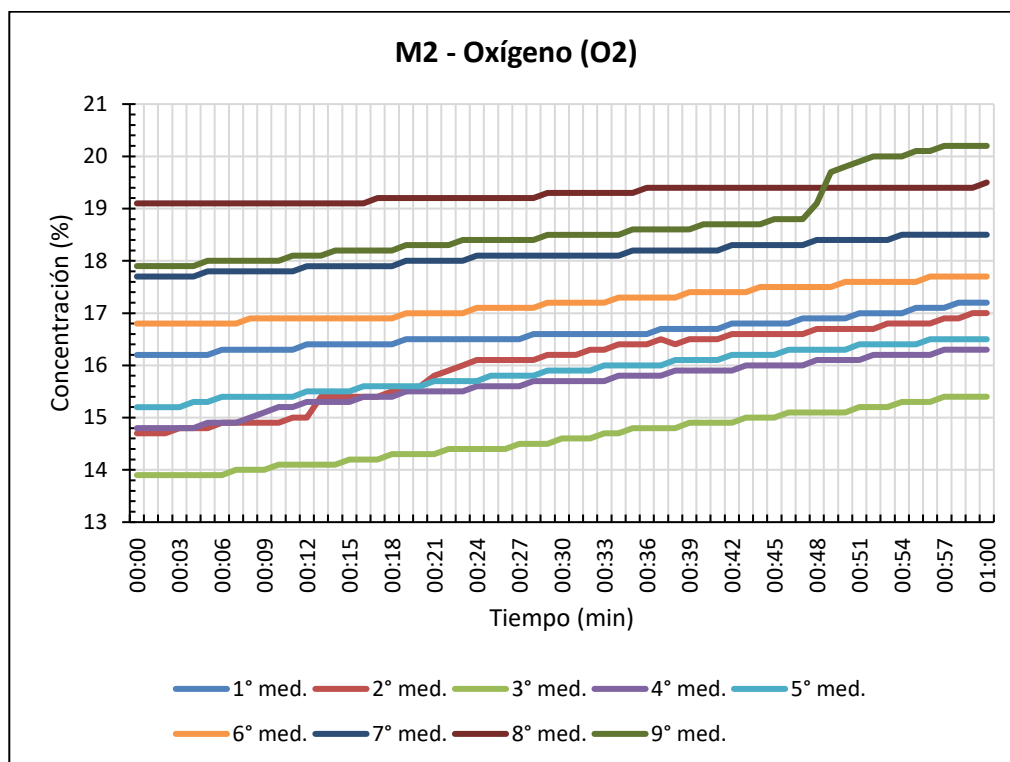


Tabla 26. Lectura de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M2

M2 (10% TiO ₂)									
SO ₂ (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	2.8	0.0	20.0	20	19.5	10.8	5.5	3.0	6.7
00:05	1.9	0.0	19.8	18.2	16.0	9.4	4.7	2.5	5.9
00:10	1.1	0.0	19.6	16.1	13.7	8.2	4.1	2.3	4.9
00:15	0.8	0.0	19.3	14.7	11.7	7.3	3.6	2.0	4.7
00:20	0.6	0.0	19.1	13.4	10.2	6.5	3.3	1.8	4.4
00:25	0.5	0.0	18.9	12.2	9.0	5.9	3.0	1.7	4.1
00:30	0.0	0.0	18.4	11.2	8.2	5.4	2.8	1.6	3.8
00:35	0.0	0.0	17.3	10.2	7.5	5.0	2.6	1.5	3.5
00:40	0.0	0.0	16.3	9.4	7.0	4.6	2.4	1.4	3.3
00:45	0.0	0.0	15.3	8.7	6.5	4.3	2.3	1.3	3.1
00:50	0.0	0.0	14.4	8.1	6.2	4.1	2.2	1.3	3.0
00:55	0.0	0.0	13.5	7.5	5.9	3.9	2.1	1.2	2.9
01:00	0.0	0.0	12.7	7.1	5.7	3.7	2.0	1.2	1.6

Figura 25. Gráfico de las mediciones del Dióxido de azufre – Muestra M2

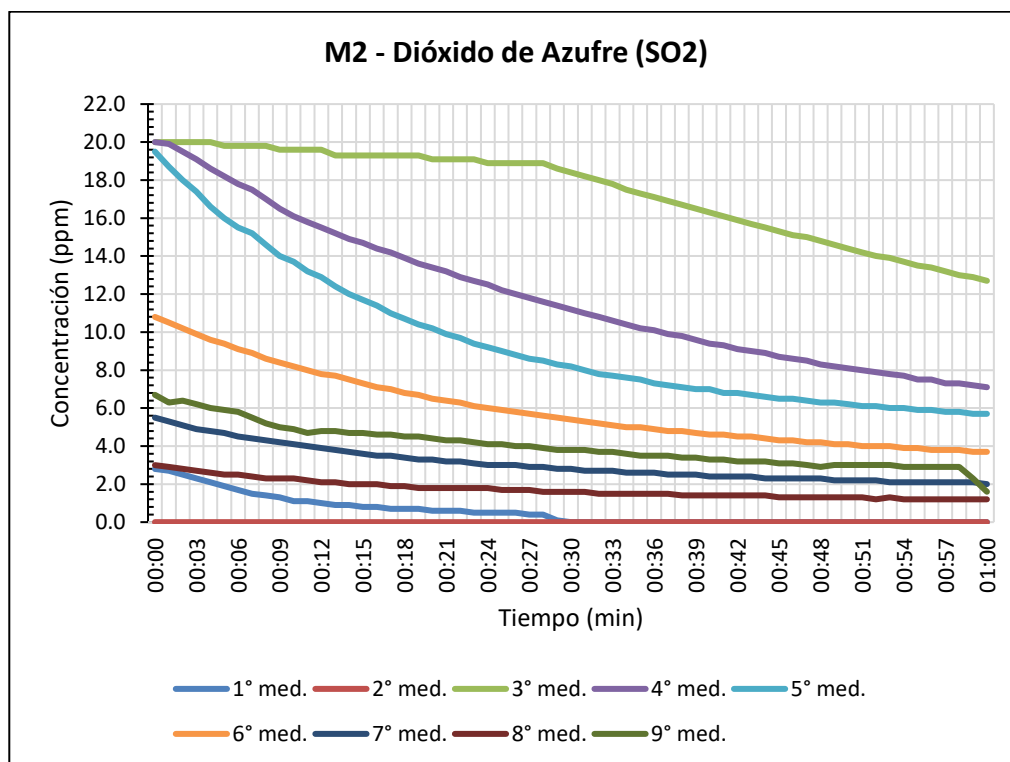
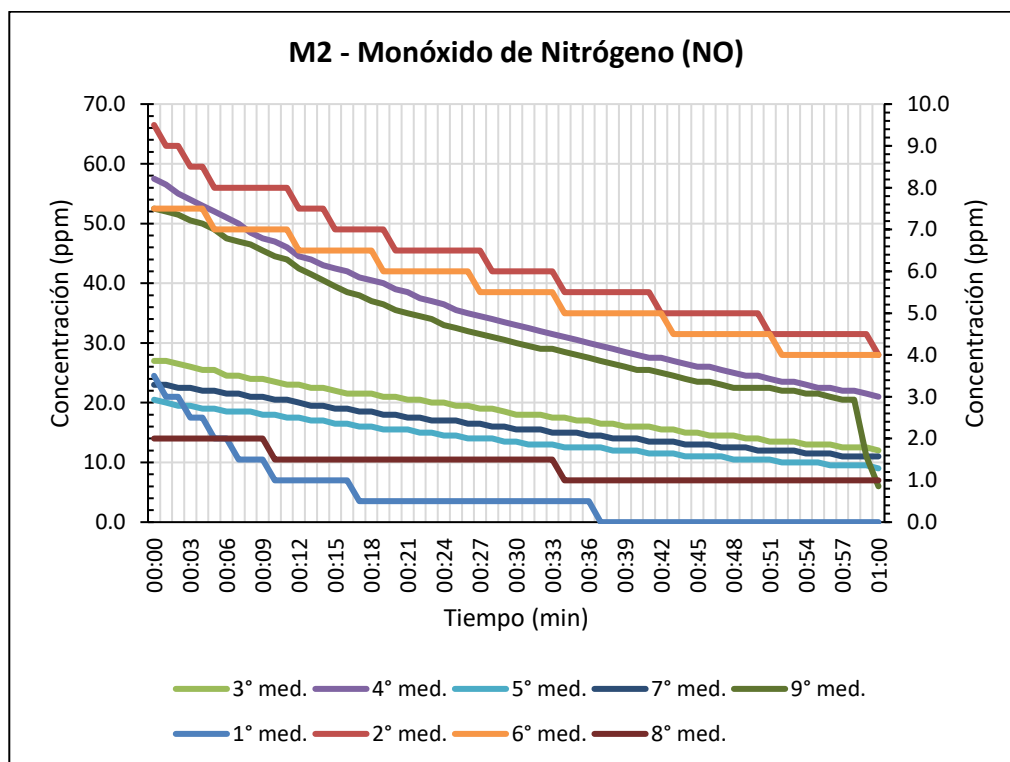


Tabla 27. Lectura de las mediciones del Monóxido de nitrógeno – Muestra M2

M2 (10% TiO₂)									
NO (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	3.5	9.5	27.0	57.5	20.5	7.5	23.0	2.0	52.5
00:05	2.0	8.0	25.5	52.0	19.0	7.0	22.0	2.0	49.0
00:10	1.0	8.0	23.5	47.0	18.0	7.0	20.5	1.5	44.5
00:15	1.0	7.0	22.0	42.5	16.5	6.5	19.0	1.5	39.5
00:20	0.5	6.5	21.0	39.0	15.5	6.0	18.0	1.5	35.5
00:25	0.5	6.5	19.5	35.5	14.5	6.0	17.0	1.5	32.5
00:30	0.5	6.0	18.0	33.0	13.5	5.5	15.5	1.5	30.0
00:35	0.5	5.5	17.0	30.5	12.5	5.0	15.0	1.0	28.0
00:40	0.0	5.5	16.0	28.0	12.0	5.0	14.0	1.0	25.5
00:45	0.0	5.0	15.0	26.0	11.0	4.5	13.0	1.0	23.5
00:50	0.0	5.0	14.0	24.5	10.5	4.5	12.0	1.0	22.5
00:55	0.0	4.5	13.0	22.5	10.0	4.0	11.5	1.0	21.5
01:00	0.0	4.0	12.0	21.0	9.0	4.0	11.0	1.0	6.0

Figura 26. Gráfico de las mediciones del Monóxido de nitrógeno – Muestra M2

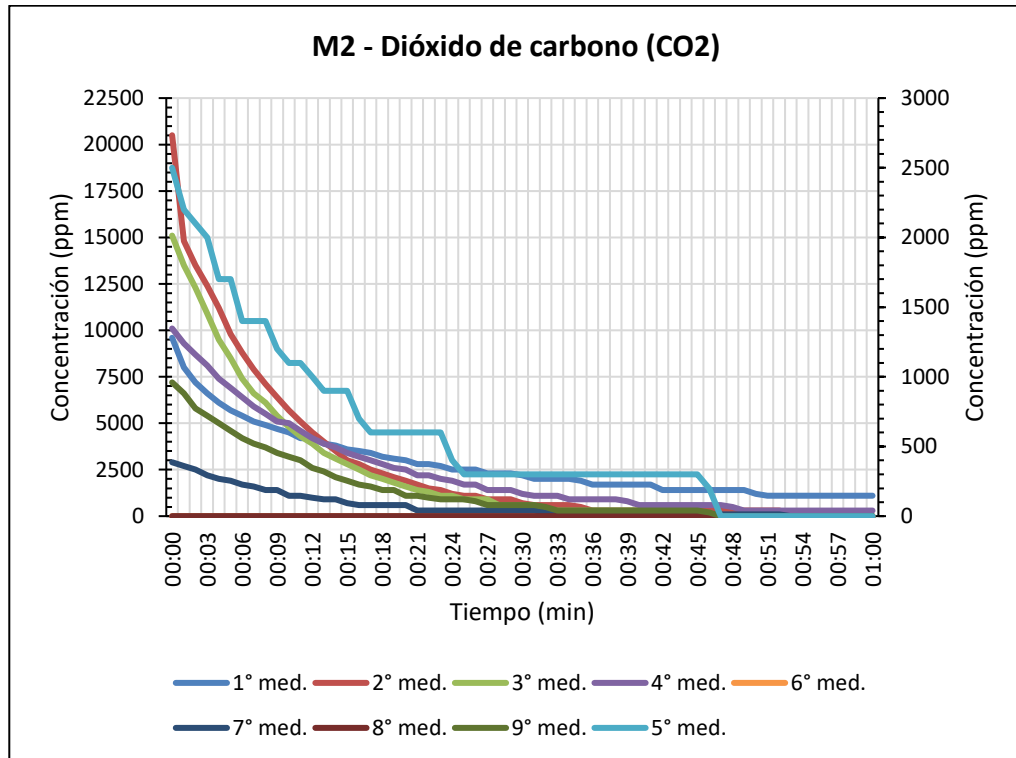


Nota: Las mediciones 1, 2, 6 y 8 se encuentran en el eje secundario.

Tabla 28. Lectura de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M2

M2 (10% TiO ₂)									
CO ₂ (ppm)									
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.
00:00	9600	20500	15100	10100	2500	0	2900	0	7200
00:05	5700	9800	8500	6900	1700	0	1900	0	4600
00:10	4500	5700	4800	5000	1100	0	1100	0	3200
00:15	3600	3000	2800	3400	900	0	700	0	1900
00:20	3000	1900	1600	2500	600	0	600	0	1100
00:25	2500	1100	900	1700	300	0	300	0	900
00:30	2200	700	600	1200	300	0	300	0	600
00:35	1900	500	300	900	300	0	200	0	300
00:40	1700	300	300	600	300	0	100	0	300
00:45	1400	300	0	600	300	0	100	0	300
00:50	1200	300	0	300	0	0	100	0	0
00:55	1100	0	0	300	0	0	0	0	0
01:00	1100	0	0	300	0	0	0	0	0

Figura 27. Gráfico de las mediciones del Dióxido de carbono – Muestra M2

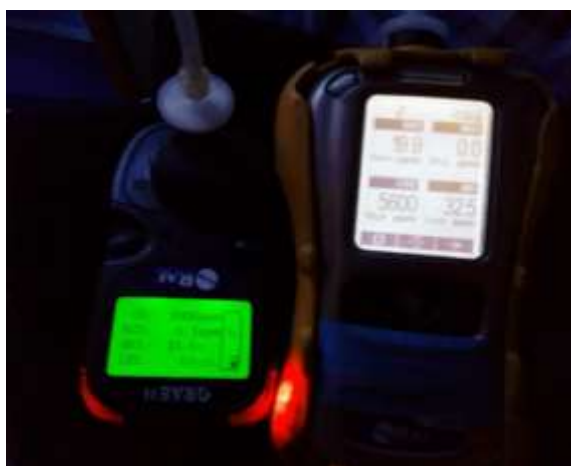


Nota: La medición 5 se encuentra en el eje secundario.

Figura 28. Especímenes de la muestra M2 dentro de la urna con los gases contaminantes



Figura 29. Medición de los gases contaminantes de la muestra M2



- **Capacidad fotocatalítica (UNI-11259)**

Se procedió a colocar los colorantes Rodamina B y Azul de metileno en las muestras M3 y M4, con el Colorímetro se realizó la primera lectura a las 0 horas. Luego se colocaron las muestras bajo luz UVA como indica la norma, finalmente se realizan lecturas a las 4 y 26 horas de haber sido expuestas a la luz UVA.

- **Para la muestra M3:**

Tabla 29. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M3

		Rodamina								
Tiempo (h)		0			2			4		
Muestra M3	L	a	b	L	a	b	L	a	b	
1	51.05	17.03	-18.56	51.04	17.01	-18.51	51.62	16.91	-19.08	
2	50.80	17.18	-17.91	50.91	16.96	-18.08	51.08	16.53	-17.45	
3	50.66	18.02	-17.77	50.63	17.90	-16.64	50.79	17.86	-18.08	
4	50.75	15.84	-15.94	50.82	15.73	-15.78	50.99	15.52	-17.80	
5	50.54	12.64	-12.88	50.68	12.60	-13.65	50.88	12.57	-14.19	
6	50.72	17.81	-18.51	50.78	17.35	-18.68	50.92	16.49	-17.61	
7	50.64	20.54	-18.71	50.79	20.35	-19.69	51.23	20.10	-21.00	
8	50.68	20.21	-20.12	50.82	20.04	-19.77	50.79	19.67	-17.55	
9	50.59	11.11	-12.64	50.65	10.78	-12.38	51.10	10.68	-14.11	
10	50.53	13.54	-14.27	50.62	13.48	-15.29	50.66	12.55	-12.77	
Promedio	50.70	16.39	-16.73	50.77	16.22	-16.85	51.01	15.89	-16.96	

Tabla 30. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M3

Rodamina									
Tiempo (h)	16			22			26		
Muestra M3	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.17	16.52	-18.99	51.16	15.83	-18.63	51.53	15.32	-18.62
2	51.64	15.80	-18.60	51.81	15.44	-18.67	51.60	15.41	-18.41
3	50.87	17.77	-17.56	50.90	17.27	-18.46	51.03	17.13	-17.63
4	51.62	14.81	-18.42	51.52	14.18	-14.85	50.93	14.14	-16.87
5	50.92	12.40	-14.48	50.89	12.34	-14.26	50.95	12.26	-14.52
6	51.06	16.46	-18.75	51.08	16.24	-18.38	51.09	16.21	-18.58
7	51.03	19.30	-20.48	51.05	19.26	-19.68	51.39	19.04	-20.37
8	51.02	19.46	-20.56	51.05	19.30	-20.56	51.05	19.27	-20.76
9	50.91	10.57	-13.86	50.98	10.50	-13.60	50.89	10.31	-13.21
10	50.61	12.34	-13.07	50.63	12.32	-12.92	50.79	12.26	-13.41
Promedio	51.09	15.54	-17.48	51.11	15.27	-17.00	51.12	15.13	-17.24

Figura 30. Gráfico de la variación promedio de la coordenada "a" - muestra M3

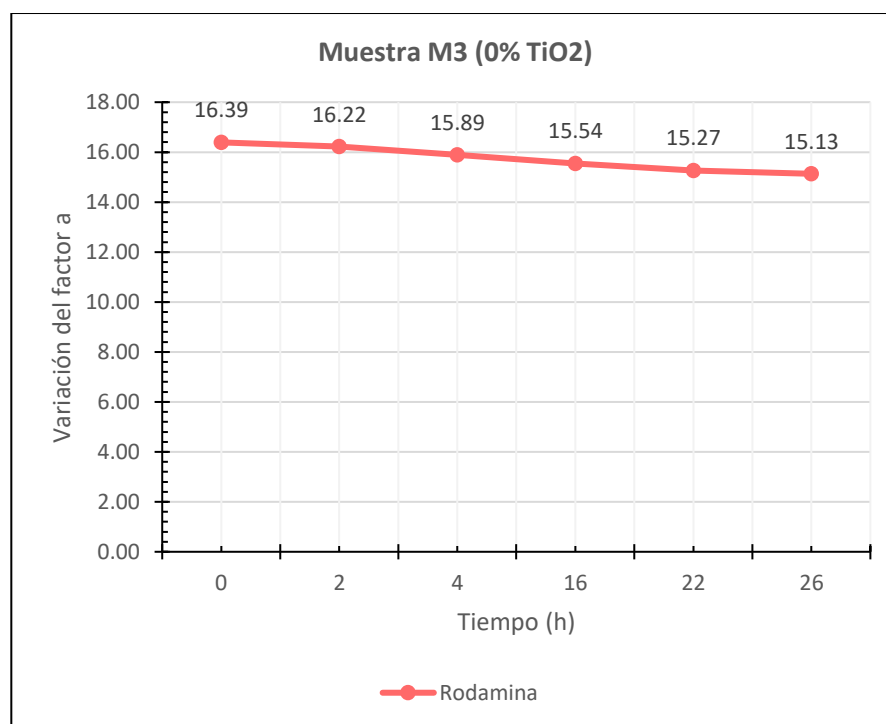


Tabla 31. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M3

Azul de metileno									
Tiempo (h)	0			2			4		
Muestra M3	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.53	-13.90	-12.37	52.49	-15.48	-12.28	52.28	-17.68	-12.26
2	52.24	-11.99	-14.53	53.04	-15.99	-14.17	52.84	-13.87	-13.70
3	50.66	-13.07	-12.46	50.82	-13.13	-11.72	51.65	-13.28	-11.71
4	52.66	-12.38	-14.98	51.26	-14.34	-14.92	51.05	-11.58	-14.76
5	51.16	-13.11	-14.62	50.90	-12.62	-14.61	51.01	-11.81	-14.58
6	50.74	-10.61	-13.72	52.39	-14.42	-13.39	52.71	-15.09	-13.37
7	50.25	-14.62	-10.23	50.71	-13.55	-10.19	51.47	-14.91	-9.95
8	50.23	-14.58	-12.14	51.49	-13.12	-12.09	51.26	-12.65	-11.58
9	50.68	-11.35	-11.88	51.53	-12.71	-11.55	50.91	-10.97	-11.49
10	50.39	-14.05	-13.07	50.68	-15.44	-12.91	51.32	-13.35	-12.59
Promedio	51.05	-12.97	-13.00	51.53	-14.08	-12.78	51.65	-13.52	-12.60

Tabla 32. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M3

Azul de metileno									
Tiempo (h)	16			22			26		
Muestra M3	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	53.20	-17.96	-12.24	52.87	-19.01	-12.22	53.81	-21.43	-12.21
2	55.21	-23.95	-13.35	53.43	-18.58	-12.92	55.65	-25.15	-12.91
3	51.25	-13.65	-11.53	51.27	-13.68	-11.50	51.21	-13.25	-11.47
4	50.97	-14.61	-14.67	52.02	-17.26	-14.65	52.73	-18.72	-14.64
5	52.23	-17.19	-14.39	52.20	-17.18	-14.35	53.26	-19.34	-14.32
6	50.90	-15.48	-14.59	50.84	-16.21	-14.89	52.41	-19.18	-13.71
7	52.38	-20.13	-9.75	51.16	-16.17	-9.71	51.84	-17.05	-9.68
8	51.57	-14.99	-11.31	51.42	-13.86	-11.10	51.91	-15.91	-11.07
9	52.37	-15.11	-11.48	52.97	-16.26	-11.38	53.68	-18.55	-11.33
10	51.29	-15.66	-12.32	50.91	-13.76	-12.30	50.88	-14.04	-12.22
Promedio	52.14	-16.87	-12.56	51.91	-12.48	-12.50	52.74	-18.26	-12.36

Figura 31. Gráfico de la variación promedio de la coordenada "b" - muestra M3

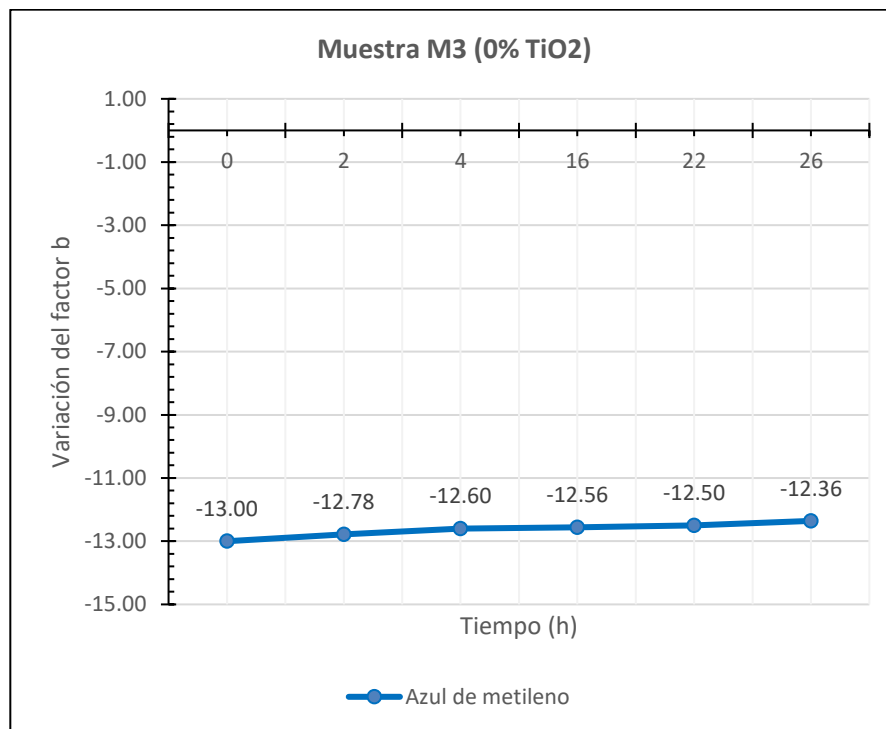


Figura 32. Muestra M3 expuesta a la luz UV-A



- Para la muestra M4:

Tabla 33. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M4

		Rodamina								
Tiempo (H)		0			2			4		
Muestra M4	L	a	b	L	a	b	L	a	b	
1	53.72	12.70	-22.27	54.17	10.08	-20.55	55.61	5.77	-20.12	
2	55.61	13.04	-22.73	57.59	12.71	-22.34	56.62	9.63	-20.22	
3	53.55	11.00	-19.52	54.16	8.50	-18.82	54.56	6.76	-18.40	
4	53.00	14.93	-21.58	53.67	13.14	-20.94	54.19	10.49	-20.39	
5	54.82	11.33	-23.44	54.53	10.80	-22.66	55.99	6.47	-21.81	
6	53.72	10.66	-20.32	54.08	7.01	-18.68	54.62	5.84	-18.58	
7	51.90	17.87	-21.63	52.63	13.64	-19.66	53.59	11.31	-19.72	
8	55.36	7.58	-21.66	54.05	6.85	-17.98	56.05	5.46	-20.32	
9	53.63	11.63	-21.48	54.23	10.54	-19.92	54.83	8.52	-20.03	
10	54.83	9.84	-22.55	55.49	7.58	-20.44	55.97	6.85	-21.11	
Promedio	54.01	12.06	-21.72	54.46	10.09	-20.20	55.20	7.71	-20.07	

Tabla 34. Lectura de las mediciones del colorante rodamina a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M4

		Rodamina								
Tiempo (H)		16			22			26		
Muestra M4	L	a	b	L	a	b	L	a	b	
1	55.94	3.55	-18.65	56.59	2.65	-18.06	56.22	2.24	-18.10	
2	56.94	5.39	-17.97	60.13	3.99	-18.38	56.02	2.54	-17.91	
3	54.68	4.42	-16.54	55.94	3.41	-16.21	56.25	2.33	-16.49	
4	54.65	9.08	-19.54	56.00	3.35	-17.40	56.07	3.14	-17.56	
5	56.65	4.85	-19.96	57.52	3.69	-18.82	56.90	2.54	-18.85	
6	54.92	4.82	-18.02	55.32	3.37	-17.80	56.19	2.65	-17.72	
7	55.20	8.90	-18.61	55.40	4.21	-18.26	55.44	3.28	-17.66	
8	55.14	4.05	-16.93	55.53	2.85	-16.74	56.49	2.13	-17.55	
9	55.62	6.32	-17.70	55.82	3.45	-17.47	55.77	2.17	-17.05	
10	55.95	4.08	-17.59	57.49	3.17	-18.28	56.93	2.99	-18.99	
Promedio	55.57	5.55	-18.15	56.57	3.41	-17.74	56.23	2.60	-17.79	

Figura 33. Gráfico de la variación promedio de la coordenada "a" - muestra M4

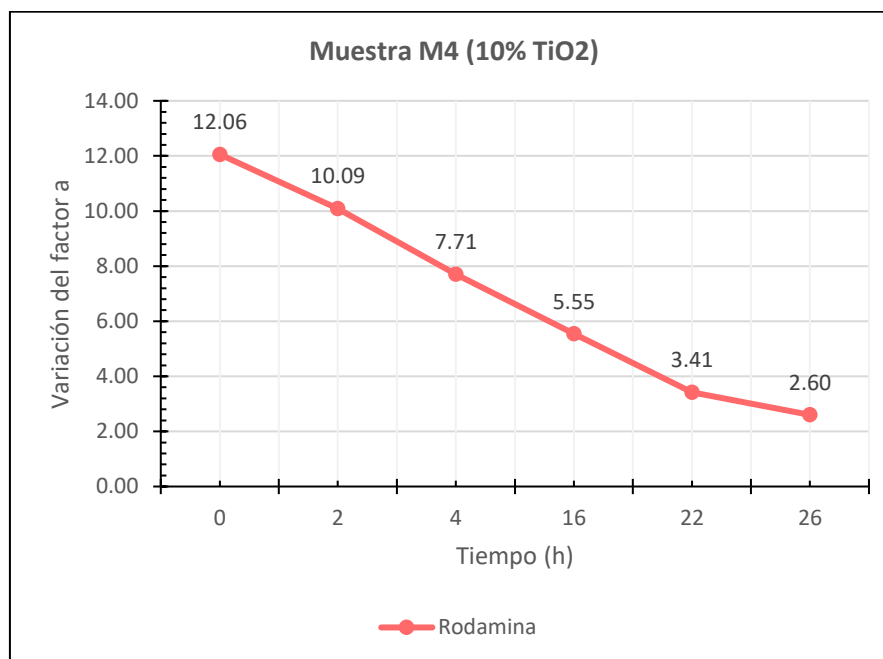


Tabla 35. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 0, 2 y 4 horas – Muestra M4

Azul de metileno									
Tiempo (H)	0			2			4		
Muestra M4	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	59.94	-34.26	-11.36	59.47	-32.07	-10.54	61.40	-37.33	-8.88
2	62.59	-42.80	-12.37	62.01	-40.63	-11.92	65.69	-49.93	-9.87
3	60.41	-35.72	-11.71	61.11	-37.08	-10.34	61.84	-38.87	-9.32
4	56.84	-24.80	-12.19	59.55	-32.08	-10.12	60.73	-35.54	-9.28
5	59.72	-32.67	-11.63	58.92	-30.52	-11.06	63.54	-43.02	-9.12
6	63.46	-43.38	-10.28	61.99	-39.08	-9.69	63.98	-31.88	-8.17
7	58.57	-30.21	-13.02	61.04	-36.47	-10.60	63.09	-42.20	-9.95
8	58.28	-28.22	-11.41	58.16	-27.83	-10.99	62.64	-40.08	-8.87
9	63.64	-44.01	-9.84	63.97	-44.72	-9.30	66.80	-51.76	-7.84
10	58.57	-30.45	-14.48	58.13	-29.39	-13.80	62.64	-42.41	-11.39
Promedio	60.20	-34.65	-11.83	60.44	-34.99	-10.84	63.23	-41.30	-9.27

Tabla 36. Lectura de las mediciones del colorante azul de metileno a las 16, 22 y 26 horas – Muestra M4

Azul de metileno									
Tiempo (H)	16			22			26		
Muestra M4	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	62.30	-40.55	-7.22	62.37	-40.75	-6.30	62.39	-40.70	-4.92
2	64.30	-46.79	-9.50	66.09	-51.51	-7.75	66.42	-49.46	-5.59
3	63.01	-42.48	-8.98	63.38	-43.55	-7.34	63.09	-40.73	-5.45
4	60.53	-35.36	-8.91	61.64	-38.57	-7.04	63.20	-42.83	-5.82
5	63.23	-42.77	-8.30	63.18	-42.82	-7.64	64.20	-46.00	-5.63
6	64.83	-47.19	-8.13	64.89	-47.44	-6.84	65.26	-47.68	-5.11
7	61.08	-37.56	-8.83	62.03	-42.04	-7.43	63.98	-45.20	-6.31
8	61.20	-37.26	-8.65	61.84	-39.03	-6.79	62.44	-41.52	-5.56
9	65.79	-49.88	-8.10	65.03	-47.77	-6.66	65.33	-52.22	-4.61
10	62.06	-41.23	-10.90	62.96	-43.20	-9.29	62.74	-44.08	-7.09
Promedio	62.83	-42.11	-8.75	63.34	-43.67	-7.31	63.91	-45.04	-5.61

Figura 34. Gráfico de la variación promedio de la coordenada "b" - muestra M4

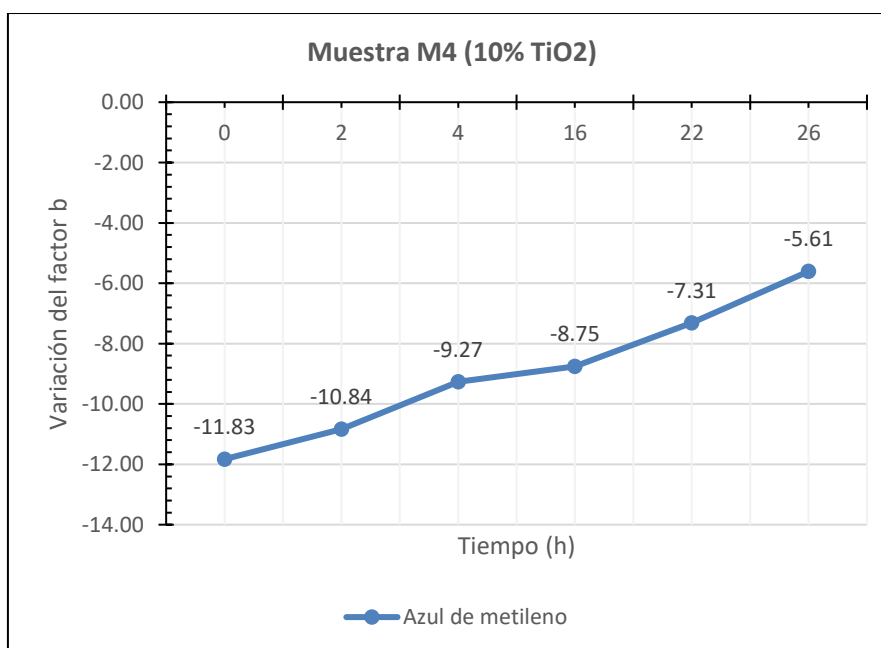


Figura 35. Muestra M3 expuesta a la luz UV-A



- **Resistencia a la compresión (MTC E 609 / NTP 334.051)**

Se realizó la evaluación de la resistencia a la compresión de las muestras M5 y M6 siguiendo las especificaciones de la norma, para este caso se hicieron roturas a los 14 días teniendo en cuenta que a esa edad los especímenes alcanzan un porcentaje significativo (85%) de la resistencia diseñada y para efectos de una comparación se proyectó la resistencia que tendrían los especímenes de cada muestra a los 28 días (100% de la resistencia diseñada).

- Para la muestra M5:

Tabla 37. Resistencia a compresión a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M5

Muestra M5	Área (cm ²)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) proyectado a 28 días
1	25.8	5148	200	235
2	25.3	3998	158	186
3	25.5	4936	194	228
4	25.5	4873	191	225
5	25.0	4977	199	234
6	25.5	4949	194	228
7	25.0	3547	142	167
8	25.3	4670	185	217
9	25.5	4372	171	202
Promedio			181	214

Tabla 38. Resistencia a compresión y porcentaje de rendimiento a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M5

Muestra M5	F'c (kg/cm ²)	% F'c a los 14 días	F'c (kg/cm ²) proyectado a 28 días	% F'c a los 28 días
1	200	138%	235	162%
2	158	109%	186	128%
3	194	133%	228	157%
4	191	132%	225	155%
5	199	137%	234	162%
6	194	134%	228	157%
7	142	98%	167	115%
8	185	127%	217	150%
9	171	118%	202	139%
Promedio	181	125%	214	147%

Figura 36. Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra M5



- Para la muestra M6:

Tabla 39. Resistencia a compresión a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M6

Muestra M6	Área (cm ²)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) proyectado a 28 días
1	25.5	2877	113	133
2	25.5	2671	105	123
3	25.5	3597	141	166
4	26.0	3656	141	165
5	25.0	3450	138	162
6	25.3	3294	130	153
7	25.0	3539	142	167
8	25.5	4055	159	187
9	25.0	3491	140	164
Promedio			134	158

Tabla 40. Resistencia a compresión y porcentaje de rendimiento a los 14 días y proyección a los 28 días – Muestra M6

Muestra M6	F'c (kg/cm ²)	% F'c a los 14 días	F'c (kg/cm ²) proyectado a 28 días	% F'c a los 28 días
1	113	78%	133	92%
2	105	72%	123	85%
3	141	97%	166	114%
4	141	97%	165	114%
5	138	95%	162	112%
6	130	90%	153	106%
7	142	98%	167	115%
8	159	110%	187	129%
9	140	96%	164	113%
Promedio	134	93%	158	109%

Figura 37. *Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra M6*



2.5. Aspectos éticos

Para cumplir con los objetivos de esta investigación se tomaron en cuenta las pautas y cuidados antes, durante y después de la manipulación de los componentes del mortero fotocatalítico (cemento y dióxido de titanio) mediante el uso de las hojas de Datos de Seguridad de Materiales (conocidas por sus siglas en inglés: MSDS) teniendo en cuenta el marco regulatorio nacional sobre la gestión de las sustancias químicas que se fundamenta en tres leyes nacionales: la ley N° 26842 – Ley General de Salud (1997); la ley N° 28611 – Ley General del Ambiente (2005) y el Decreto Ley N° 1059, que aprueba la Ley General de Sanidad Agraria (2008), con la finalidad de no afectar al medio ambiente ni a la salud de la población.

Una vez ya aplicado el mortero fotocatalítico este resulta beneficioso para el medio ambiente y la salud de la población, ya que posee las propiedades descontaminante y autolimpiable mejorando la calidad del aire.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Cantidad de gases contaminantes

3.1.1. Resumen de las 9 mediciones:

Tabla 41. Resumen de las lecturas de los gases contaminantes en la urna de vidrio– Muestra M1 y M2

Resumen de mediciones de Gases														
Med.	Tiempo (hh:mm)	CO (ppm)		H ₂ S (ppm)		O ₂ (%)		SO ₂ (ppm)		NO (ppm)		CO ₂ (ppm)		
		M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	
1	Inicio	00:00	50	50	7.4	7.9	16.0	16.2	20.0	2.8	34.8	3.5	10500	9600
	Fin	01:00	49	30	7.2	3.4	15.8	17.2	19.8	0.0	34.8	0.0	10450	1100
2	Inicio	00:00	18	18	0.0	0.0	14.7	14.7	23.0	0.0	37.0	9.5	12500	20500
	Fin	01:00	18	10	0.0	0.0	14.7	17.0	21.0	0.0	36.9	4.0	12500	0
3	Inicio	00:00	1000	1000	3.7	3.8	15.5	13.9	19.6	20.0	40.0	27.0	10500	15100
	Fin	01:00	1000	739	3.6	1.2	15.4	15.4	19.6	12.7	39.0	12.0	10450	0
4	Inicio	00:00	989	1000	3.2	3.2	16.0	14.8	25.0	20.0	35.0	57.5	9000	10100
	Fin	01:00	989	807	3.2	1.0	15.8	16.3	24.0	7.1	34.8	21.0	9000	300
5	Inicio	00:00	875	1000	2.3	2.3	15.8	15.2	19.8	19.5	23.0	20.5	13500	2500
	Fin	01:00	875	627	2.3	1.3	15.8	16.5	20.0	5.7	21.0	9.0	12500	0
6	Inicio	00:00	80	1000	4.5	0.0	14.5	16.8	20.0	10.8	43.0	7.5	9500	0
	Fin	01:00	80	554	4.5	0.0	14.4	17.7	19.8	3.7	43.0	4.0	9500	0
7	Inicio	00:00	1000	1000	0.9	0.7	14.7	17.7	18.0	5.5	28.0	23.0	15400	2900
	Fin	01:00	1000	642	0.9	0.0	14.6	18.5	18.0	2.0	28.0	11.0	15350	0
8	Inicio	00:00	987	1000	6.5	0.0	15.8	19.1	24.0	3.0	36.0	2.0	8500	0
	Fin	01:00	987	823	6.4	0.0	15.8	19.5	24.0	1.2	36.0	1.0	7550	0
9	Inicio	00:00	98	1000	1.8	1.7	16.0	17.9	20.0	6.7	26.0	52.5	12500	7200
	Fin	01:00	98	10	1.9	0.0	15.9	20.2	19.8	1.6	26.0	6.0	12000	0

3.1.2. Mediciones promedio

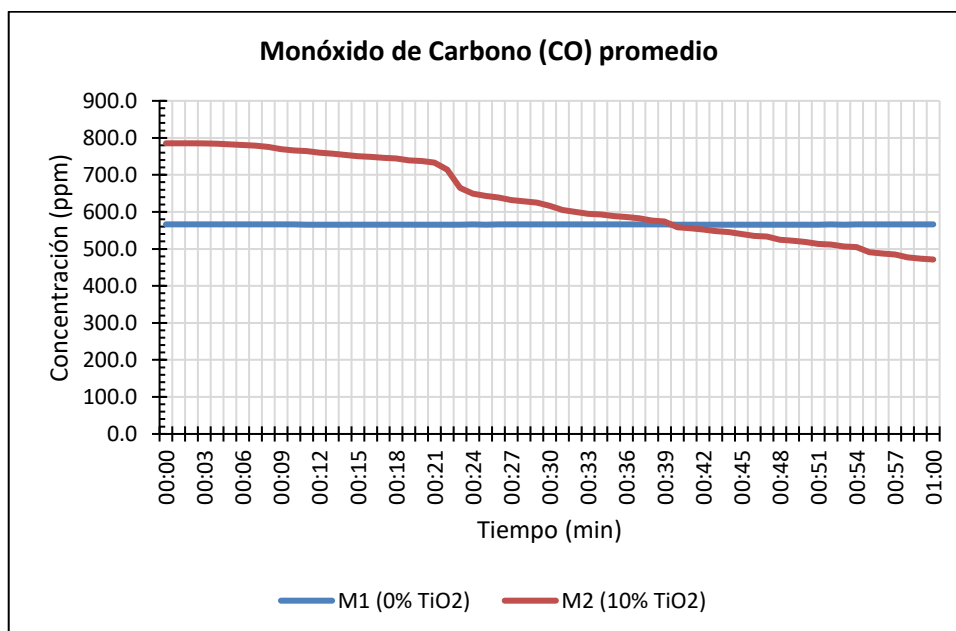
Para calcular el porcentaje promedio no se tomaron en cuenta las mediciones en donde los equipos no registraron la presencia de algunos gases, es decir las mediciones que inician con una concentración 0. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Monóxido de Carbono (CO):**

Tabla 42. Mediciones promedio del Monóxido de carbono – Muestra M1 y M2

Tiempo	CO (ppm) promedio	
	M1 (0% TiO ₂)	M2 (10% TiO ₂)
00:00	566.3	785.3
00:05	566.3	782.8
00:10	566.2	766.2
00:15	565.4	750.6
00:20	565.6	737.2
00:25	565.7	643.2
00:30	566.2	616.1
00:35	566.1	588.6
00:40	565.6	558.2
00:45	565.6	540.1
00:50	565.8	518.4
00:55	566.1	491.2
01:00	566.2	471.3

Figura 38. Mediciones promedio del Monóxido de carbono – Muestra M1 y M2



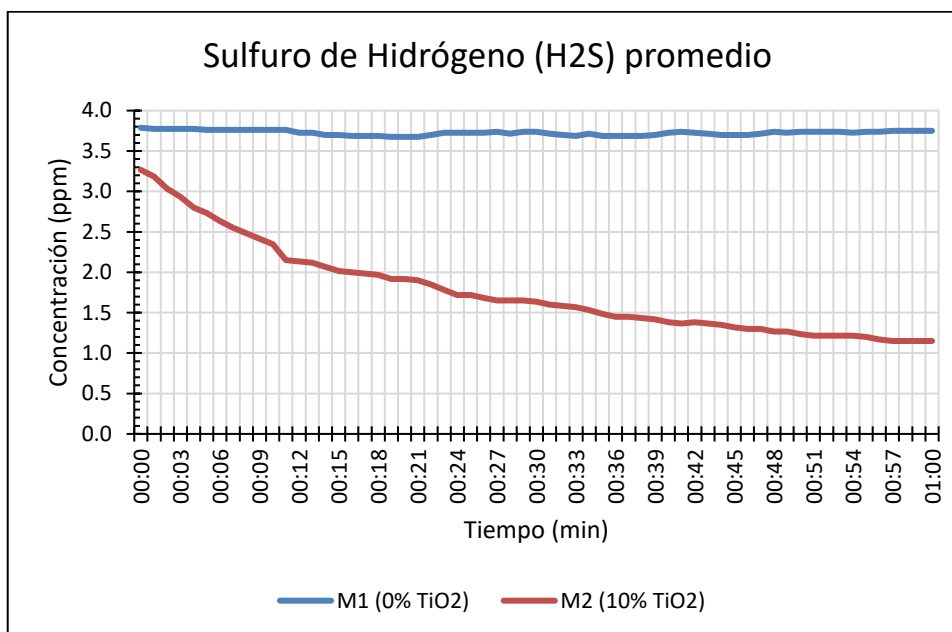
En la figura 38 se observa que la concentración del monóxido de carbono (CO) para la muestra M1 inicialmente con una lectura de 566.3 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta ligeras variaciones, no significativas, debido al constante movimiento errático de los gases dentro de la urna de cristal, ya que su lectura final con 566.2 ppm resultó muy similar a la inicial. También se observa que para la muestra M2 la concentración inicial del monóxido de carbono (CO) es de 785.3 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta variaciones significativas, evidenciándose de esta manera el efecto fotocatalítico al disminuir su concentración a 471.3 ppm.

- **Sulfuro de Hidrógeno (H₂S):**

Tabla 43. Mediciones promedio del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M1 y M2

Tiempo	H ₂ S (ppm) promedio	
	M1 (0% TiO ₂)	M2 (10% TiO ₂)
00:00	3.8	3.3
00:05	3.8	2.7
00:10	3.8	2.4
00:15	3.7	2.0
00:20	3.7	1.9
00:25	3.7	1.7
00:30	3.7	1.6
00:35	3.7	1.5
00:40	3.7	1.4
00:45	3.7	1.3
00:50	3.7	1.2
00:55	3.7	1.2
01:00	3.8	1.2

Figura 39. Mediciones promedio del Sulfuro de hidrógeno – Muestra M1 y M2



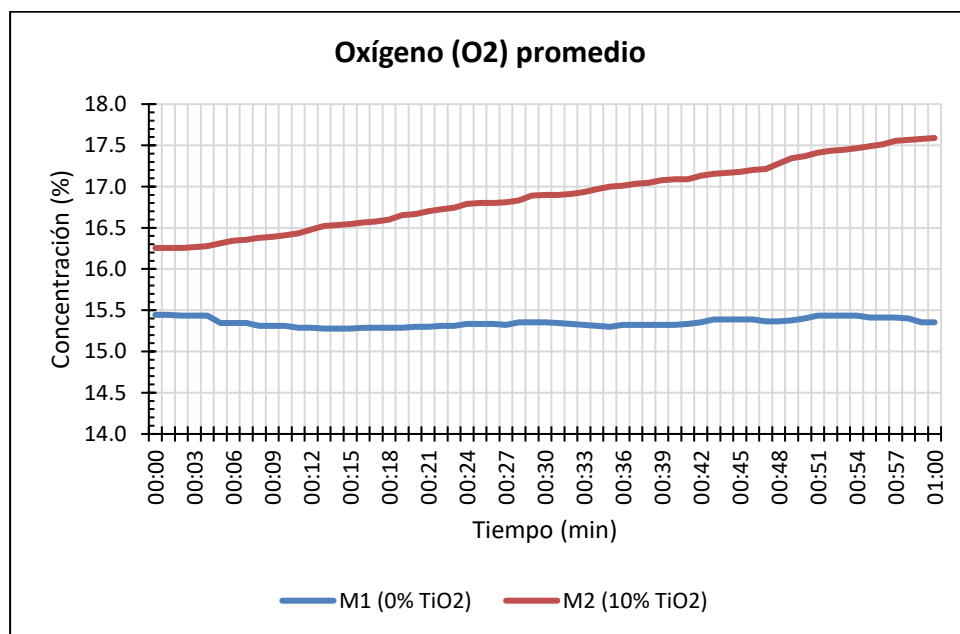
En la figura 39 se observa que la concentración del sulfuro de hidrógeno (H₂S) para la muestra M1 inicialmente con una lectura de 3.8 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta ligeras variaciones, no significativas, debido al constante movimiento errático de los gases dentro de la urna de cristal, ya que su lectura final con 3.8 ppm resultó muy similar a la inicial. También se observa que para la muestra M2 la concentración inicial del sulfuro de hidrógeno (H₂S) es de 3.3 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta variaciones significativas, evidenciándose de esta manera el efecto fotocatalítico al disminuir su concentración a 1.2 ppm.

- Oxígeno (O₂):

Tabla 44. Mediciones promedio del Oxígeno – Muestra M1 y M2

Tiempo	O ₂ (%) promedio	
	M1 (0% TiO ₂)	M2 (10% TiO ₂)
00:00	15.4	16.3
00:05	15.3	16.3
00:10	15.3	16.4
00:15	15.3	16.5
00:20	15.3	16.7
00:25	15.3	16.8
00:30	15.4	16.9
00:35	15.3	17.0
00:40	15.3	17.1
00:45	15.4	17.2
00:50	15.4	17.4
00:55	15.4	17.5
01:00	15.4	17.6

Figura 40. Mediciones promedio del Oxígeno – Muestra M1 y M2



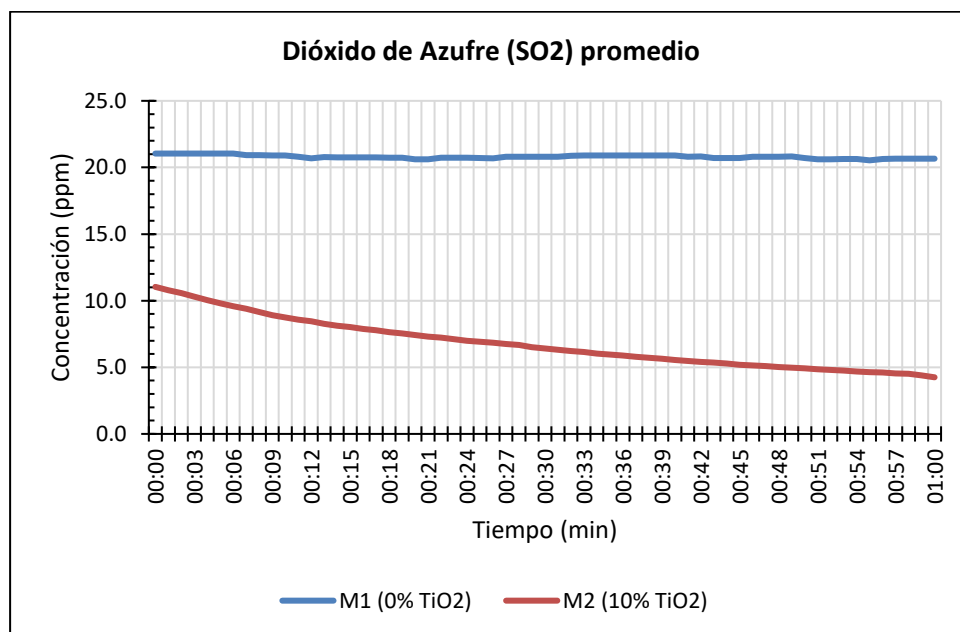
En la figura 40 se observa que la concentración del oxígeno (O₂) para la muestra M1 inicialmente con una lectura de 15.4%, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta ligeras variaciones, no significativas, debido al constante movimiento errático de los gases dentro de la urna de cristal, ya que su lectura final resultó ser la misma a la inicial (15.4%). También se observa que para la muestra M2 la concentración inicial de oxígeno (O₂) es de 16.3% y después de una hora de exposición a la luz UV-A aumenta a 17.6%, esto debido a la degradación de los demás gases producto del efecto fotocatalítico

- **Dióxido de Azufre (SO₂):**

Tabla 45. Mediciones promedio del Dióxido de azufre – Muestra M1 y M2

Tiempo	SO ₂ (ppm) promedio	
	M1 (0% TiO ₂)	M2 (10% TiO ₂)
00:00	21.0	11.0
00:05	21.0	9.8
00:10	20.9	8.8
00:15	20.8	8.0
00:20	20.6	7.4
00:25	20.7	6.9
00:30	20.8	6.4
00:35	20.9	6.0
00:40	20.9	5.6
00:45	20.7	5.2
00:50	20.7	4.9
00:55	20.5	4.6
01:00	20.7	4.3

Figura 41. Mediciones promedio del Dióxido de azufre– Muestra M1 y M2



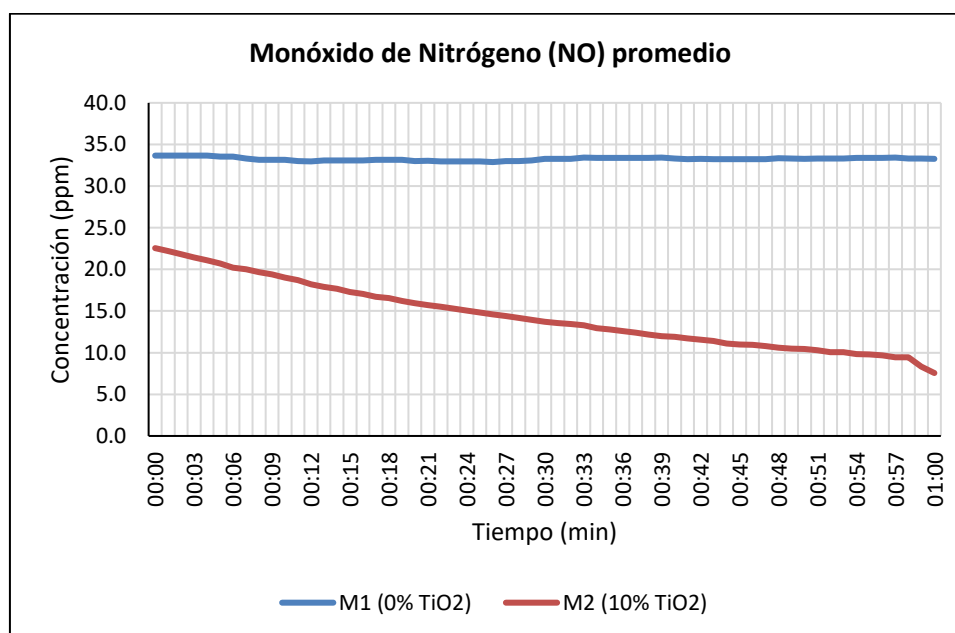
En la figura 41 se observa que la concentración del dióxido de azufre (SO₂) para la muestra M1 inicialmente con una lectura de 21 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta ligeras variaciones, no significativas, debido al constante movimiento errático de los gases dentro de la urna de cristal, ya que su lectura final con 20.7 ppm resultó muy similar a la inicial. También se observa que para la muestra M2 la concentración inicial del dióxido de azufre (SO₂) es de 11.0 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta variaciones significativas, evidenciándose de esta manera el efecto fotocatalítico al disminuir su concentración a 4.3 ppm.

• **Monóxido de Nitrógeno (NO):**

Tabla 46. Mediciones promedio del Monóxido de nitrógeno – Muestra M1 y M2

Tiempo	NO (ppm) promedio	
	M1 (0% TiO ₂)	M2 (10% TiO ₂)
00:00	33.7	22.6
00:05	33.6	20.7
00:10	33.2	19.0
00:15	33.1	17.3
00:20	33.0	15.9
00:25	33.0	14.8
00:30	33.3	13.7
00:35	33.4	12.8
00:40	33.3	11.9
00:45	33.3	11.0
00:50	33.3	10.4
00:55	33.4	9.8
01:00	33.3	7.6

Figura 42. Mediciones promedio del Monóxido de nitrógeno – Muestra M1 y M2



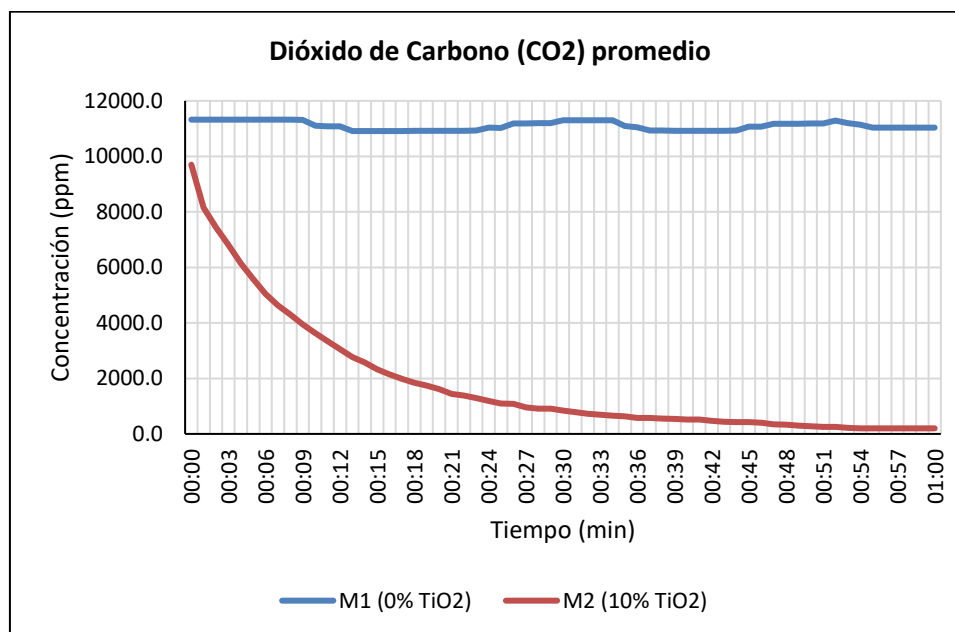
En la figura 42 se observa que la concentración del monóxido de nitrógeno (NO) para la muestra M1 inicialmente con una lectura de 33.7 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta ligeras variaciones, no significativas, debido al constante movimiento errático de los gases dentro de la urna de cristal, ya que su lectura final con 33.3 ppm resultó muy similar a la inicial. También se observa que para la muestra M2 la concentración inicial del monóxido de nitrógeno (NO) es de 22.6 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta variaciones significativas, evidenciándose de esta manera el efecto fotocatalítico al disminuir su concentración a 7.6 ppm.

- **Dióxido de Carbono (CO₂):**

Tabla 47. Mediciones promedio del Dióxido de carbono – Muestra M1 y M2

Tiempo	CO ₂ (ppm) promedio	
	M1 (0% TiO ₂)	M2 (10% TiO ₂)
00:00	11322.2	9700.0
00:05	11322.2	5585.7
00:10	11100.0	3628.6
00:15	10911.1	2328.6
00:20	10916.7	1614.3
00:25	11027.8	1100.0
00:30	11300.0	842.9
00:35	11088.9	628.6
00:40	10923.3	514.3
00:45	11073.3	428.6
00:50	11181.1	271.4
00:55	11033.3	200.0
01:00	11033.3	200.0

Figura 43. Mediciones promedio del Dióxido de carbono – Muestra M1 y M2



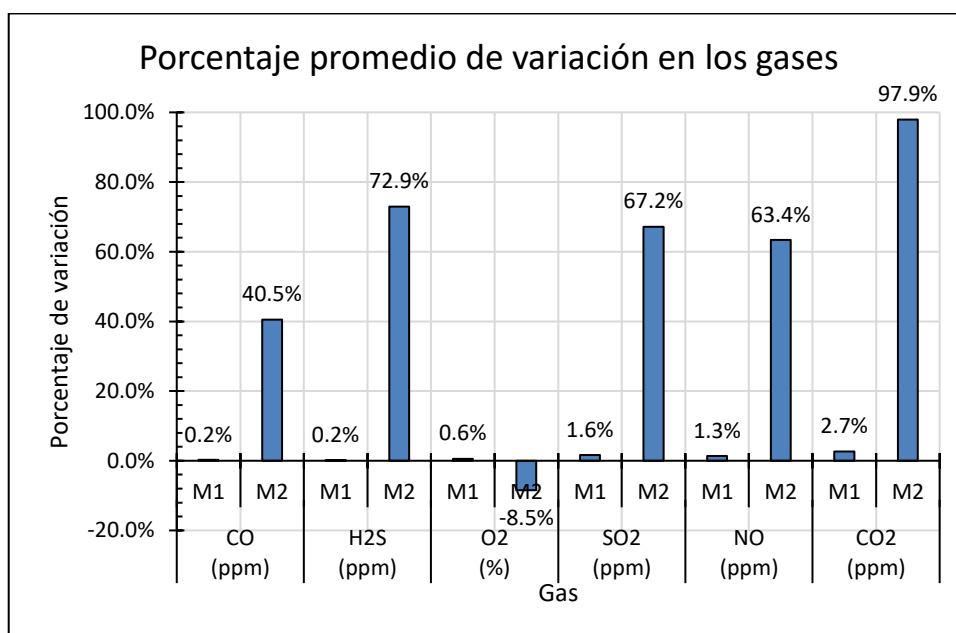
En la figura 43 se observa que la concentración del dióxido de carbono (CO₂) para la muestra M1 inicialmente con una lectura de 11322.2 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta ligeras variaciones, no significativas, debido al constante movimiento errático de los gases dentro de la urna de cristal, ya que su lectura final con 11033.3 ppm resultó muy similar a la inicial. También se observa que para la muestra M2 la concentración inicial del dióxido de carbono (CO₂) es de 9700 ppm, después de una hora expuesta a la luz UV-A presenta variaciones significativas, evidenciándose de esta manera el efecto fotocatalítico al disminuir su concentración a 200 ppm.

3.1.3. Porcentaje de Variación

Tabla 48. Porcentaje de variación en los gases – Muestra M1 y M2

Med.	Tiempo (h)	Porcentaje de variación en los gases											
		CO (ppm)		H ₂ S (ppm)		O ₂ (%)		SO ₂ (ppm)		NO (ppm)		CO ₂ (ppm)	
		M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
1	01:00	2.0%	40.0%	2.7%	57.0%	1.3%	-6.2%	1.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.5%	88.5%
2	01:00	0.0%	44.4%	-	-	0.0%	-15.6%	8.7%	-	0.3%	57.9%	0.0%	100.0%
3	01:00	0.0%	26.1%	2.7%	68.4%	0.6%	-10.8%	0.0%	36.5%	2.5%	55.6%	0.5%	100.0%
4	01:00	0.0%	19.3%	0.0%	68.8%	1.3%	-10.1%	4.0%	64.5%	0.6%	63.5%	0.0%	97.0%
5	01:00	0.0%	37.3%	0.0%	43.5%	0.0%	-8.6%	-1.0%	70.8%	8.7%	56.1%	7.4%	100.0%
6	01:00	0.0%	44.6%	0.0%	-	0.7%	-5.4%	1.0%	65.7%	0.0%	46.7%	0.0%	-
7	01:00	0.0%	35.8%	0.0%	100.0%	0.7%	-4.5%	0.0%	63.6%	0.0%	52.2%	0.3%	100.0%
8	01:00	0.0%	17.7%	1.5%	-	0.0%	-2.1%	0.0%	60.0%	0.0%	50.0%	11.2%	-
9	01:00	0.0%	99.0%	-5.6%	100.0%	0.6%	-12.8%	1.0%	76.1%	0.0%	88.6%	4.0%	100.0%
Prom	01:00	0.2%	40.5%	0.2%	72.9%	0.6%	-8.5%	1.6%	67.2%	1.3%	63.4%	2.7%	97.9%

Figura 44. Gráfico de porcentaje promedio de variación en los gases – M1 y M2



En la figura 44 se puede observar que en la muestra M2 en promedio los gases contaminantes se redujeron a excepción del oxígeno que aparece en el eje porcentaje de variación negativo porque este aumentó su concentración, como se muestran en la

figura 24, producto de la degradación de los demás gases por acción de la fotocatalisis, mientras que la muestra M1 presento ligeras variaciones en promedio debido al movimiento errático de los gases dentro de la urna de cristal. También se observa que en la muestra M2 el dióxido de carbono (CO₂) se redujo en un 97.9%, el sulfuro de hidrógeno (H₂S) se redujo en un 72.9%, el dióxido de azufre (SO₂) se redujo en un 67.2%, el monóxido de nitrógeno (NO) se redujo en un 63.4% y el monóxido de carbono (CO) en un 40.5%, en el caso del oxígeno hubo un aumento del 8.5%.

3.1.4. Prueba T-Student

Monóxido de carbono (CO)

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la concentración del monóxido de carbono antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la concentración del monóxido de carbono antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 49. Prueba T-Student para la variación del Monóxido de carbono en las muestras M1 y M2

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
CO_M1 - CO_M2	40.24889	24.15894	8.05298	21.67868	58.81910	4.998	8	0.001

En la tabla 49 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de la concentración del monóxido de carbono antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la concentración del monóxido de carbono.

Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la concentración del sulfuro de hidrógeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la concentración del sulfuro de hidrógeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 50. Prueba T-Student para la variación del Sulfuro de hidrógeno en las muestras M1 y M2

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
H2S_M1 - H2S_M2	72.96167	24.83072	10.13710	46.90342	99.01991	7.197	5	0.001

En la tabla 50 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de la concentración del sulfuro de hidrógeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la concentración del sulfuro de hidrógeno.

Oxígeno (O₂)

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la concentración del oxígeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la concentración del oxígeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 51. Prueba T-Student para la variación del Oxígeno en las muestras M1 y M2

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
O ₂ _M1 - O ₂ _M2	-9.02889	4.32220	1.44073	-12.35122	-5.70655	-6.267	8	0.000

En la tabla 51 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de la concentración del oxígeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la concentración del oxígeno.

Dióxido de azufre (SO₂)

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la concentración del dióxido de azufre antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la concentración del dióxido de azufre antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 52. Prueba T-Student para la variación del Dióxido de azufre en las muestras M1 y M2

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
SO ₂ _M1 - SO ₂ _M2	66.41000	17.51691	6.19316	51.76550	81.05450	10.723	7	0.000

En la tabla 52 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de la concentración del dióxido de azufre antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la concentración del dióxido de azufre.

Monóxido de nitrógeno (NO)

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la concentración del monóxido de nitrógeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la concentración del monóxido de nitrógeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 53. Prueba T-Student para la variación del Monóxido de nitrógeno en las muestras M1 y M2

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
NO_M1 - NO_M2	62.04444	19.16599	6.38866	47.31216	76.77673	9.712	8	0.000

En la tabla 53 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de la concentración del monóxido de nitrógeno antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la concentración del monóxido de nitrógeno.

Dióxido de nitrógeno (CO₂)

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la concentración del dióxido de carbono antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la concentración del dióxido de carbono antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 54. Prueba T-Student para la variación del Dióxido de carbono en las muestras M1 y M2

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
CO ₂ _M1 - CO ₂ _M2	96.12571	4.42634	1.67300	92.03204	100.21939	57.457	6	0.000

En la tabla 54 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de la concentración del dióxido de carbono antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la concentración del dióxido de carbono.

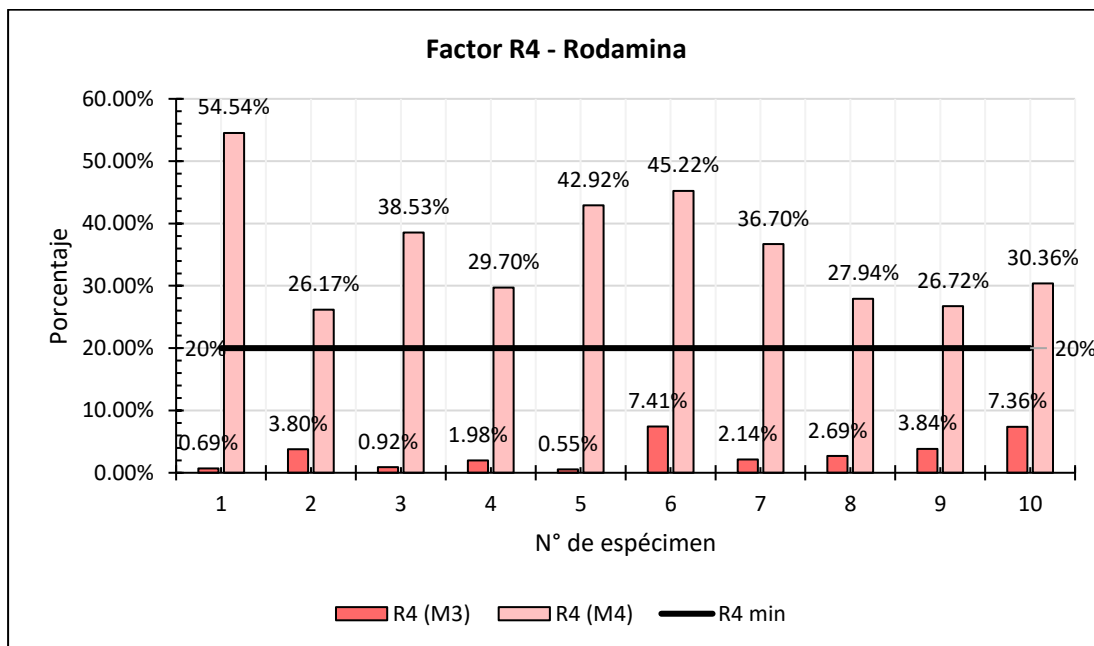
3.2. Capacidad fotocatalítica

3.2.1. Factor R4

Tabla 55. Factor R4 de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4

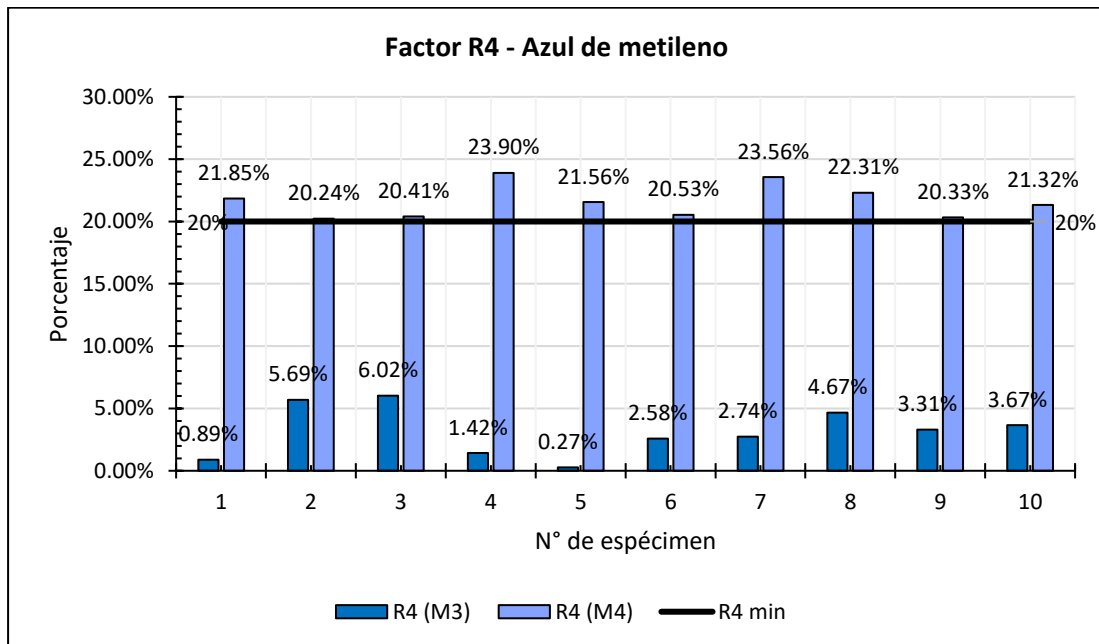
Colorante	Rodamina			Azul de metileno			
	N° de espécimen	R4 (M3)	R4 (M4)	R4 min	R4 (M3)	R4 (M4)	R4 min
	1	0.69%	54.54%	20%	0.89%	21.85%	20%
	2	3.80%	26.17%	20%	5.69%	20.24%	20%
	3	0.92%	38.53%	20%	6.02%	20.41%	20%
	4	1.98%	29.70%	20%	1.42%	23.90%	20%
	5	0.55%	42.92%	20%	0.27%	21.56%	20%
	6	7.41%	45.22%	20%	2.58%	20.53%	20%
	7	2.14%	36.70%	20%	2.74%	23.56%	20%
	8	2.69%	27.94%	20%	4.67%	22.31%	20%
	9	3.84%	26.72%	20%	3.31%	20.33%	20%
	10	7.36%	30.36%	20%	3.67%	21.32%	20%
Promedio		3.14%	35.88%	20%	3.13%	21.60%	20%

Figura 45. Factor R4 de la rodamina en las muestras M3 y M4



En la figura 45 se puede observar las variaciones del factor R4 (reducción a las 4 horas de exposición a la luz UV A) de la rodamina, en la muestra M3 el valor más alto para el factor R4 fue el del espécimen 6 con 7.41% y el valor más bajo fue el del espécimen 5 con 0.55% mientras que en la muestra M4 el valor más alto fue el del espécimen 1 con 54.54% y el valor más bajo fue del espécimen 2 con 26.17%. También se observa que los porcentajes de los especímenes de la muestra M3 se encuentran por debajo del porcentaje mínimo (20%) que establece si el mortero es autolimpiable.

Figura 46. Factor R4 del azul de metileno en las muestras M3 y M4



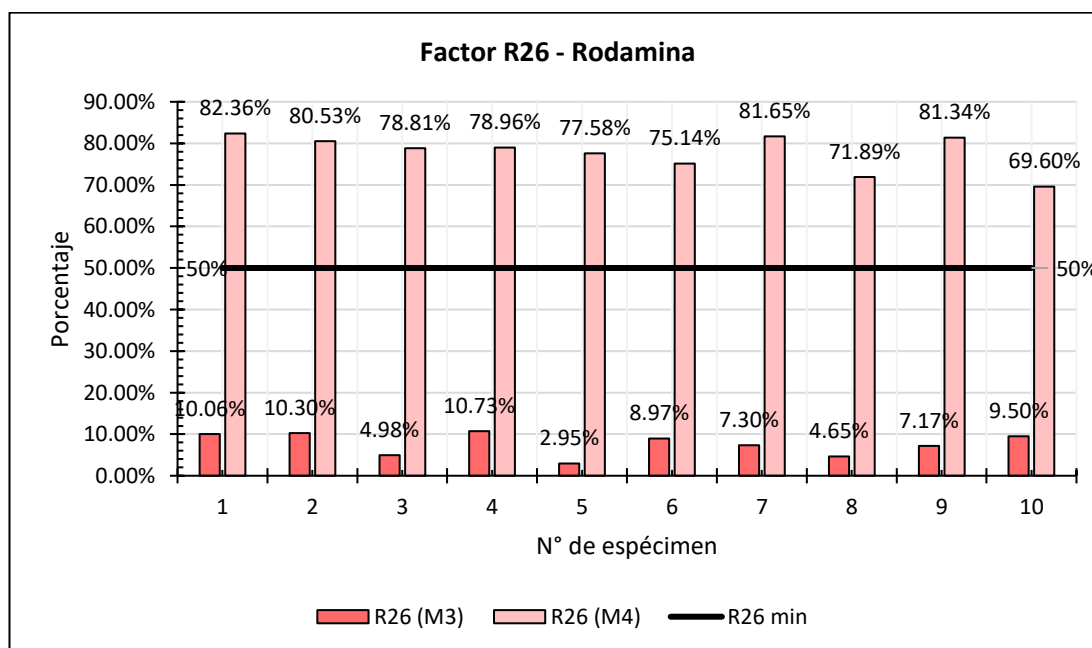
En la figura 46 se puede observar las variaciones del factor R4 (reducción a las 4 horas de exposición a la luz UV A) del azul de metileno, en la muestra M3 el valor más alto para el factor R4 fue el del espécimen 3 con 6.02% y el valor más bajo fue el del espécimen 5 con 0.27% mientras que en la muestra M4 el valor más alto fue el del espécimen 4 con 23.90% y el valor más bajo fue del espécimen 2 con 20.24%. También se observa que los porcentajes de los especímenes de la muestra M3 se encuentran por debajo del porcentaje mínimo (20%) que establece si el mortero es autolimpiable.

3.2.2. Factor R26

Tabla 56. Factor R26 de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4

Colorante	Rodamina			Azul de metileno			
	N° de espécimen	R26 (M3)	R26 (M4)	R26 min	R26 (M3)	R26 (M4)	R26 min
1		10.06%	82.36%	50%	1.29%	56.70%	50%
2		10.30%	80.53%	50%	11.11%	54.81%	50%
3		4.98%	78.81%	50%	7.92%	53.46%	50%
4		10.73%	78.96%	50%	2.25%	52.28%	50%
5		2.95%	77.58%	50%	2.10%	51.61%	50%
6		8.97%	75.14%	50%	3.01%	50.32%	50%
7		7.30%	81.65%	50%	5.37%	51.55%	50%
8		4.65%	71.89%	50%	8.81%	51.29%	50%
9		7.17%	81.34%	50%	4.60%	53.18%	50%
10		9.50%	69.60%	50%	6.55%	51.06%	50%
Promedio		7.66%	77.79%	50%	5.30%	52.63%	50%

Figura 47. Factor R26 de la rodamina en las muestras M3 y M4

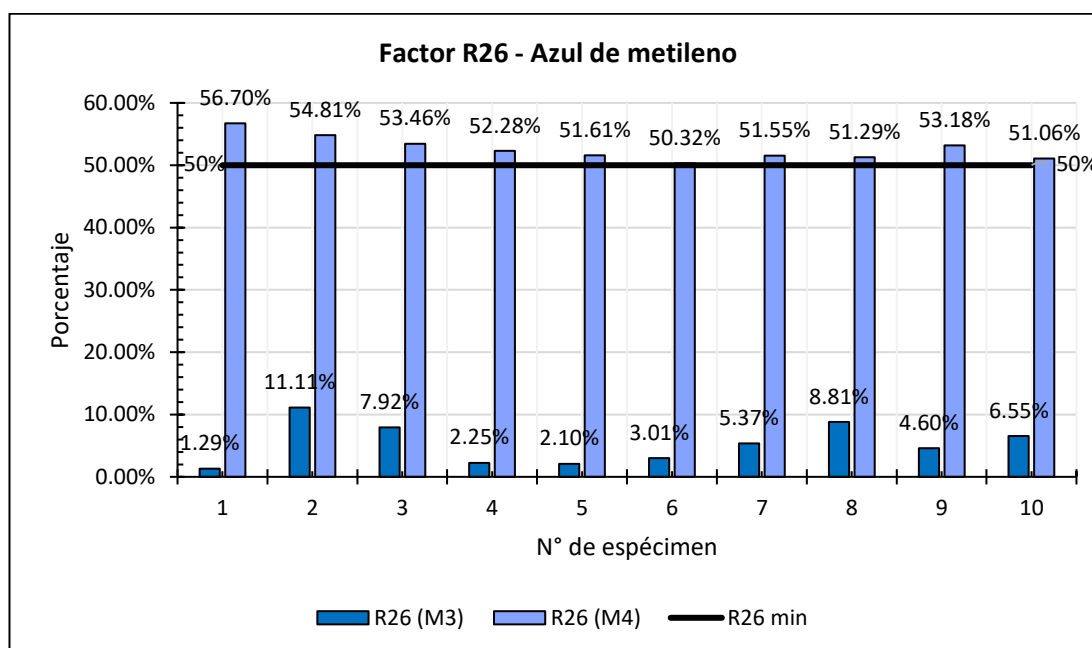


En la figura 47 se puede observar las variaciones del factor R26 (reducción a las 26 horas de exposición a la luz UV A) de la rodamina, en la muestra M3 el valor más alto para el factor R26 fue el del espécimen 4 con 10.73% y el valor más bajo fue el del espécimen 5 con 2.95% mientras que en la muestra M4 el valor más alto fue el del

espécimen 1 con 82.36% y el valor más bajo fue del espécimen 10 con 69.60%.

También se observa que los porcentajes de los especímenes de la muestra M3 se encuentran por debajo del porcentaje mínimo (50%) que establece si el mortero es autolimpiable.

Figura 48. Factor R26 del azul de metileno en las muestras M3 y M4



En la figura 48 se puede observar las variaciones del factor R26 (reducción a las 26 horas de exposición a la luz UV A) del azul de metileno, en la muestra M3 el valor más alto para el factor R26 fue el del espécimen 2 con 11.11% y el valor más bajo fue el del espécimen 1 con 1.29% mientras que en la muestra M4 el valor más alto fue el del espécimen 1 con 56.70% y el valor más bajo fue del espécimen 6 con 50.32%. También se observa que los porcentajes de los especímenes de la muestra M3 se encuentran por debajo del porcentaje mínimo (50%) que establece si el mortero es autolimpiable.

3.2.3. Validación de hipótesis

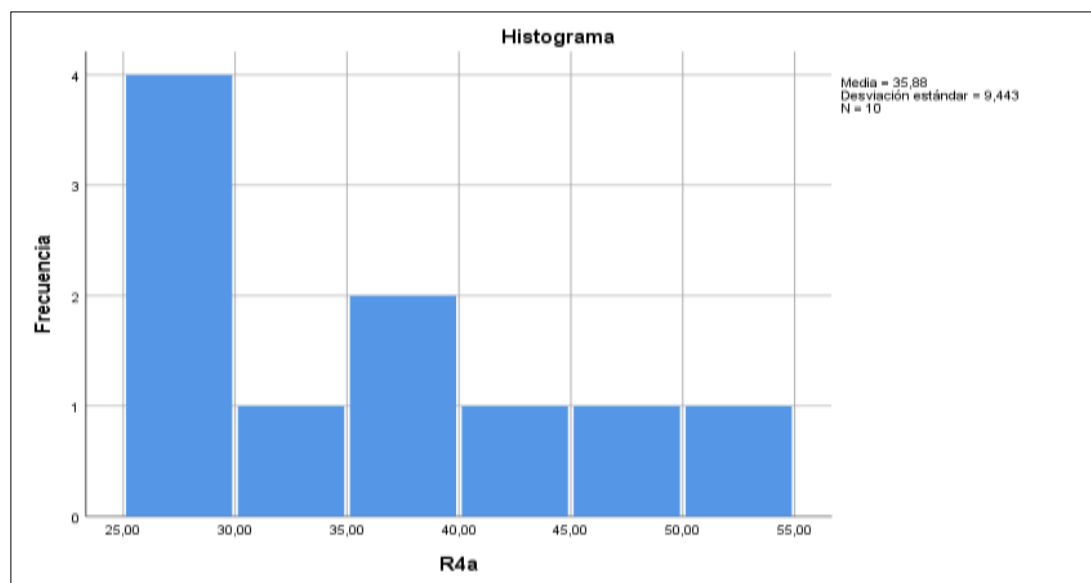
3.2.3.1. Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk

Para validar la hipótesis se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo unos valores de significancia mayores a 0.05 por lo que la data obtenido para la reducción de colores en el tiempo 4 y 26 (R4 y R26 respectivamente) provienen de una distribución normal.

Tabla 57. Prueba de normalidad Shapiro Wilk para los factores R4 y R26 de los colorantes rodamina y azul de metileno

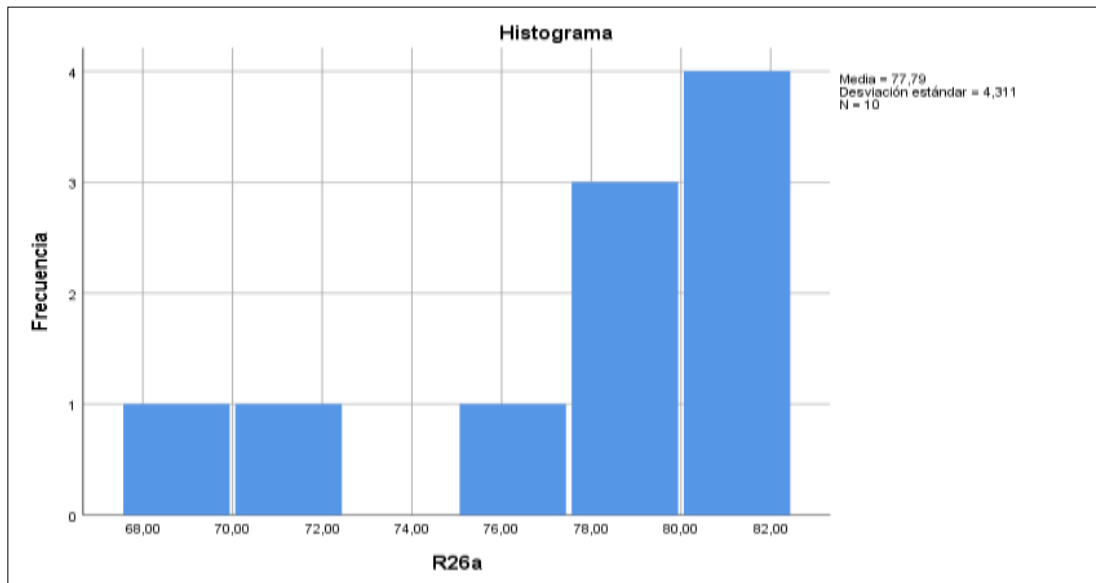
Prueba de normalidad				
Colorante	Factor	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Rodamina	R4a	0.902	10	0.233
	R26a	0.894	10	0.188
Azul de metileno	R4b	0.886	10	0.152
	R26b	0.911	10	0.291

Figura 49. Histograma de datos del factor R4a



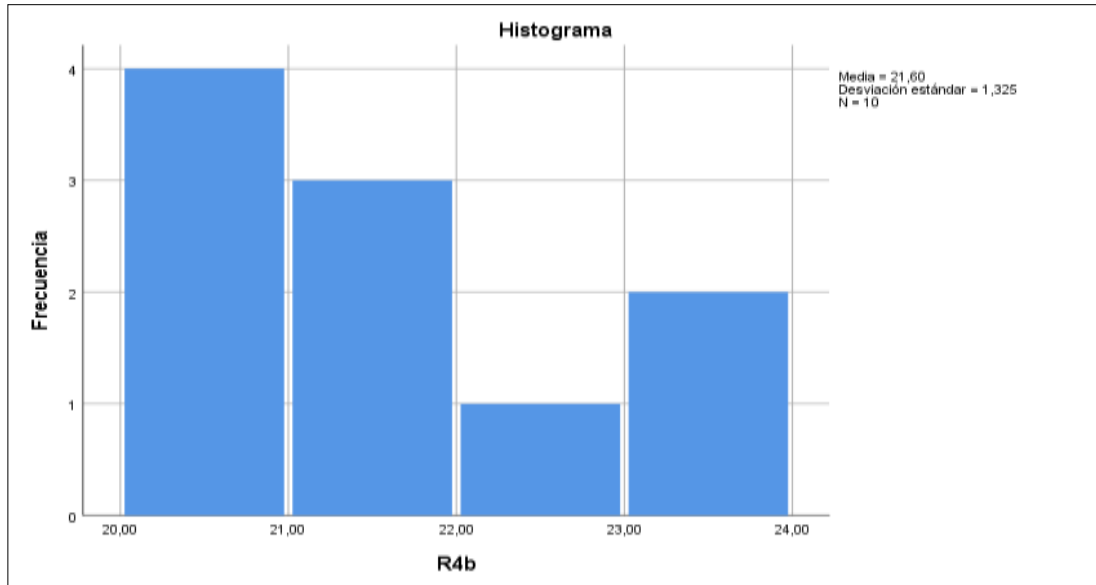
En la figura 49 se observa que el histograma de la data R4a (factor R4 de la rodamina) obtuvo una media de 35.88 y una desviación estándar de 9.44, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 25 y 30.

Figura 50. Histograma de datos del factor R26a



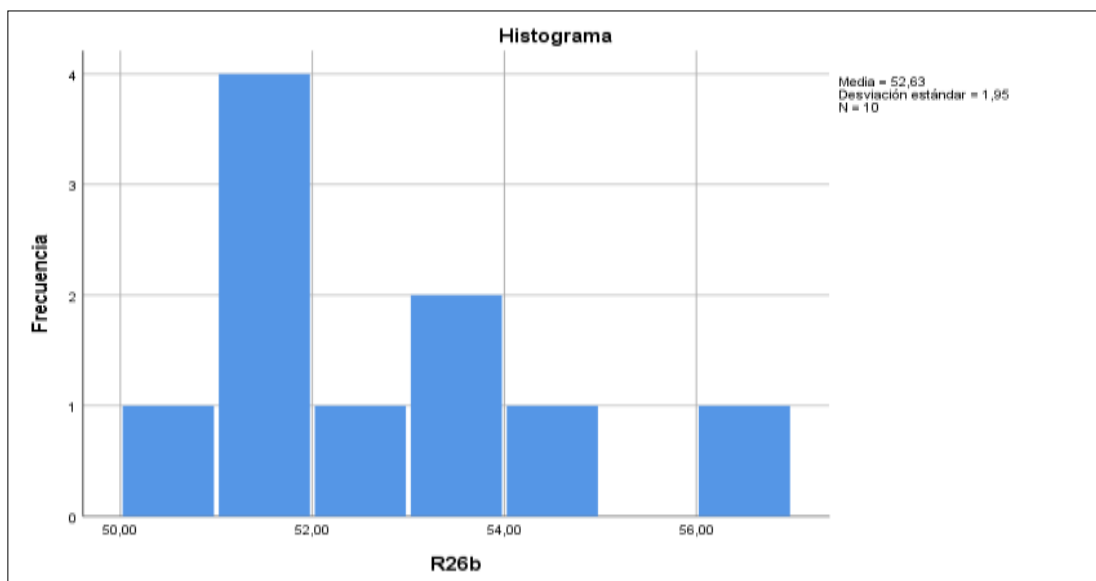
En la figura 50 se observa que el histograma de la data R26a (factor R26 de la rodamina) obtuvo una media de 77.79 y una desviación estándar de 4.31, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 80 y 82.

Figura 51. Histograma de datos del factor R4b



En la figura 51 se observa que el histograma de la data R4b (factor R4 del azul de metileno) obtuvo una media de 21.60 y una desviación estándar de 1.33, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 20 y 21.

Figura 52. Histograma de datos del factor R26b



En la figura 52 se observa que el histograma de la data R26b (factor R26 del azul de metileno) obtuvo una media de 52.63 y una desviación estándar de 1.95, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 51 y 52.

3.2.3.2. Prueba T-Student

Factor R4 de la rodamina

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias del factor R4 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias del factor R4 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 58. Prueba T-Student para el factor R4 de la rodamina en las muestras M3 y M4

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
R4_Rodamina_M3 - R4_Rodamina_M4	-32.74200	10.39245	3.28638	-40.17631	-25.30769	-9.963	9	0.000

En la tabla 58 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de los Factores R4 de la rodamina antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre el Factor R4 de la rodamina.

Factor R26 de la rodamina

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias del factor R26 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias del factor R26 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 59. Prueba T-Student para el factor R26 de la rodamina en las muestras M3 y M4

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
R26_Rodamina_M3 - R26_Rodamina_M4	-70.12545	4.48367	1.35188	-73.13763	-67.11328	-51.873	10	0.000

En la tabla 59 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de los Factores R26 de la rodamina antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre el Factor R26 de la rodamina.

Factor R4 del azul de metileno

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias del factor R4 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias del factor R4 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 60. Prueba T-Student para el factor R4 del azul de metileno en las muestras M3 y M4

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	g	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
R4_Azul_de _metileno_ M3 - R4_Azul_de	-18.47500	2.81863	0.89133	-20.49132	-16.45868	-20.728	9	0.000

metileno
M4

En la tabla 60 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de los Factores R4 del azul de metileno antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre el Factor R4 del azul de metileno.

Factor R26 de la rodamina

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias del factor R26 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias del factor R26 antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 61. Prueba T-Student para el factor R26 del azul de metileno en las muestras M3 y M4

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
R26_Azul_d e_metileno_ M3 - R26_Azul_d e_metileno_ M4	-47.32545	3.57869	1.07901	-49.72965	-44.92126	-43.860	10	0.000

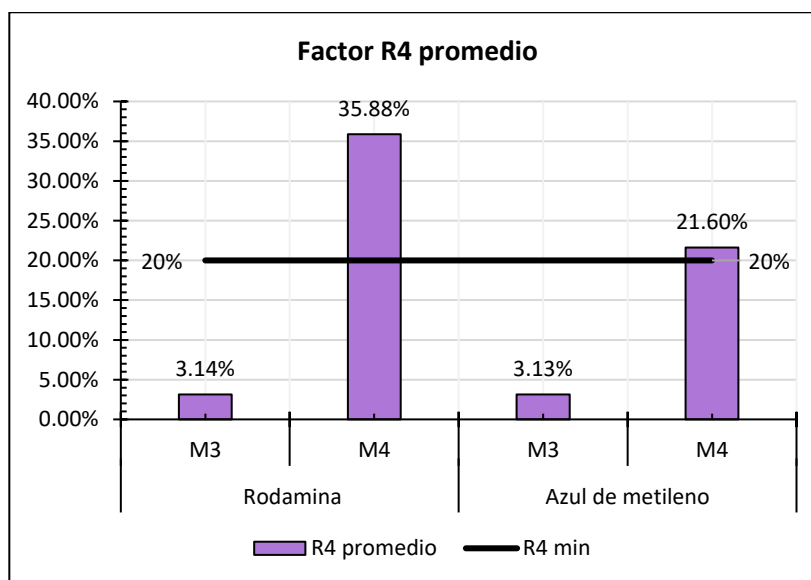
En la tabla 61 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de los Factores R26 del azul de metileno antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre el Factor R26 del azul de metileno.

3.2.4. Factor R4 promedio

Tabla 62. Factor R4 promedio de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4

Colorante	Muestra	R4 promedio	R4 min
Rodamina	M3	3.14%	20%
	M4	35.88%	20%
Azul de metileno	M3	3.13%	20%
	M4	21.60%	20%

Figura 53. Factor R4 promedio de la rodamina y el azul de metileno en las muestras M3 y M4



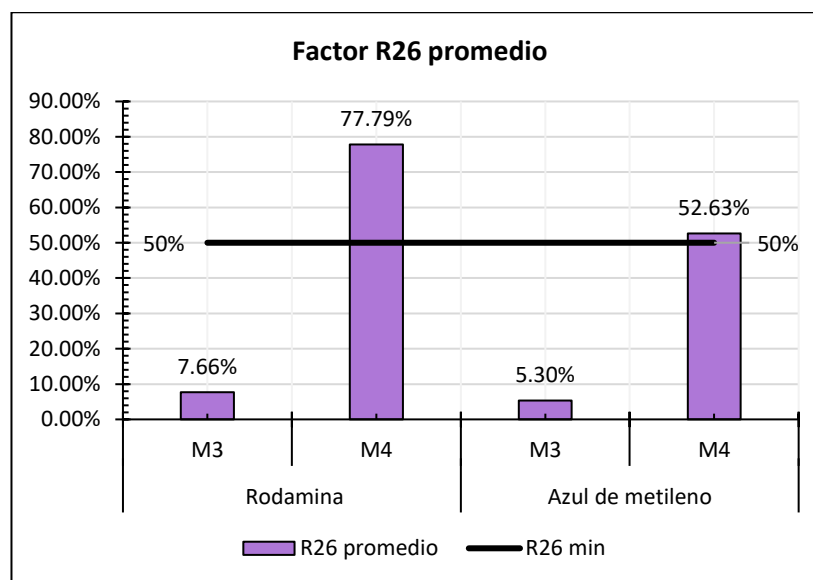
En la figura 53 como resultado de la comparación de los R4 promedios de ambas muestras M3 y M4, se observa que en el caso de la rodamina la muestra M3 obtuvo un resultado de 3.14% el cual se encuentra por debajo del nivel mínimo con una diferencia de 16.86%, mientras que la muestra M4 obtuvo un resultado de 35.88% superando el nivel mínimo con 15.88%. En el caso del azul de metileno la muestra M3 obtuvo un resultado de 3.13% el cual se encuentra por debajo del nivel mínimo con una diferencia de 16.87%, mientras que la muestra M4 obtuvo un resultado de 21.60% superando el nivel mínimo con 1.60%.

3.2.5. Factor R26 promedio

Tabla 63. Factor R4 promedio de los colorantes rodamina y azul de metileno – Muestra M3 y M4

Colorante	Muestra	R26 promedio	R26 min
Rodamina	M3	7.66%	50%
	M4	77.79%	50%
Azul de metileno	M3	5.30%	50%
	M4	52.63%	50%

Figura 54. Factor R26 promedio de la rodamina y el azul de metileno en las muestras M3 y M4



En la figura 54 como resultado de la comparación de los R26 promedios de ambas muestras M3 y M4, se observa que en el caso de la rodamina la muestra M3 obtuvo un resultado de 7.66% el cual se encuentra por debajo del nivel mínimo con una diferencia de 42.34%, mientras que la muestra M4 obtuvo un resultado de 77.79% superando el nivel mínimo con 27.79%. En el caso del azul de metileno la muestra M3 obtuvo un resultado de 5.30% el cual se encuentra por debajo del nivel mínimo con una diferencia de 44.70%, mientras que la muestra M4 obtuvo un resultado de 52.63% superando el nivel mínimo con 2.63%.

Por lo tanto, la muestra M4 en ambos casos para la rodamina y azul metileno al superar el nivel mínimo tanto en el factor R4 como el R26, según la norma UNI 11259, corresponde a un mortero fotocatalítico y autolimpiable, lo cual indica que los residuos de las degradaciones de los gases que se quedan en el

mortero son fáciles de limpiar por efecto de la lluvia o rociándolo con agua ayudando de esta manera a mejorar la calidad del aire.

3.3. Resistencia a la compresión

3.3.1. Resistencia a la compresión de las Muestras M5 y M6 a los 14 días

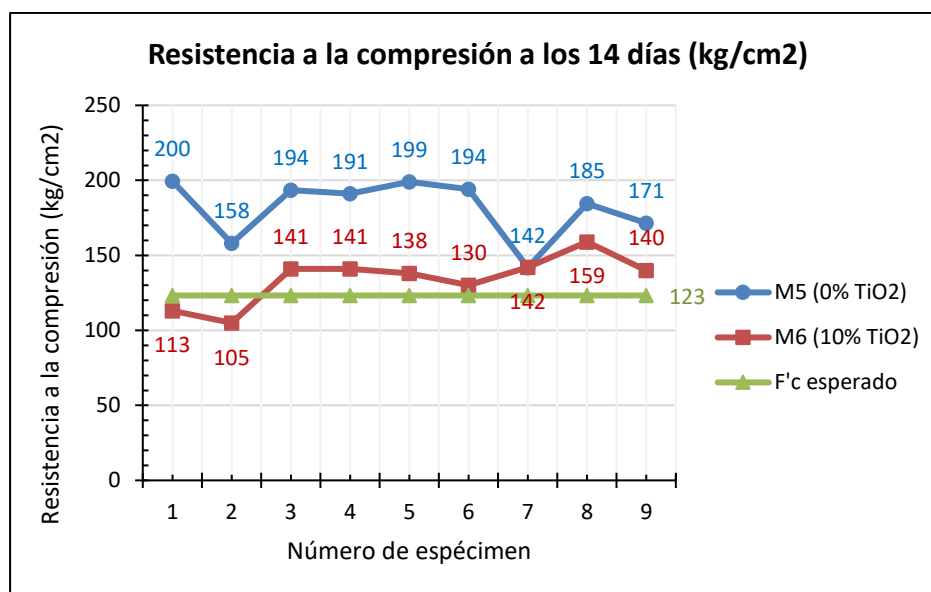
Los resultados del análisis de la resistencia a la compresión de las muestras

M5 y M6 son los siguientes:

Tabla 64. Resistencia a la compresión de las muestras M5 y M6 a los 14 días

F'c (kg/cm ²) a los 14 días		
Muestras	M5 (0% TiO ₂)	M6 (10% TiO ₂)
1	200	113
2	158	105
3	194	141
4	191	141
5	199	138
6	194	130
7	142	142
8	185	159
9	171	140
Promedio	181	134

Figura 55. Resistencia a la compresión de las muestras M5 y M6 a los 14 días



De la figura 55 se puede observar que en la muestra M5 el valor más alto para la resistencia a los 14 días fue de 200 kg/cm² (138% del F'c) y el valor más bajo fue de 142 kg/cm² (98% del F'c), mientras que en la muestra M6 el valor más alto fue de 159 kg/cm² (110% del F'c) y los valores más bajos fueron el espécimen 1 con 113 kg/cm² (78% del F'c) y el espécimen 2 con 105 kg/cm² (72% del F'c). Según el diseño propuesto (145 kg/cm²) se espera que la resistencia llegue o sobrepase los 123.3 kg/cm² (85% del F'c) a los 14 días, para el caso de la muestra M5 todos los especímenes sobrepasan dicho porcentaje mientras que 2 de los especímenes de la muestra M6 se encuentran por debajo de este.

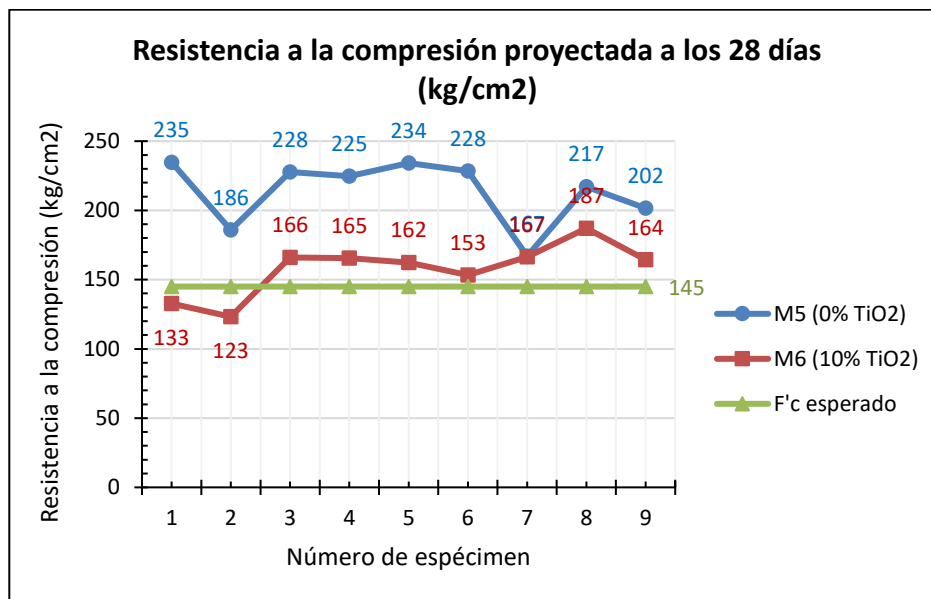
3.3.2. Resistencia a la compresión de las muestras M5 y M6 a los 28 días (proyección)

Se hizo una proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días en donde los especímenes deben alcanzar como mínimo el 100% de la resistencia diseñada, en este caso 145 kg/cm², para poder determinar si la adición del TiO₂ compromete el desempeño del mortero.

Tabla 65. Proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días de las muestras M5 y M6

F'c (kg/cm²) proyectado a los 28 días		
Muestras	M5 (0% TiO₂)	M6 (10% TiO₂)
1	235	133
2	186	123
3	228	166
4	225	165
5	234	162
6	228	153
7	167	167
8	217	187
9	202	164
Promedio	214	158

Figura 56. Proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días de las muestras M5 y M6



En la figura 56 se puede observar que en la muestra M5 el valor más alto para la resistencia a los 28 días fue el del espécimen 1 con 235 kg/cm² (162% del F'c) y el valor más bajo fue de 167 kg/cm² (115% del F'c) mientras que en la muestra M6 el valor más alto fue de 187 kg/cm² (129% del F'c) y los valores más bajos fueron el espécimen 1 con 133 kg/cm² (92% del F'c) y el espécimen 2 con 123 kg/cm² (85% del F'c). También se observa que la resistencia de los especímenes 1 y 2 de la muestra M6 a pesar de ser proyectada a los 28 días no alcanzan el valor de la resistencia diseñada.

3.2.6. Validación de hipótesis

3.2.6.1. Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk

Para validar la hipótesis se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo unos valores de significancia mayores a 0.05 por lo que la data obtenido para la

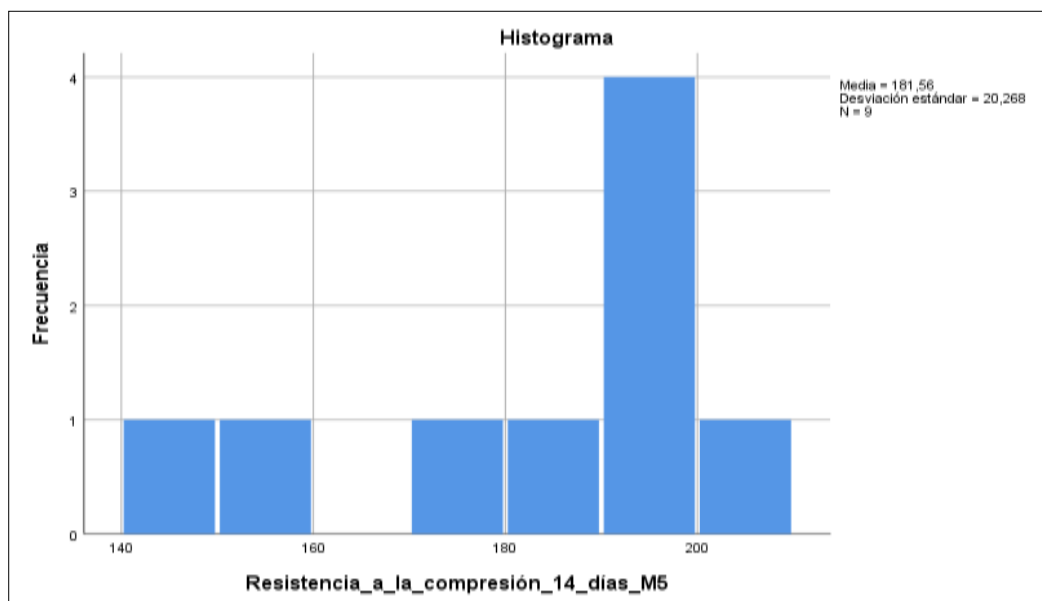
resistencia a la compresión a los 14 y 28 días de las muestras M5 y M6
proviene de una distribución normal.

Resistencia a la compresión a los 14 días

Tabla 66. Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la resistencia a la compresión a los 14 días de las muestras M5 y M6

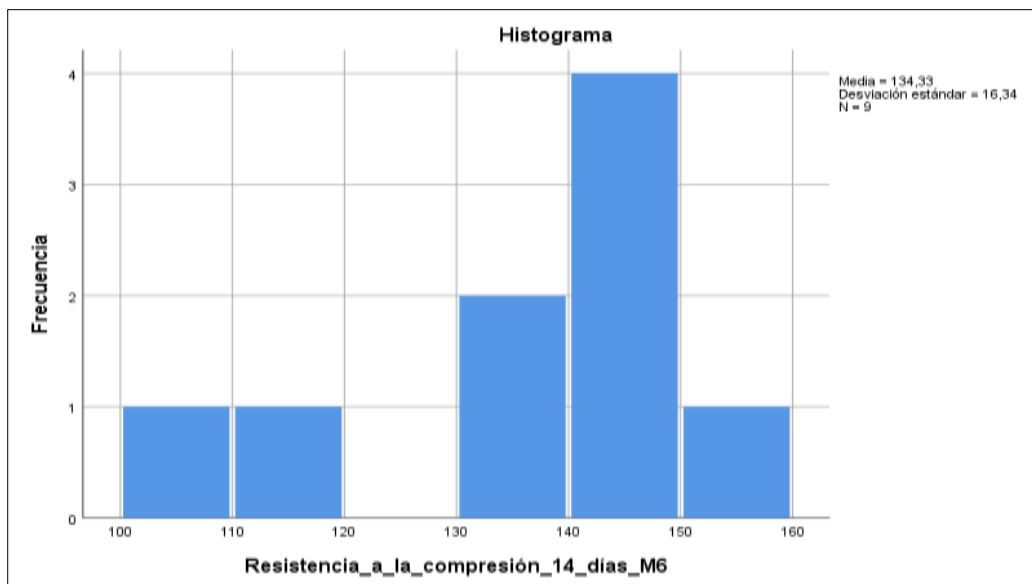
Resistencia a la compresión a los 14 días	Prueba de normalidad Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
M5	0.850	9	0.075
M6	0.892	9	0.211

Figura 57. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión a los 14 días de la muestra M5



En la figura 57 se observa que el histograma de la data resistencia a la compresión a los 14 días de la muestra M5, obtuvo una media de 181.56 y una desviación estándar de 20.268, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 190 y 200 kg/cm².

Figura 58. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión 14 días de la muestra M6



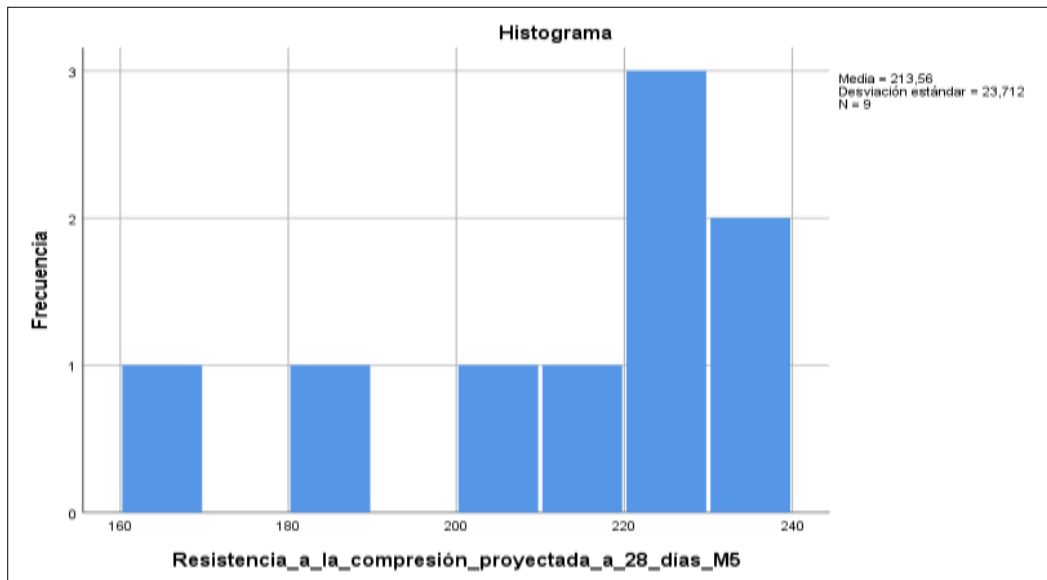
En la figura 58 se observa que el histograma de la data resistencia a la compresión a los 14 días de la muestra M6, obtuvo una media de 134.33 y una desviación estándar de 16.34, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 140 y 150 kg/cm².

Resistencia a la compresión proyectada a los 28 días

Tabla 67. Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la resistencia a la compresión a los proyectada a los 28 días de las muestras M5 y M6

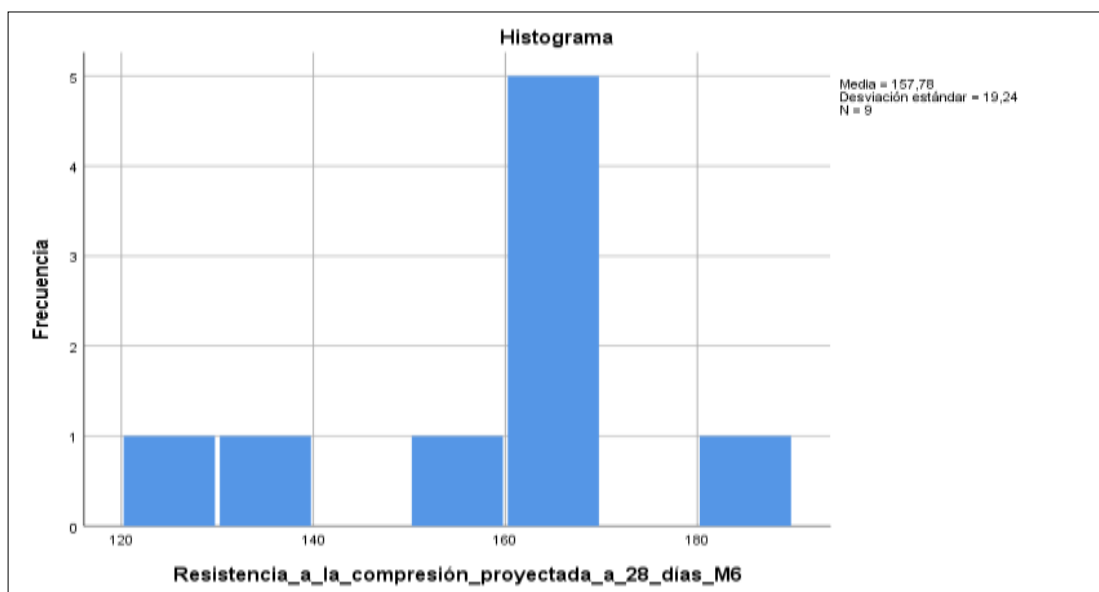
Resistencia la compresión proyectada a los 28 días	Prueba de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
M5	0.849	9	0.072
M6	0.898	9	0.239

Figura 59. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión proyectada a los 28 días de la muestra M5



En la figura 59 se observa que el histograma de la data resistencia a la compresión proyectada a los 28 días de la muestra M5, obtuvo una media de 213.56 y una desviación estándar de 23.712, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 220 y 230 kg/cm².

Figura 60. Histograma de los datos de la resistencia a la compresión proyectada a los 28 días de la muestra M6



En la figura 60 se observa que el histograma de la data resistencia a la compresión proyectada a los 28 días de la muestra M6, obtuvo una media de 157.78 y una desviación estándar de 19.24, también se observa que la gran mayoría de datos se encuentra entre 160 y 170 kg/cm².

3.2.6.2. Prueba T-Student

Resistencia a la compresión a los 14 días

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la resistencia a la compresión a los 14 días antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la resistencia a la compresión a los 14 días antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 68. Prueba T-Student para la resistencia a la compresión a los 14 días en las muestras M5 y M6

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas				t	g	Sig. (bilateral)	
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior				
Resistencia_a_la_compresión_a_los_14_días_M5 - Resistencia_a_la_compresión_a_los_14_días_M6	47.222	25.178	8.393	27.869 66.576	5.627	8	0.000	

En la tabla 68 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias a la compresión a los 14 días antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la resistencia a la compresión a los 14 días.

Resistencia a la compresión proyectada a los 28 días

- **Hipótesis Nula**

H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de la resistencia a la compresión a los 28 días antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Hipótesis Alterna**

H_a = Hay diferencia significativa en las medias de la resistencia a la compresión a los 28 días antes y después de la adición del 10% de TiO₂

- **Criterio de aceptación**

Si: p-valor $\geq \alpha = 0.05$, entonces se acepta H_0

Si: p-valor $< \alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a

Tabla 69. Prueba T-Student para la resistencia a la compresión proyectada a los 28 días en las muestras M5 y M6

Prueba de muestras emparejadas								
Descripción	Diferencias emparejadas				t	g	l	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior				
Resistencia_a_la_compresión_proyectada_a_los_28_días_M5 - Resistencia_a_la_compresión_pro	55.778	29.516	9.839	33.090 78.466	5.669	8	0.000	

yectada_a_los_2
8_días_M6

En la tabla 69 se puede observar que el valor de significancia obtenido en la prueba (0.000) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias a la compresión a los 28 días antes y después de la adición del 10% de TiO₂. Por lo cual se concluye que la adición del 10% de TiO₂ si tiene efectos significativos sobre la resistencia a la compresión a los 28 días.

3.3.3. Resistencias promedio

Tabla 70. Resistencias a la compresión promedio de las muestras M5 y M6

F'c (kg/cm ²)	M5 (0% TiO ₂)	M6 (10% TiO ₂)	F'c esperado
14 días	181	134	123
28 días (proyectado)	214	158	145

Figura 61. Resistencia a la compresión promedio de las muestras M5 y M6 a los 14 días

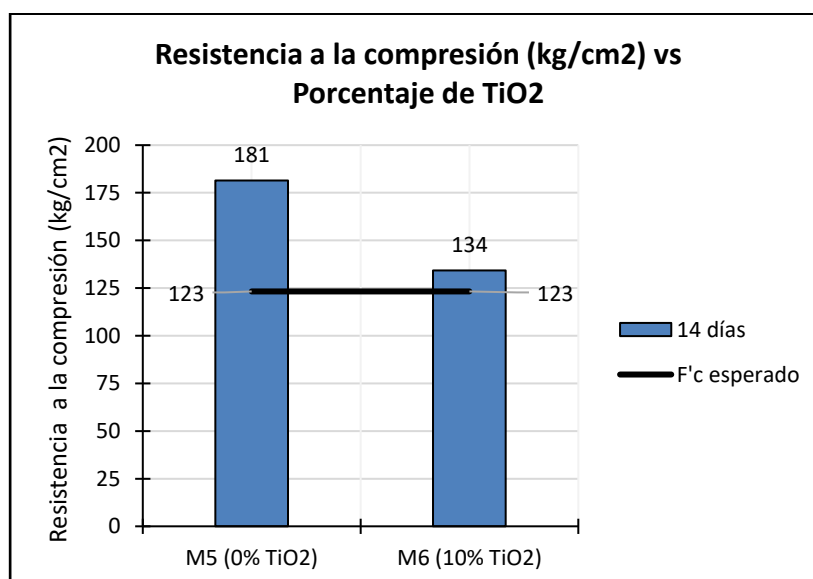
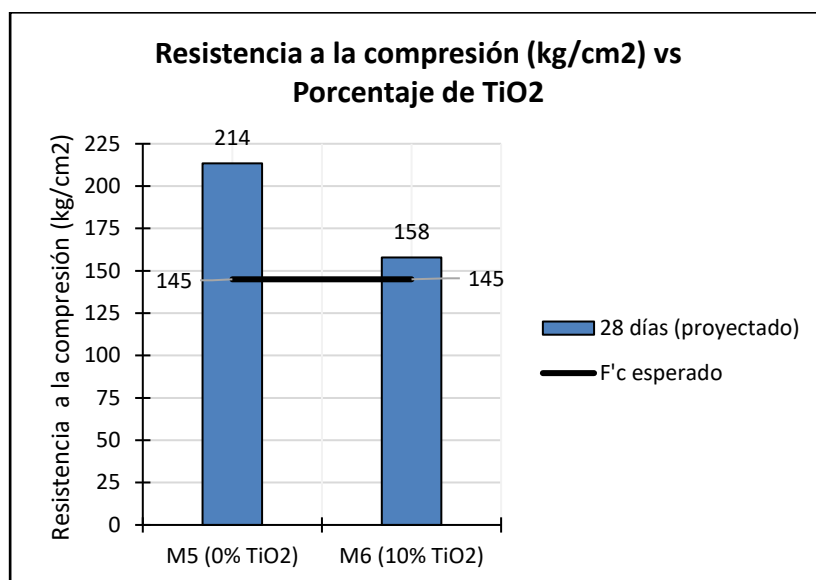


Figura 62. Resistencia a la compresión promedio de las muestras M5 y M6 proyectada a los 28 días



En las figuras 61 y 62 como resultado de la comparación de los promedios de ambas muestras M5 y M6 se evidencia que estas cumplen con el valor del diseño de 145 kg/cm² a los 14 días ya que sobrepasan la resistencia esperada de 123 kg/cm² incluso al hacer una proyección de la resistencia a compresión a los 28 días se evidencia que en ambos casos estas sobrepasan la resistencia de diseño 145 kg/cm². También se tiene que la presencia del aditivo dióxido de titanio (TiO₂) provoca una disminución del 26.16% de la resistencia a la compresión, sin embargo, esto no afecta de manera significativa a la resistencia propuesta lo cual garantiza que ambos son adecuados para el uso del recubrimiento.

3.3.4. Relación %TiO₂ - Reducción de la contaminación - Resistencia a la compresión

Tabla 71. Relación %TiO₂ – Reducción de la contaminación – Resistencia a la compresión

%TiO ₂ ↑	% Reducción de la contaminación ↑						F'c (Kg/cm ²) ↓
	CO	H ₂ S	O ₂	SO ₂	NO	CO ₂	
0.0%	0.2%	0.2%	0.6%	1.6%	1.3%	2.7%	214
10.0%	40.5%	72.9%	-8.5%	67.2%	63.4%	97.9%	158

Como se observa en la tabla 71 al aumentar el porcentaje de dióxido de titanio (TiO₂) aumenta el porcentaje de reducción de los gases CO (de 0.2% a 40.5%), H₂S (de 0.2% a 72.9%), SO₂ (de 1.6% a 67.2%), NO (de 1.3% a 63.4%) y CO₂ (de 2.7% a 97.9%), y en el caso del O₂ (de 0.6% a -8.5%) este aumenta su concentración, también se observa que al aumentar el porcentaje de dióxido de titanio (TiO₂) disminuye la resistencia a la compresión de 214 a 158 kg/cm². Por lo tanto, la relación entre el porcentaje de TiO₂ y la reducción de la contaminación del aire es directa, mientras que la relación del porcentaje de TiO₂ y la resistencia a compresión es inversa.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Los resultados de la presente investigación se obtuvieron a través ensayos de laboratorio con el objetivo de demostrar los efectos que tiene el mortero fotocatalítico con TiO₂ sobre la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, quedando registro de ello a lo largo del presente informe.

Las limitaciones que existieron en el desarrollo de esta investigación fueron no contar con los equipos adecuados para realizar el ensayo de cantidad de gases contaminantes para poder tener un mejor control de los resultados y para el ensayo de resistencia a la compresión la falta de tiempo para realizar roturas a los 28 días debido a los últimos sucesos coyunturales que impidieron toda acción al respecto.

El resultado obtenido en el ensayo de cantidad de gases para la reducción del monóxido de nitrógeno (NO) en el mortero fotocatalítico (10% TiO₂) la reducción fue de 63.4%, esto se debe a la adición del dióxido de titanio que le otorga al mortero la propiedad descontaminante, estos resultados fueron mayores a los encontrados en la investigación de (González, 2017) que obtuvo como resultado una reducción del 28% al 35%, esta diferencia se debe a que en esta última investigación el ensayo se realizó al aire libre, en este caso colocando paneles cerca de una estación de monitoreo de gases; sin embargo esto no quiere decir que los resultados obtenidos en ambas investigaciones no sean válidos, ya que se evidencia una reducción de las concentraciones de los gases. Un aspecto a considerar para futuras investigaciones es poder contar con el equipo necesario y adecuado para tener un mejor control durante el proceso experimental y obtener mejores resultados.

Los resultados obtenidos en el ensayo de capacidad fotocatalítica en el mortero con 10% de TiO₂ para la reducción del color en el caso de la rodamina fue de 77.79% y en el caso del azul de metileno fue de 52.63%, esto se debe a la adición del dióxido de titanio que le otorga al mortero la propiedad autolimpiante, para el caso de la rodamina este resultado es similar al obtenido en el trabajo de investigación de (Medina, 2017), que obtuvo como resultado una reducción de 77.99%; para el caso del azul de metileno este resultado se encuentra entre los resultados obtenidos en el trabajo de investigación de (Rodríguez, 2012), que obtuvo como resultado unas reducciones de 67.73% (rugosidad lisa), 56.72% (rugosidad media) y 50.22% (rugosidad alta), esto debido a que en esta investigación se tomó en cuenta la rugosidad del mortero y realizó las lecturas a las 24 horas de exposición a la luz UV, un aspecto a considerar para futuras investigaciones es tomar en cuenta la rugosidad de los especímenes para determinar el acabado que debe tener el recubrimiento para que la fotocatalisis y la propiedad autolimpiable funcionen de la mejor manera posible.

Los resultados para la resistencia a la compresión proyectada a los 28 días del mortero simple (0% TiO₂) fue 214 kg/cm² mientras que para el mortero fotocatalítico (10% TiO₂) fue de 158 kg/cm², lo cual indicó que la adición del 10% de TiO₂ provocó una disminución del 26.16% de la resistencia a la compresión, este resultado es mayor que los obtenidos en los trabajos de investigación de (Martínez, 2019), que obtuvo como resultado una disminución del 19.49% y de (Medina, 2017), que obtuvo como resultado una disminución del 10.48%, esta diferencia se debe a que en ambas investigaciones se realizó el ensayo a los 28 días. Se debe tomar el tiempo necesario para encontrar resultados reales a los 28 días.

Las hipótesis planteadas inicialmente fueron aceptadas en su totalidad. El mortero fotocatalítico con TiO₂ reduce las concentraciones de los contaminantes, producto de la emisión de los vehículos en movimiento; es autolimpiable debido a que los residuos de las degradaciones de los gases que quedan en la superficie del mortero son fáciles de limpiar por acción de las lluvias o riegos periódicos. Respecto a la resistencia a la compresión, esta se ve disminuida al aumentar el porcentaje del TiO₂, sin embargo, el 10% de TiO₂ optimiza el proceso degradativo de los gases sin afectar significativamente la resistencia a la compresión del mortero.

Esta investigación demuestra la gran utilidad que puede tener el uso del mortero fotocatalítico mejorando la calidad del aire, obteniendo de esta manera distintas ventajas como la eliminación continua de agentes nocivos que pueden perjudicar la salud de la población y el medio ambiente.

4.2. Conclusiones

En primera instancia se concluye que el mortero fotocatalítico con TiO₂ tiene un efecto positivo dado que en promedio los gases contaminantes se redujeron, el dióxido de carbono (CO₂) se redujo en un 97.9%, el sulfuro de hidrógeno (H₂S) se redujo en un 72.9%, el dióxido de azufre (SO₂) se redujo en un 67.2%, el monóxido de nitrógeno (NO) se redujo en un 63.4% y el monóxido de carbono (CO) en un 40.5%, en el caso del oxígeno (O₂) hubo un aumento del 8.5%, según se indica en la tabla 48 y la figura 44. Reduciendo los niveles de contaminación que producen los vehículos y mejorando la calidad del aire.

En segunda instancia se concluye que la propiedad autolimpiable del mortero fotocatalítico con TiO₂ tiene un efecto positivo, dado que la muestra M4 en ambos

casos para la rodamina (R4: 35.88% y R26: 77.79%) y el azul metileno (R4: 21.60% y R26: 52.63%) superaron los niveles mínimos tanto en el factor R4 (20%) como el R26 (50%) según se indican en las tablas 62, 63 y la figuras 53, 54, que indican que el mortero es fotocatalítico y autolimpiable, lo cual facilita que los residuos de las degradaciones de los gases que se quedan en el mortero se limpien por efecto de la lluvia o rociándole agua, ayudando de esta manera a mejorar la calidad del aire.

En tercera instancia se concluye que al aumentar el porcentaje de dióxido de titanio (TiO₂) aumentan los porcentajes de reducción de los gases CO (de 0.2% a 40.5%), H₂S (de 0.2% a 72.9%), SO₂ (de 1.6% a 67.2%), NO (de 1.3% a 63.4%) y CO₂ (de 2.7% a 97.9%), y el porcentaje de incremento del O₂ (de 0.6% a 8.5%), también al aumentar el porcentaje de dióxido de titanio (TiO₂) disminuye la resistencia a la compresión de 214 a 158 kg/cm², según se indica en la tabla 71. Por lo tanto, la relación entre el porcentaje de TiO₂ y la reducción de la contaminación del aire es directa, mientras que la relación del porcentaje de TiO₂ y la resistencia a compresión es indirecta.

Finalmente se concluye que el mortero fotocatalítico con TiO₂ tiene un efecto positivo en la reducción de la contaminación del aire dado que al reducir los gases contaminantes CO (de 0.2% a 40.5%), H₂S (de 0.2% a 72.9%), SO₂ (de 1.6% a 67.2%), NO (de 1.3% a 63.4%) y CO₂ (de 2.7% a 97.9%) provenientes de las emisiones de los vehículos y al autolimpiarse reduciendo la concentración de los colorantes rodamina en un 77.79% y el azul metileno en un 52.63% mejora la calidad del aire.

REFERENCIAS

- Alejandro, H., & Romero, K. (2017). Hormigones fotocatalíticos. *Materiales avanzados en la construcción*.
- Almazán, D. (2020). *Libro blanco de la fotocatalisis*. Madrid: Asociación Ibérica de la Fotocatalisis.
- Arto, I. (2015). Cementos fotocatalíticos. Reducción de contaminación y preservación de acabados en edificaciones. *Energy Efficiency*.
- Binas, V., Venieri, D., Kotzias, D., & Kiriakidis, G. (2016). Modified TiO₂ based photocatalysts for improved air and health. *Journal Materiomics*.
- Cedeño, A. (2011). Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente. *Revista de Arquitectura*.
- Córdova, M. (2009). *Estadística descriptiva e inferencial*. Lima: Moshera S.R.L.
- Faraldos, M. (2012). Guía práctica de la fotocatalisis aplicada a infraestructuras urbanas. *Congreso nacional del medio ambiente CONAMA 2012*. Madrid.
- Fernández, S., Cordoba, A., & Cordero, J. (2002). *Estadística descriptiva*. Madrid: Esic Editorial.
- Fuentes, T., Vasquez, C., & Vasquez, K. (2016). Incorporación de nanomateriales en el concreto fotocatalítico para la reducción de NO_x y CO₂. *Revista de Energía Química y Física*.
- González, I. (2017). *Uso de morteros catalíticos sobre paneles, para el análisis de la reducción de partículas contaminantes en el aire*. Bogotá.
- Hernández - Sampieri, R., & Mendoza, C. (2019). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: Mc Graw Hill Education.

Instituto para la salud geoambiental. (2019). Obtenido de

[https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-](https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2#:~:text=Efectos%20en%20la%20salud%3A&text=En%20concentraciones%20altas%2C%20cercanas%20a,de%20las%20800%2D1000%20ppm)

[co2#:~:text=Efectos%20en%20la%20salud%3A&text=En%20concentraciones%20altas%2C%20cercanas%20a,de%20las%20800%2D1000%20ppm](https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2#:~:text=Efectos%20en%20la%20salud%3A&text=En%20concentraciones%20altas%2C%20cercanas%20a,de%20las%20800%2D1000%20ppm).

Juárez, A., & Martínez, E. (1999). ¿Por qué medir la calidad del aire? *Elementos*.

Lamas, R. (31 de diciembre de 2015). *Gestiopolis*. Obtenido de

<https://www.gestiopolis.com/contaminacion-del-aire-lima-metropolitana-peru/>

Martínez, K. (2019). *Efecto del dióxido de titanio (TiO₂) en el comportamiento del mortero de Cemento Pórtland tipo I para fachadas -Lima Metropolitana (2018)*. Lima.

Maury, A., & De Belie, N. (2010). Estado del arte de los materiales a base de cemento que contienen TiO₂: propiedades auto-limpiantes. *Materiales de Construcción*.

Medina, E. (2017). *Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en las propiedades autolimpiables y mecánicas del mortero de cemento - arena 1:4 - Cajamarca*. Cajamarca.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). MTC E 203. En *Manual de ensayo de materiales* (pág. 299).

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). MTC E 205. En *Manual de ensayo de materiales* (pág. 310).

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). MTC E 215. En *Manual de ensayo de materiales* (pág. 362).

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). MTC E 609. En *Manual de ensayo de materiales* (pág. 727).

- Nakata, K., & Akira, F. (2012). TiO₂ photocatalysis: Design and applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*.
- Norma UNE-ISO 22197-1. (2012). *Métodos de ensayo relativos al funcionamiento de materiales fotocatalíticos semiconductores para la purificación del aire*. España.
- Norma UNI 11259. (2016). *Determinación de la actividad fotocatalítica de las aglutinantes hidráulicas - Método de prueba de rodamina*. Italia.
- OSHA Datos rápidos. (2019). *Occupational Safety & Health Administration*. Obtenido de <https://www.osha.gov/Publications/3300-10N-05-spanish-07-05-2007.html#:~:text=El%20sulfuro%20de%20hidr%C3%B3geno%20es,por%20ejempl o%2C%20aguas%20negras>).
- Osserian, N., & Lindmeier, C. (2 de Mayo de 2018). Organización panamericana de la salud. *Nueve de cada 10 personas en todo el mundo respiran aire contaminado, pero más países están tomando acciones*. Ginebra. Obtenido de https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14303:9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action&Itemid=135&lang=es
- Pérez, D. (2018). Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales. *INNOVA Research Journal*.
- Ramírez, A. (2006). Fotocatálisis de TiO₂ para crear materiales de construcción más durables. *Prospectiva*.
- Rivera, G. (2019). *Concreto simple*. Popayán.
- Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la Investigación*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

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

Sánchez, L., Cruz, M., & Mármol, I. (2012). Materiales de construcción para frenar la contaminación urbana. *Seguridad y medio ambiente*, 26-33.

Spiegel, M. (1991). *Estadística*. México: McGraw-Hill.

Terán, A. (2 de Marzo de 2020). *Online-Tesis*. Obtenido de <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de,un%20car%C3%A1cter%20pr%C3%A1ctico%20y%20operativo>.

Velasquez, J., Monsalve, E., Restrepo, G., Rios, L., & Juan, M. (2007). Modificación de placas de concreto con TiO₂ para la degradación fotocatalítica de contaminantes líquidos. *Scientia et Technica Año XIII*.

Venegas, E. (2011). Calidad del aire y sus efectos en la salud humana. *Éxito empresarial*.

Zanatta, D. (28 de Mayo de 2019). Cada año mueren 15 mil peruanos como consecuencia de la contaminación. *La República*. Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/1180750-cada-ano-mueren-15-mil-peruanos-como-consecuencia-de-la-contaminacion/>

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

Título: Mortero fotocatalítico con TiO₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019

Planteamiento del Problema	Objetivos de Investigación	Hipótesis	Variables de estudio	Dimensiones		Indicadores	Método o Instrumento	Unidad de medida	Normas	
1. Problema general	1. Objetivo general	1. Hipótesis general	Variable independiente: Mortero fotocatalítico con TiO₂	Dosificación	Dioxido de titanio	0% (muestra patron) 10% del peso del cemento	Ficha técnica	Kg/m ³	-	
¿Qué efectos tiene el mortero fotocatalítico con TiO ₂ sobre la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019?	Demostrar los efectos que tiene el mortero fotocatalítico con TiO ₂ sobre la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019.	El mortero fotocatalítico con TiO ₂ tiene un efecto positivo en la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019.			Cemento	Peso específico	Ficha técnica	g/ml	MTC E 610 / NTP 334.005	
						Tiempo de fraguado		segundos		MTC E 606 / NTP 334.006
						Consistencia del cemento		%		MTC E 605 / NTP 334.006
					Arena fina	Granulometría	Tamices	%	MTC E 204 / NTP 399.607	
						Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µM (N° 200)	Tamiz 75 µM (N° 200)	%	MTC E 202 / NTP 400.018	
						Gravedad específica y Absorción	-Fiola -Molde cónico -Varilla para apisonado	%	MTC E 205 / NTP 400.022	
						Peso unitario y vacíos del agregado	-Balanza -Recipiente cilíndrico metálico	kg	MTC E 203 / NTP 400.017	
				Contenido de humedad	Horno ventilado	%	MTC E 215 / NTP 339.185			
2. Problemas Especificos	2. Objetivos Especificos	2. Hipótesis Especificas	Variable dependiente: Reducción de la contaminación del aire	Calidad del aire	Cantidad de gases contaminantes (CO, H ₂ S, NO, CO ₂ , SO ₂)	Detector de gases QRAE II PGM-2400P (O ₂ , H ₂ S, CO) Detector de gases MULTIRAE LITE PGM6208 (NO,SO ₂ ,CO ₂)	% ppm	Basado en la norma UNE-ISO 22197-1		
¿Qué efecto tiene el mortero fotocatalítico con TiO ₂ sobre la reducción de la contaminación en relación a la calidad del aire ?	Determinar que efecto tiene el mortero fotocatalítico con TiO ₂ sobre la reducción de la contaminación en relación a la calidad del aire	El mortero fotocatalítico con TiO ₂ tiene un efecto positivo sobre la reducción de la contaminación en relación a la calidad del aire								
¿Qué efecto tiene la propiedad autolimpiante del mortero fotocatalítico con TiO ₂ en la reducción de la contaminación del aire?	Determinar que efecto tiene la propiedad autolimpiante del mortero fotocatalítico con TiO ₂ en la reducción de la contaminación del aire	La propiedad autolimpiante del mortero fotocatalítico con TiO ₂ tiene un efecto positivo en la reducción de la contaminación del aire								
¿Habrá una relación entre porcentaje de TiO₂, reducción de la contaminación del aire y la resistencia a la compresión del mortero ?	Determinar la relación entre porcentaje de TiO₂, reducción de la contaminación del aire y la resistencia a la compresión del mortero	La relación entre el porcentaje de TiO₂ y la reducción de la contaminación del aire es directa, y la relación entre porcentaje de TiO ₂ y resistencia a la compresión es indirecta.								
				Propiedad auto-limpiante	Capacidad fotocatalítica	-Colorímetro -Lámpara de luz UV	%	UNI 11259		
				Relación porcentaje de TiO₂, reducción de la contaminación del aire y resistencia a la compresión	-Resistencia a la compresión -Porcentaje de TiO ₂ -Reducción de la contaminación del aire	-Prensa de concreto -Detector de Gases QRAE II y MULTIRAE LITE PGM6208	kg/cm ² %	MTC E 609 / NTP 334.051 -		

Anexo N°2: Validación de Instrumentos (fichas técnicas de recolección de datos)



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "MORTERO FOTOCATALÍTICO CON TIO₂ PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES PROCEDENTES DE VEHÍCULOS, LIMA, 2019"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. **Nombre y apellidos:** Omart Demetrio Tello Malpartida
- 1.2. **Grado académico:** Doctor en Ingeniería Civil
- 1.3. **Especialidad:** Construcción y estructuras
- 1.4. **Institución laboral:** Consultor independiente
- 1.5. **Cargo:** Gerente de empresa propia
- 1.6. **Tipo de instrumento:** Fichas técnicas de recolección de datos de cantidad de gases y capacidad fotocatalítica
- 1.7. **Lugar y fecha:** Lima – octubre 2020

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que deseas evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	4
2	Formulado con lenguaje apropiado	3
3	Adecuado para el objeto de estudio	4
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos técnicos	4
	Total	39



Firma

Anexo N°3: Fichas técnica N°1: Cantidad de gases con los equipos Detectores de gases múltiples QRAE II PGM-2400P y MULTIRAE LITE PGM6208

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta				Basado en la Norma:	UNE-ISO 22197-1				
Muestra: N° de especímenes:	MI			Fecha:	11/06/2019					
	12	N° de mediciones:	9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples QRAE II PGM-2400P					
MI (0% TiO ₂)										
CO (ppm)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:01	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:02	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:03	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:04	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:05	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:06	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:07	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:08	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:09	50.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.3
00:10	50.0	18.0	1000.0	989.0	874.0	80.0	999.5	987.0	98.0	566.2
00:11	49.0	18.0	998.0	988.0	874.0	80.0	999.5	987.0	98.0	565.7
00:12	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	80.0	999.5	987.0	98.0	565.6
00:13	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	80.0	999.5	987.0	97.5	565.6
00:14	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	80.0	999.5	986.5	97.5	565.5
00:15	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.4
00:16	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.4
00:17	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.4
00:18	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.4
00:19	49.0	17.0	998.0	988.0	874.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.4
00:20	49.0	17.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.6
00:21	49.0	17.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.6
00:22	49.0	17.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.5	986.5	97.5	565.6
00:23	50.0	17.0	998.0	988.0	875.0	79.5	1000.0	986.5	97.5	565.7
00:24	50.0	17.6	998.0	988.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	97.5	565.8
00:25	50.0	17.6	998.0	987.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	97.5	565.7
00:26	50.0	17.6	1000.0	987.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	98.0	566.0
00:27	50.0	17.6	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	98.0	566.2
00:28	50.0	17.6	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	98.0	566.2
00:29	50.0	17.6	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	98.0	566.2
00:30	50.0	17.6	1000.0	989.0	874.5	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.2
00:31	50.0	17.6	1000.0	989.0	874.5	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.2
00:32	50.0	17.6	1000.0	989.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:33	50.0	17.6	1000.0	989.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:34	49.5	17.6	1000.0	989.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:35	49.5	17.6	1000.0	989.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:36	49.5	17.6	1000.0	989.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:37	49.5	18.0	1000.0	988.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	97.0	565.9
00:38	49.5	18.0	1000.0	988.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	97.0	565.9
00:39	49.5	18.0	1000.0	988.0	874.5	79.0	1000.0	987.0	97.0	565.9
00:40	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.0	1000.0	986.0	97.0	565.6
00:41	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.0	999.0	986.0	97.0	565.5
00:42	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.0	999.0	986.0	97.0	565.5
00:43	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.0	986.0	97.0	565.6
00:44	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.0	986.0	97.0	565.6
00:45	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.0	986.0	97.0	565.6
00:46	49.5	18.0	998.0	988.0	875.0	79.5	999.0	986.0	97.0	565.6
00:47	50.0	17.0	998.0	989.0	875.0	79.5	999.0	986.0	97.5	565.7
00:48	50.0	17.0	998.0	989.0	875.0	80.0	999.0	986.0	97.5	565.7
00:49	50.0	17.0	998.0	989.0	875.0	80.0	999.0	986.5	97.5	565.8
00:50	50.0	17.0	998.0	989.0	875.0	80.0	999.0	986.5	97.5	565.8
00:51	50.0	17.0	998.0	989.0	875.0	80.0	999.0	986.5	97.5	565.8
00:52	50.0	17.0	998.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	986.5	97.5	565.9
00:53	50.0	17.0	998.0	989.0	874.0	80.0	1000.0	986.5	97.5	565.8
00:54	50.0	17.0	1000.0	989.0	874.0	80.0	1000.0	986.5	98.0	566.1
00:55	50.0	17.0	1000.0	989.0	874.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:56	49.0	18.0	1000.0	989.0	874.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:57	49.0	18.0	1000.0	989.0	874.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.1
00:58	49.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.2
00:59	49.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.2
01:00	49.0	18.0	1000.0	989.0	875.0	80.0	1000.0	987.0	98.0	566.2

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (s):	Katherine Lisette Chirinos Peralta				Basado en la Norma:		UNE-ISO 22197-1			
Muestra:	MI				Fecha:		11/06/2019			
N° de especímenes:	12	N° de mediciones:			9	Equipo de medición:		Medidor de gases múltiples QRAE II PGM-2400P		
MI (0% TiO₂)										
H2S (ppm)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	7.4	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.8	3.4
00:01	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.8	3.4
00:02	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.8	3.4
00:03	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.8	3.4
00:04	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.8	3.4
00:05	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.7	3.3
00:06	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.7	3.3
00:07	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.7	3.3
00:08	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.9	6.5	1.7	3.3
00:09	7.4	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.8	6.5	1.7	3.3
00:10	7.4	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.8	6.5	1.7	3.3
00:11	7.4	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.8	6.5	1.7	3.3
00:12	7.4	0.0	3.7	3.2	2.2	4.5	0.8	6.3	1.7	3.3
00:13	7.4	0.0	3.7	3.2	2.2	4.5	0.7	6.3	1.8	3.3
00:14	7.4	0.0	3.6	3.2	2.2	4.4	0.7	6.3	1.8	3.3
00:15	7.4	0.0	3.6	3.2	2.2	4.4	0.7	6.3	1.8	3.3
00:16	7.4	0.0	3.6	3.1	2.2	4.4	0.7	6.3	1.8	3.3
00:17	7.4	0.0	3.6	3.1	2.2	4.4	0.7	6.3	1.8	3.3
00:18	7.4	0.0	3.6	3.1	2.2	4.4	0.7	6.3	1.8	3.3
00:19	7.2	0.0	3.6	3.1	2.2	4.4	0.8	6.3	1.8	3.3
00:20	7.2	0.0	3.6	3.1	2.2	4.4	0.8	6.3	1.8	3.3
00:21	7.2	0.0	3.6	3.1	2.2	4.4	0.8	6.3	1.8	3.3
00:22	7.2	0.0	3.6	3.1	2.3	4.4	0.8	6.3	1.9	3.3
00:23	7.2	0.0	3.6	3.1	2.3	4.5	0.8	6.4	1.9	3.3
00:24	7.2	0.0	3.6	3.1	2.3	4.5	0.8	6.4	1.9	3.3
00:25	7.2	0.0	3.6	3.1	2.3	4.5	0.8	6.4	1.9	3.3
00:26	7.2	0.0	3.6	3.1	2.3	4.5	0.8	6.4	1.9	3.3
00:27	7.2	0.0	3.7	3.1	2.3	4.5	0.8	6.4	1.9	3.3
00:28	7.2	0.0	3.7	3.1	2.3	4.5	0.7	6.4	1.8	3.3
00:29	7.2	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.7	6.5	1.8	3.3
00:30	7.2	0.0	3.7	3.2	2.3	4.5	0.7	6.5	1.8	3.3
00:31	7.2	0.0	3.7	3.2	2.1	4.5	0.7	6.5	1.8	3.3
00:32	7.2	0.0	3.6	3.2	2.1	4.5	0.7	6.5	1.8	3.3
00:33	7.2	0.0	3.6	3.2	2.1	4.4	0.7	6.5	1.8	3.3
00:34	7.4	0.0	3.6	3.2	2.1	4.4	0.7	6.5	1.8	3.3
00:35	7.4	0.0	3.4	3.2	2.1	4.4	0.7	6.5	1.8	3.3
00:36	7.4	0.0	3.4	3.2	2.1	4.4	0.7	6.5	1.8	3.3
00:37	7.4	0.0	3.4	3.2	2.1	4.4	0.8	6.5	1.7	3.3
00:38	7.4	0.0	3.4	3.2	2.1	4.4	0.8	6.5	1.7	3.3
00:39	7.4	0.0	3.4	3.3	2.1	4.4	0.8	6.5	1.7	3.3
00:40	7.4	0.0	3.6	3.3	2.1	4.4	0.8	6.5	1.7	3.3
00:41	7.4	0.0	3.6	3.3	2.2	4.4	0.8	6.5	1.7	3.3
00:42	7.4	0.0	3.6	3.3	2.2	4.4	0.8	6.4	1.7	3.3
00:43	7.3	0.0	3.6	3.3	2.2	4.4	0.8	6.4	1.7	3.3
00:44	7.3	0.0	3.6	3.3	2.2	4.3	0.8	6.4	1.7	3.3
00:45	7.3	0.0	3.6	3.3	2.2	4.3	0.8	6.4	1.7	3.3
00:46	7.3	0.0	3.6	3.3	2.2	4.3	0.8	6.4	1.7	3.3
00:47	7.3	0.0	3.6	3.3	2.2	4.3	0.9	6.4	1.7	3.3
00:48	7.3	0.0	3.7	3.3	2.2	4.3	0.9	6.4	1.8	3.3
00:49	7.3	0.0	3.7	3.2	2.2	4.3	0.9	6.4	1.8	3.3
00:50	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.4	0.9	6.3	1.8	3.3
00:51	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.4	0.9	6.3	1.8	3.3
00:52	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.4	0.9	6.3	1.8	3.3
00:53	7.3	0.0	3.7	3.2	2.3	4.4	0.9	6.3	1.8	3.3
00:54	7.3	0.0	3.6	3.2	2.3	4.4	0.9	6.3	1.8	3.3
00:55	7.3	0.0	3.6	3.2	2.3	4.4	0.9	6.4	1.8	3.3
00:56	7.3	0.0	3.6	3.2	2.3	4.4	0.9	6.4	1.8	3.3
00:57	7.2	0.0	3.6	3.2	2.3	4.5	0.9	6.4	1.9	3.3
00:58	7.2	0.0	3.6	3.2	2.3	4.5	0.9	6.4	1.9	3.3
00:59	7.2	0.0	3.6	3.2	2.3	4.5	0.9	6.4	1.9	3.3
01:00	7.2	0.0	3.6	3.2	2.3	4.5	0.9	6.4	1.9	3.3

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta				Basado en la Norma:	UNE-ISO 22197-1				
Muestra:	M1				Fecha:	11/06/2019				
N° de especímenes:	12	N° de mediciones:	9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples QRAE II PGM-2400P					
M1 (0% TiO₂)										
O₂ (%)										
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.	Promedio
00:00	16.0	14.7	15.5	16.0	15.8	14.5	14.7	15.8	16.0	15.4
00:01	16.0	14.7	15.5	16.0	15.8	14.5	14.7	15.8	16.0	15.4
00:02	16.0	14.7	15.5	16.0	15.8	14.5	14.6	15.8	16.0	15.4
00:03	16.0	14.7	15.5	16.0	15.8	14.5	14.6	15.8	16.0	15.4
00:04	16.0	14.7	15.5	16.0	15.8	14.5	14.6	15.8	16.0	15.4
00:05	15.7	14.7	15.5	15.7	15.8	14.5	14.6	15.8	15.8	15.3
00:06	15.7	14.7	15.5	15.7	15.8	14.5	14.6	15.8	15.8	15.3
00:07	15.7	14.7	15.5	15.7	15.8	14.5	14.6	15.8	15.8	15.3
00:08	15.7	14.7	15.4	15.7	15.7	14.5	14.5	15.8	15.8	15.3
00:09	15.7	14.7	15.4	15.7	15.7	14.5	14.5	15.8	15.8	15.3
00:10	15.7	14.7	15.4	15.7	15.7	14.5	14.5	15.8	15.8	15.3
00:11	15.7	14.6	15.4	15.7	15.7	14.5	14.5	15.7	15.8	15.3
00:12	15.7	14.6	15.4	15.7	15.7	14.5	14.5	15.7	15.8	15.3
00:13	15.7	14.6	15.4	15.7	15.6	14.4	14.6	15.7	15.8	15.3
00:14	15.7	14.6	15.4	15.7	15.6	14.4	14.6	15.7	15.8	15.3
00:15	15.7	14.6	15.4	15.7	15.6	14.4	14.6	15.7	15.8	15.3
00:16	15.6	14.6	15.6	15.6	15.6	14.4	14.6	15.7	15.9	15.3
00:17	15.6	14.6	15.6	15.6	15.6	14.4	14.6	15.7	15.9	15.3
00:18	15.6	14.6	15.6	15.6	15.6	14.4	14.6	15.7	15.9	15.3
00:19	15.6	14.6	15.6	15.6	15.6	14.4	14.6	15.7	15.9	15.3
00:20	15.6	14.6	15.6	15.6	15.6	14.4	14.7	15.7	15.9	15.3
00:21	15.6	14.6	15.6	15.6	15.6	14.4	14.7	15.7	15.9	15.3
00:22	15.6	14.7	15.6	15.6	15.6	14.5	14.7	15.6	15.9	15.3
00:23	15.6	14.7	15.6	15.6	15.6	14.5	14.7	15.6	15.9	15.3
00:24	15.7	14.7	15.5	15.7	15.7	14.5	14.7	15.6	15.9	15.3
00:25	15.7	14.7	15.5	15.7	15.7	14.5	14.7	15.6	15.9	15.3
00:26	15.7	14.7	15.5	15.7	15.7	14.5	14.7	15.6	15.9	15.3
00:27	15.7	14.7	15.5	15.7	15.7	14.5	14.6	15.6	15.9	15.3
00:28	15.8	14.7	15.5	15.8	15.8	14.5	14.6	15.6	15.9	15.4
00:29	15.8	14.7	15.5	15.8	15.8	14.5	14.6	15.6	15.9	15.4
00:30	15.8	14.7	15.5	15.8	15.8	14.5	14.6	15.6	15.9	15.4
00:31	15.8	14.7	15.5	15.8	15.8	14.4	14.6	15.6	15.9	15.3
00:32	15.8	14.5	15.5	15.8	15.8	14.4	14.6	15.7	15.9	15.3
00:33	15.8	14.5	15.5	15.8	15.7	14.4	14.6	15.7	15.9	15.3
00:34	15.8	14.5	15.4	15.8	15.7	14.4	14.6	15.7	15.9	15.3
00:35	15.8	14.5	15.4	15.8	15.7	14.4	14.5	15.7	15.9	15.3
00:36	15.9	14.5	15.4	15.9	15.7	14.4	14.5	15.7	15.9	15.3
00:37	15.9	14.5	15.4	15.9	15.7	14.4	14.5	15.7	15.9	15.3
00:38	15.9	14.5	15.4	15.9	15.7	14.4	14.5	15.7	15.9	15.3
00:39	15.8	14.5	15.4	15.8	15.8	14.5	14.5	15.7	15.9	15.3
00:40	15.8	14.5	15.4	15.8	15.8	14.5	14.5	15.7	15.9	15.3
00:41	15.8	14.5	15.4	15.8	15.8	14.5	14.6	15.7	15.9	15.3
00:42	15.8	14.6	15.5	15.8	15.8	14.5	14.6	15.7	15.9	15.4
00:43	15.9	14.6	15.5	15.9	15.8	14.5	14.6	15.7	16.0	15.4
00:44	15.9	14.6	15.5	15.9	15.8	14.5	14.6	15.7	16.0	15.4
00:45	15.9	14.6	15.5	15.9	15.8	14.5	14.6	15.7	16.0	15.4
00:46	15.9	14.6	15.5	15.9	15.8	14.5	14.6	15.7	16.0	15.4
00:47	15.9	14.6	15.5	15.9	15.7	14.4	14.6	15.7	16.0	15.4
00:48	15.9	14.6	15.5	15.9	15.7	14.4	14.6	15.7	16.0	15.4
00:49	15.9	14.6	15.5	15.9	15.7	14.4	14.6	15.8	16.0	15.4
00:50	15.9	14.6	15.6	15.9	15.7	14.4	14.7	15.8	16.0	15.4
00:51	16.0	14.7	15.6	16.0	15.7	14.4	14.7	15.8	16.0	15.4
00:52	16.0	14.7	15.6	16.0	15.7	14.4	14.7	15.8	16.0	15.4
00:53	16.0	14.7	15.6	16.0	15.8	14.4	14.7	15.8	15.9	15.4
00:54	16.0	14.7	15.6	16.0	15.8	14.4	14.7	15.8	15.9	15.4
00:55	16.0	14.7	15.4	16.0	15.8	14.4	14.7	15.8	15.9	15.4
00:56	16.0	14.7	15.4	16.0	15.8	14.4	14.7	15.8	15.9	15.4
00:57	16.0	14.7	15.4	16.0	15.8	14.4	14.7	15.8	15.9	15.4
00:58	16.0	14.7	15.4	16.0	15.8	14.4	14.6	15.8	15.9	15.4
00:59	15.8	14.7	15.4	15.8	15.8	14.4	14.6	15.8	15.9	15.4
01:00	15.8	14.7	15.4	15.8	15.8	14.4	14.6	15.8	15.9	15.4

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes											
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019.										
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta				Basado en la Norma			UNE-ISO 22197-1			
Muestra N° de especímenes	M1			Fecha			11/06/2019				
	12	N° de mediciones		9	Equipo de medición:			Medidor de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208			
M3 (0% TiO₂)											
SO₂ (ppm)											
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio	
00:00	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	21.0	
00:01	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	21.0	
00:02	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	21.0	
00:03	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	21.0	
00:04	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	21.0	
00:05	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	21.0	
00:06	20.0	23.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	21.0	
00:07	20.0	22.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	20.9	
00:08	20.0	22.0	19.6	25.0	19.8	20.0	18.0	24.0	20.0	20.9	
00:09	20.0	22.0	19.6	25.0	19.8	19.8	18.0	24.0	20.0	20.9	
00:10	20.0	22.0	19.6	25.0	20.0	19.8	17.8	24.0	20.0	20.9	
00:11	20.0	22.0	19.6	24.0	20.0	19.8	17.8	24.0	20.0	20.8	
00:12	20.0	22.0	19.6	24.0	20.0	19.8	17.8	23.0	20.0	20.7	
00:13	20.0	23.0	19.6	24.0	20.0	19.8	17.8	23.0	19.8	20.8	
00:14	20.0	23.0	19.5	24.0	20.0	19.8	17.8	23.0	19.8	20.8	
00:15	20.0	23.0	19.5	24.0	20.0	19.7	17.8	23.0	19.8	20.8	
00:16	20.0	23.0	19.5	24.0	20.0	19.7	17.8	23.0	19.8	20.8	
00:17	20.0	23.0	19.5	24.0	20.0	19.7	17.8	23.0	19.8	20.8	
00:18	19.8	23.0	19.5	24.0	19.8	19.7	18.0	23.0	19.8	20.7	
00:19	19.8	23.0	19.5	24.0	19.8	19.7	18.0	23.0	19.8	20.7	
00:20	19.8	22.0	19.5	24.0	19.8	19.7	18.0	23.0	19.8	20.6	
00:21	19.8	22.0	19.5	24.0	19.8	19.7	18.0	23.0	19.8	20.6	
00:22	19.6	22.0	19.5	25.0	19.6	19.7	18.0	23.5	19.6	20.7	
00:23	19.6	22.0	19.5	25.0	19.6	19.7	18.0	23.5	19.6	20.7	
00:24	19.6	22.0	19.5	25.0	19.6	19.7	18.0	23.5	19.6	20.7	
00:25	19.6	22.0	19.5	25.0	19.6	19.6	18.0	23.5	19.6	20.7	
00:26	19.6	22.0	19.4	25.0	19.6	19.6	17.9	23.5	19.6	20.7	
00:27	19.6	23.0	19.4	25.0	19.6	19.6	17.9	23.5	19.6	20.8	
00:28	19.6	23.0	19.4	25.0	19.6	19.6	17.9	23.5	19.6	20.8	
00:29	19.6	23.0	19.4	25.0	19.6	19.6	17.9	23.5	19.6	20.8	
00:30	19.6	23.0	19.4	25.0	19.6	19.6	17.9	23.5	19.6	20.8	
00:31	19.6	23.0	19.4	25.0	19.6	19.6	18.0	23.5	19.6	20.8	
00:32	19.6	23.0	19.4	25.0	19.6	19.6	18.0	24.0	19.6	20.9	
00:33	20.0	23.0	19.4	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7	20.9	
00:34	20.0	23.0	19.4	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7	20.9	
00:35	20.0	23.0	19.4	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7	20.9	
00:36	20.0	23.0	19.4	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7	20.9	
00:37	20.0	23.0	19.6	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7	20.9	
00:38	20.0	23.0	19.6	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7	20.9	
00:39	20.0	23.0	19.6	24.0	20.0	19.9	18.0	24.0	19.7	20.9	
00:40	20.0	23.0	19.6	24.0	20.0	19.9	17.8	24.0	19.7	20.9	
00:41	20.0	22.0	19.6	24.0	20.0	19.9	17.8	24.0	20.0	20.8	
00:42	20.0	22.0	19.6	24.0	20.0	20.0	17.8	24.0	20.0	20.8	
00:43	20.0	22.0	19.6	24.0	20.0	20.0	17.8	23.0	20.0	20.7	
00:44	20.0	22.0	19.6	24.0	20.0	20.0	17.8	23.0	20.0	20.7	
00:45	20.0	22.0	19.5	24.0	20.0	20.0	17.8	23.0	20.0	20.7	
00:46	20.0	22.0	19.5	25.0	20.0	20.0	17.8	23.0	20.0	20.8	
00:47	20.0	22.0	19.5	25.0	20.0	20.0	17.8	23.0	20.0	20.8	
00:48	20.0	22.0	19.5	25.0	20.0	20.0	17.8	23.0	20.0	20.8	
00:49	20.0	22.0	19.5	25.0	20.0	20.0	17.9	23.0	20.0	20.8	
00:50	20.0	21.0	19.5	25.0	20.0	20.0	17.9	23.0	20.0	20.7	
00:51	19.8	21.0	19.5	25.0	19.8	19.8	17.9	23.0	19.8	20.6	
00:52	19.8	21.0	19.5	25.0	19.8	19.8	17.9	23.0	19.8	20.6	
00:53	19.8	21.0	19.6	25.0	19.8	19.8	18.0	23.0	19.8	20.6	
00:54	19.8	21.0	19.6	25.0	19.8	19.8	18.0	23.0	19.8	20.6	
00:55	19.8	21.0	19.6	24.0	19.8	19.8	18.0	23.0	19.8	20.5	
00:56	19.8	21.0	19.6	24.0	19.8	19.8	18.0	24.0	19.8	20.6	
00:57	19.8	21.0	19.6	24.0	20.0	19.8	18.0	24.0	19.8	20.7	
00:58	19.8	21.0	19.6	24.0	20.0	19.8	18.0	24.0	19.8	20.7	
00:59	19.8	21.0	19.6	24.0	20.0	19.8	18.0	24.0	19.8	20.7	
01:00	19.8	21.0	19.6	24.0	20.0	19.8	18.0	24.0	19.8	20.7	

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta				Basado en la Norma			UNE-ISO 22197-1		
Muestra N° de especímenes	MI		N° de mediciones		9		Fecha			11/06/2019
	12					Equipo de medición:		Medidor de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208		
M3 (0% TiO₂)										
NO (ppm)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.7
00:01	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.7
00:02	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.7
00:03	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.7
00:04	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.7
00:05	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	35.0	26.0	33.6
00:06	35.0	37.0	40.0	35.0	23.0	43.0	28.0	35.0	26.0	33.6
00:07	35.0	37.0	39.0	35.0	22.0	43.0	28.0	35.0	26.0	33.3
00:08	34.8	35.8	39.0	34.9	22.0	43.0	28.0	35.0	26.0	33.2
00:09	34.8	35.8	39.0	34.9	22.0	43.0	28.0	35.0	26.0	33.2
00:10	34.8	35.8	39.0	34.9	22.0	43.0	28.0	35.0	26.0	33.2
00:11	34.8	35.8	39.0	34.9	22.0	42.5	27.5	35.0	25.5	33.0
00:12	34.8	35.8	39.0	34.9	22.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.0
00:13	34.8	35.8	39.0	34.9	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.1
00:14	34.8	35.8	39.0	34.9	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.1
00:15	34.8	35.8	39.0	34.8	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.1
00:16	35.0	35.8	39.0	34.8	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.1
00:17	35.0	35.8	39.5	34.8	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.2
00:18	35.0	36.0	39.5	34.8	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.2
00:19	35.0	36.0	39.5	34.8	23.0	42.5	27.5	34.8	25.5	33.2
00:20	35.0	36.0	39.5	34.8	22.0	42.0	27.5	34.8	25.5	33.0
00:21	35.0	36.0	39.0	34.8	22.0	42.0	28.0	35.0	25.5	33.0
00:22	35.0	36.0	39.0	34.8	22.0	42.0	28.0	35.0	25.0	33.0
00:23	35.0	36.0	39.0	34.8	22.0	42.0	28.0	35.0	25.0	33.0
00:24	35.0	36.0	39.0	34.8	22.0	42.0	28.0	35.0	25.0	33.0
00:25	35.0	36.0	39.0	34.8	22.0	42.0	28.0	35.0	25.0	33.0
00:26	35.0	36.0	38.0	35.0	22.0	42.0	28.0	35.0	25.0	32.9
00:27	35.0	36.0	38.0	35.0	23.0	42.0	28.0	35.0	25.0	33.0
00:28	35.0	36.0	38.0	35.0	23.0	42.0	28.0	35.0	25.0	33.0
00:29	35.0	36.9	38.0	35.0	23.0	42.0	28.0	35.0	25.0	33.1
00:30	35.0	36.9	38.0	35.0	23.0	42.5	28.0	36.0	25.0	33.3
00:31	35.0	36.9	38.0	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.3
00:32	35.0	36.9	38.0	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.3
00:33	35.0	36.9	39.5	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.4
00:34	34.8	36.9	39.5	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.4
00:35	34.8	36.9	39.5	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.4
00:36	34.8	36.9	39.5	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.4
00:37	34.8	36.9	39.5	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.4
00:38	34.8	36.9	39.5	35.0	23.0	42.5	27.0	36.0	26.0	33.4
00:39	34.8	36.9	39.5	34.8	23.0	43.0	27.0	36.0	26.0	33.4
00:40	34.8	36.9	39.0	34.8	23.0	43.0	27.0	35.5	26.0	33.3
00:41	34.8	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.0	35.5	26.0	33.2
00:42	34.8	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	26.0	33.3
00:43	35.0	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	25.5	33.3
00:44	35.0	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	25.5	33.3
00:45	35.0	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	25.5	33.3
00:46	35.0	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	25.5	33.3
00:47	35.0	37.0	39.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	25.5	33.3
00:48	35.0	37.0	40.0	34.8	22.0	43.0	27.5	35.5	25.5	33.4
00:49	35.0	37.0	40.0	35.0	22.0	42.5	27.5	35.5	25.5	33.3
00:50	35.0	37.0	40.0	35.0	21.0	42.5	27.5	36.0	25.5	33.3
00:51	35.0	37.0	40.0	35.0	21.0	42.5	28.0	36.0	25.5	33.3
00:52	35.0	37.0	40.0	35.0	21.0	42.5	28.0	36.0	25.5	33.3
00:53	35.0	37.0	40.0	35.0	21.0	42.5	28.0	36.0	25.5	33.3
00:54	35.0	36.9	40.0	35.0	21.0	42.5	28.0	36.0	26.0	33.4
00:55	35.0	36.9	40.0	35.0	21.0	42.5	28.0	36.0	26.0	33.4
00:56	35.0	36.9	40.0	35.0	21.0	42.5	28.0	36.0	26.0	33.4
00:57	35.0	36.9	40.0	35.0	21.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.4
00:58	35.0	36.9	39.0	34.8	21.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.3
00:59	35.0	36.9	39.0	34.8	21.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.3
01:00	34.8	36.9	39.0	34.8	21.0	43.0	28.0	36.0	26.0	33.3

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta				Basado en la Norma	UNE-ISO 22197-1				
Muestra N° de especímenes	M1			Fecha	11/06/2019					
	12	N° de mediciones	9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208					
M3 (0% TiO₂)										
CO₂ (ppm)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:01	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:02	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:03	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:04	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:05	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:06	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:07	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:08	10500	12500	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11322.2
00:09	10500	12450	10500	9000	13500	9500	15400	8500	12500	11316.7
00:10	10500	12400	10500	9000	12550	8550	15400	8500	12500	11100.0
00:11	10450	12400	10500	8950	12550	8550	15300	8500	12500	11077.8
00:12	10450	12400	10500	8950	12550	8550	15300	8500	12500	11077.8
00:13	10450	12400	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000	10911.1
00:14	10450	12400	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000	10911.1
00:15	10450	12400	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000	10911.1
00:16	10450	12400	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000	10911.1
00:17	10450	12400	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000	10911.1
00:18	10450	12500	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000	10922.2
00:19	10450	12500	10450	8950	12550	8550	15300	7550	12000	10922.2
00:20	10450	12500	10450	8950	12500	8550	15300	7550	12000	10916.7
00:21	10450	12500	10450	8950	12500	8550	15300	7550	12000	10916.7
00:22	10450	12500	10450	8950	12500	8550	15300	7550	12000	10916.7
00:23	10450	12500	10450	9000	12500	8550	15350	7550	12000	10927.8
00:24	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11033.3
00:25	10450	12400	10500	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11027.8
00:26	10450	12400	10500	9000	12500	9500	15350	8500	12500	11188.9
00:27	10450	12400	10500	9000	12500	9500	15350	8500	12500	11188.9
00:28	10500	12400	10500	9000	12500	9500	15350	8500	12500	11194.4
00:29	10500	12400	10500	9000	12500	9500	15350	8500	12500	11194.4
00:30	10500	12400	10500	8950	13500	9500	15350	8500	12500	11300.0
00:31	10500	12400	10500	8950	13500	9500	15350	8500	12500	11300.0
00:32	10500	12400	10500	8950	13500	9500	15350	8500	12500	11300.0
00:33	10500	12400	10500	8950	13500	9500	15350	8500	12500	11300.0
00:34	10500	12400	10500	8950	13500	9500	15400	8500	12500	11305.6
00:35	10500	12400	10500	8950	13500	8500	15400	7550	12500	11088.9
00:36	10500	12500	10500	8950	13500	8500	15400	7550	12000	11044.4
00:37	10500	12500	10430	8950	12500	8500	15400	7550	12000	10925.6
00:38	10500	12500	10430	8950	12500	8500	15400	7550	12000	10925.6
00:39	10430	12500	10430	9000	12500	8500	15400	7550	12000	10923.3
00:40	10430	12500	10430	9000	12500	8500	15400	7550	12000	10923.3
00:41	10430	12500	10430	9000	12500	8500	15400	7550	12000	10923.3
00:42	10430	12500	10430	9000	12500	8500	15400	7550	12000	10923.3
00:43	10430	12500	10430	9000	12500	8500	15400	7550	12000	10923.3
00:44	10430	12500	10430	9000	12500	8550	15400	7550	12000	10928.9
00:45	10430	12450	10430	9000	12500	8550	15300	8500	12500	11073.3
00:46	10430	12450	10430	8950	12500	8550	15300	8500	12500	11067.8
00:47	10430	12450	10430	8950	13500	8550	15300	8500	12500	11178.9
00:48	10430	12450	10430	8950	13500	8550	15300	8500	12500	11178.9
00:49	10430	12450	10430	8950	13500	8550	15300	8500	12500	11178.9
00:50	10430	12450	10450	8950	13500	8550	15300	8500	12500	11181.1
00:51	10430	12450	10450	8950	13500	8550	15300	8500	12500	11181.1
00:52	10450	12500	10450	8950	13500	9500	15300	8500	12500	11294.4
00:53	10450	12500	10450	8950	13500	9500	15350	7550	12500	11194.4
00:54	10450	12500	10450	9000	13500	9500	15350	7550	12000	11144.4
00:55	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11033.3
00:56	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11033.3
00:57	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11033.3
00:58	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11033.3
00:59	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11033.3
01:00	10450	12500	10450	9000	12500	9500	15350	7550	12000	11033.3

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta			Basado en la Norma	UNE-ISO 22197-1					
Muestra	M2			Fecha	12/06/2019					
N° de especímenes	12	N° de mediciones	9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples QRAE II PGM-2400P					
M2 (10% TiO₂)										
CO (ppm)										
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.	Promedio
00:00	50.0	18.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	785.3
00:01	50.0	18.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	785.3
00:02	50.0	18.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	785.3
00:03	49.0	18.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	998.0	1000.0	1000.0	785.0
00:04	49.0	18.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	989.0	1000.0	1000.0	784.0
00:05	49.0	18.0	1000.0	1000.0	998.0	1000.0	981.0	999.0	1000.0	782.8
00:06	48.0	17.0	1000.0	1000.0	998.0	1000.0	969.0	999.0	998.0	781.0
00:07	48.0	17.0	1000.0	1000.0	998.0	1000.0	958.0	999.0	989.0	778.8
00:08	48.0	17.0	1000.0	1000.0	989.0	1000.0	948.0	999.0	981.0	775.8
00:09	47.0	17.0	1000.0	997.0	956.0	1000.0	940.0	998.0	969.0	769.3
00:10	47.0	17.0	1000.0	997.0	948.0	998.0	933.0	998.0	958.0	766.2
00:11	47.0	17.0	1000.0	997.0	948.0	998.0	926.0	998.0	948.0	764.3
00:12	46.0	17.0	997.0	976.0	948.0	998.0	920.0	998.0	940.0	760.0
00:13	46.0	16.0	997.0	976.0	940.0	998.0	913.0	998.0	933.0	757.4
00:14	46.0	16.0	997.0	964.0	933.0	998.0	909.0	997.0	926.0	754.0
00:15	46.0	16.0	992.0	964.0	926.0	989.0	906.0	996.0	920.0	750.6
00:16	45.0	16.0	992.0	964.0	920.0	989.0	905.0	996.0	913.0	748.9
00:17	45.0	16.0	992.0	952.0	913.0	989.0	905.0	996.0	909.0	746.3
00:18	45.0	16.0	985.0	952.0	909.0	989.0	903.0	995.0	906.0	744.4
00:19	44.0	16.0	985.0	952.0	906.0	978.0	869.0	995.0	905.0	738.9
00:20	43.0	16.0	985.0	943.0	905.0	978.0	865.0	995.0	905.0	737.2
00:21	44.0	15.0	973.0	943.0	905.0	964.0	859.0	995.0	903.0	733.4
00:22	43.0	15.0	973.0	936.0	903.0	964.0	856.0	995.0	742.0	714.1
00:23	43.0	15.0	973.0	936.0	869.0	964.0	849.0	995.0	342.0	665.1
00:24	42.0	14.0	962.0	920.0	865.0	947.0	845.0	990.0	257.0	649.1
00:25	42.0	14.0	962.0	920.0	859.0	947.0	840.0	986.0	219.0	643.2
00:26	42.0	14.0	962.0	920.0	856.0	947.0	830.0	980.0	198.0	638.8
00:27	42.0	14.0	954.0	908.0	849.0	939.0	824.0	976.0	182.0	632.0
00:28	41.0	14.0	954.0	908.0	845.0	939.0	815.0	970.0	171.0	628.6
00:29	41.0	14.0	954.0	908.0	840.0	939.0	802.0	966.0	161.0	625.0
00:30	41.0	14.0	954.0	908.0	830.0	898.0	795.0	961.0	144.0	616.1
00:31	41.0	14.0	942.0	908.0	824.0	898.0	787.0	957.0	73.0	604.9
00:32	40.0	14.0	942.0	908.0	815.0	876.0	782.0	953.0	66.0	599.6
00:33	40.0	14.0	942.0	894.0	802.0	876.0	779.0	949.0	60.0	595.1
00:34	40.0	14.0	942.0	894.0	795.0	876.0	775.0	945.0	53.0	592.7
00:35	39.0	13.0	928.0	894.0	787.0	876.0	770.0	942.0	48.0	588.6
00:36	39.0	13.0	928.0	894.0	782.0	872.0	765.0	937.0	43.0	585.9
00:37	39.0	13.0	928.0	886.0	779.0	872.0	754.0	932.0	39.0	582.4
00:38	39.0	13.0	905.0	886.0	775.0	864.0	746.0	928.0	35.0	576.8
00:39	38.0	13.0	905.0	886.0	770.0	864.0	735.0	924.0	31.0	574.0
00:40	38.0	13.0	905.0	875.0	765.0	759.0	724.0	918.0	27.0	558.2
00:41	37.0	12.0	905.0	875.0	754.0	759.0	719.0	915.0	24.0	555.6
00:42	37.0	12.0	896.0	875.0	746.0	758.0	714.0	910.0	21.0	552.1
00:43	36.0	12.0	896.0	875.0	735.0	742.0	710.0	906.0	18.0	547.8
00:44	36.0	12.0	896.0	875.0	724.0	737.0	708.0	903.0	15.0	545.1
00:45	36.0	12.0	873.0	869.0	719.0	737.0	703.0	898.0	14.0	540.1
00:46	35.0	12.0	873.0	869.0	689.0	728.0	700.0	895.0	14.0	535.0
00:47	35.0	12.0	873.0	869.0	689.0	728.0	687.0	892.0	14.0	533.2
00:48	35.0	11.0	864.0	869.0	672.0	684.0	685.0	887.0	13.0	524.4
00:49	35.0	11.0	864.0	853.0	672.0	684.0	682.0	885.0	13.0	522.1
00:50	34.0	11.0	864.0	853.0	654.0	679.0	680.0	878.0	13.0	518.4
00:51	34.0	11.0	826.0	853.0	654.0	678.0	678.0	873.0	12.0	513.2
00:52	34.0	11.0	826.0	853.0	648.0	678.0	675.0	867.0	12.0	511.6
00:53	33.0	11.0	807.0	846.0	648.0	664.0	673.0	862.0	12.0	506.2
00:54	33.0	11.0	807.0	846.0	648.0	664.0	667.0	856.0	11.0	504.8
00:55	33.0	11.0	807.0	834.0	635.0	578.0	663.0	849.0	11.0	491.2
00:56	32.0	11.0	782.0	834.0	635.0	578.0	660.0	844.0	11.0	487.4
00:57	32.0	10.0	782.0	834.0	635.0	562.0	657.0	838.0	11.0	484.6
00:58	31.0	10.0	753.0	815.0	627.0	562.0	652.0	832.0	10.0	476.9
00:59	31.0	10.0	753.0	807.0	627.0	554.0	645.0	827.0	10.0	473.8
01:00	30.0	10.0	739.0	807.0	627.0	554.0	642.0	823.0	10.0	471.3

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta			Basado en la Norma:	UNE-ISO 22197-1					
Muestra	M2			Fecha	12/06/2019					
N° de especímenes	12	N° de mediciones	9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples QRAE II PGM-2400P					
M2 (10% TiO₂)										
H₂S (ppm)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	7.9	0.0	3.8	3.2	2.3	0.0	0.7	0.0	1.7	2.2
00:01	7.8	0.0	3.7	3.1	2.3	0.0	0.7	0.0	1.5	2.1
00:02	7.7	0.0	3.4	2.9	2.2	0.0	0.7	0.0	1.3	2.0
00:03	7.6	0.0	3.4	2.9	2.0	0.0	0.5	0.0	1.2	2.0
00:04	7.4	0.0	3.2	2.7	1.9	0.0	0.5	0.0	1.1	1.9
00:05	7.4	0.0	3.1	2.6	1.9	0.0	0.5	0.0	0.9	1.8
00:06	7.4	0.0	3.0	2.6	1.9	0.0	0.0	0.0	0.9	1.8
00:07	7.3	0.0	2.8	2.4	1.9	0.0	0.0	0.0	0.9	1.7
00:08	7.1	0.0	2.8	2.3	1.9	0.0	0.0	0.0	0.8	1.7
00:09	7.1	0.0	2.8	2.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.8	1.6
00:10	7.0	0.0	2.7	1.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.8	1.6
00:11	6.8	0.0	2.6	1.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
00:12	6.8	0.0	2.5	1.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
00:13	6.8	0.0	2.5	1.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
00:14	6.7	0.0	2.5	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
00:15	6.5	0.0	2.4	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
00:16	6.5	0.0	2.3	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
00:17	6.5	0.0	2.2	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
00:18	6.4	0.0	2.2	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
00:19	6.1	0.0	2.2	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
00:20	6.1	0.0	2.2	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
00:21	6.1	0.0	2.2	1.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
00:22	6.0	0.0	2.2	1.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
00:23	5.8	0.0	2.1	1.3	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
00:24	5.7	0.0	1.8	1.3	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:25	5.8	0.0	1.8	1.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:26	5.7	0.0	1.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:27	5.5	0.0	1.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:28	5.5	0.0	1.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:29	5.5	0.0	1.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:30	5.4	0.0	1.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:31	5.2	0.0	1.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:32	5.2	0.0	1.7	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
00:33	5.2	0.0	1.6	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
00:34	5.1	0.0	1.5	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
00:35	4.9	0.0	1.5	1.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
00:36	4.8	0.0	1.5	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
00:37	4.8	0.0	1.5	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
00:38	4.8	0.0	1.5	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
00:39	4.7	0.0	1.5	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:40	4.5	0.0	1.5	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:41	4.5	0.0	1.4	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:42	4.5	0.0	1.5	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:43	4.4	0.0	1.5	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:44	4.4	0.0	1.4	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:45	4.2	0.0	1.4	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:46	4.1	0.0	1.4	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:47	4.1	0.0	1.4	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
00:48	4.1	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:49	4.1	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:50	3.9	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:51	3.8	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:52	3.8	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:53	3.8	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:54	3.8	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:55	3.7	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:56	3.5	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:57	3.4	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:58	3.4	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
00:59	3.4	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
01:00	3.4	0.0	1.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lissette Chirinos Peralta		Basado en la Norma	UNE-ISO 22197-1						
Muestra	M2		Fecha	12/06/2019						
N° de especímenes	12	N° de mediciones	9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples QRAE II PGM-2400P					
M2 (10% TiO₂)										
O₂ (%)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	16.2	14.7	13.9	14.8	15.2	16.8	17.7	19.1	17.9	16.3
00:01	16.2	14.7	13.9	14.8	15.2	16.8	17.7	19.1	17.9	16.3
00:02	16.2	14.7	13.9	14.8	15.2	16.8	17.7	19.1	17.9	16.3
00:03	16.2	14.8	13.9	14.8	15.2	16.8	17.7	19.1	17.9	16.3
00:04	16.2	14.8	13.9	14.8	15.3	16.8	17.7	19.1	17.9	16.3
00:05	16.2	14.8	13.9	14.9	15.3	16.8	17.8	19.1	18.0	16.3
00:06	16.3	14.9	13.9	14.9	15.4	16.8	17.8	19.1	18.0	16.3
00:07	16.3	14.9	14.0	14.9	15.4	16.8	17.8	19.1	18.0	16.4
00:08	16.3	14.9	14.0	15.0	15.4	16.9	17.8	19.1	18.0	16.4
00:09	16.3	14.9	14.0	15.1	15.4	16.9	17.8	19.1	18.0	16.4
00:10	16.3	14.9	14.1	15.2	15.4	16.9	17.8	19.1	18.0	16.4
00:11	16.3	15.0	14.1	15.2	15.4	16.9	17.8	19.1	18.1	16.4
00:12	16.4	15.0	14.1	15.3	15.5	16.9	17.9	19.1	18.1	16.5
00:13	16.4	15.4	14.1	15.3	15.5	16.9	17.9	19.1	18.1	16.5
00:14	16.4	15.4	14.1	15.3	15.5	16.9	17.9	19.1	18.2	16.5
00:15	16.4	15.4	14.2	15.3	15.5	16.9	17.9	19.1	18.2	16.5
00:16	16.4	15.4	14.2	15.4	15.6	16.9	17.9	19.1	18.2	16.6
00:17	16.4	15.4	14.2	15.4	15.6	16.9	17.9	19.2	18.2	16.6
00:18	16.4	15.5	14.3	15.4	15.6	16.9	17.9	19.2	18.2	16.6
00:19	16.5	15.5	14.3	15.5	15.6	17.0	18.0	19.2	18.3	16.7
00:20	16.5	15.6	14.3	15.5	15.6	17.0	18.0	19.2	18.3	16.7
00:21	16.5	15.8	14.3	15.5	15.7	17.0	18.0	19.2	18.3	16.7
00:22	16.5	15.9	14.4	15.5	15.7	17.0	18.0	19.2	18.3	16.7
00:23	16.5	16.0	14.4	15.5	15.7	17.0	18.0	19.2	18.4	16.7
00:24	16.5	16.1	14.4	15.6	15.7	17.1	18.1	19.2	18.4	16.8
00:25	16.5	16.1	14.4	15.6	15.8	17.1	18.1	19.2	18.4	16.8
00:26	16.5	16.1	14.4	15.6	15.8	17.1	18.1	19.2	18.4	16.8
00:27	16.5	16.1	14.5	15.6	15.8	17.1	18.1	19.2	18.4	16.8
00:28	16.6	16.1	14.5	15.7	15.8	17.1	18.1	19.2	18.4	16.8
00:29	16.6	16.2	14.5	15.7	15.9	17.2	18.1	19.3	18.5	16.9
00:30	16.6	16.2	14.6	15.7	15.9	17.2	18.1	19.3	18.5	16.9
00:31	16.6	16.2	14.6	15.7	15.9	17.2	18.1	19.3	18.5	16.9
00:32	16.6	16.3	14.6	15.7	15.9	17.2	18.1	19.3	18.5	16.9
00:33	16.6	16.3	14.7	15.7	16.0	17.2	18.1	19.3	18.5	16.9
00:34	16.6	16.4	14.7	15.8	16.0	17.3	18.1	19.3	18.5	17.0
00:35	16.6	16.4	14.8	15.8	16.0	17.3	18.2	19.3	18.6	17.0
00:36	16.6	16.4	14.8	15.8	16.0	17.3	18.2	19.4	18.6	17.0
00:37	16.7	16.5	14.8	15.8	16.0	17.3	18.2	19.4	18.6	17.0
00:38	16.7	16.4	14.8	15.9	16.1	17.3	18.2	19.4	18.6	17.0
00:39	16.7	16.5	14.9	15.9	16.1	17.4	18.2	19.4	18.6	17.1
00:40	16.7	16.5	14.9	15.9	16.1	17.4	18.2	19.4	18.7	17.1
00:41	16.7	16.5	14.9	15.9	16.1	17.4	18.2	19.4	18.7	17.1
00:42	16.8	16.6	14.9	15.9	16.2	17.4	18.3	19.4	18.7	17.1
00:43	16.8	16.6	15.0	16.0	16.2	17.4	18.3	19.4	18.7	17.2
00:44	16.8	16.6	15.0	16.0	16.2	17.5	18.3	19.4	18.7	17.2
00:45	16.8	16.6	15.0	16.0	16.2	17.5	18.3	19.4	18.8	17.2
00:46	16.8	16.6	15.1	16.0	16.3	17.5	18.3	19.4	18.8	17.2
00:47	16.9	16.6	15.1	16.0	16.3	17.5	18.3	19.4	18.8	17.2
00:48	16.9	16.7	15.1	16.1	16.3	17.5	18.4	19.4	19.1	17.3
00:49	16.9	16.7	15.1	16.1	16.3	17.5	18.4	19.4	19.7	17.3
00:50	16.9	16.7	15.1	16.1	16.3	17.6	18.4	19.4	19.8	17.4
00:51	17.0	16.7	15.2	16.1	16.4	17.6	18.4	19.4	19.9	17.4
00:52	17.0	16.7	15.2	16.2	16.4	17.6	18.4	19.4	20.0	17.4
00:53	17.0	16.8	15.2	16.2	16.4	17.6	18.4	19.4	20.0	17.4
00:54	17.0	16.8	15.3	16.2	16.4	17.6	18.5	19.4	20.0	17.5
00:55	17.1	16.8	15.3	16.2	16.4	17.6	18.5	19.4	20.1	17.5
00:56	17.1	16.8	15.3	16.2	16.5	17.7	18.5	19.4	20.1	17.5
00:57	17.1	16.9	15.4	16.3	16.5	17.7	18.5	19.4	20.2	17.6
00:58	17.2	16.9	15.4	16.3	16.5	17.7	18.5	19.4	20.2	17.6
00:59	17.2	17.0	15.4	16.3	16.5	17.7	18.5	19.4	20.2	17.6
01:00	17.2	17.0	15.4	16.3	16.5	17.7	18.5	19.5	20.2	17.6

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lissette Charinos Peralta				Basado en la Norma	UNE-ISO 22197-1				
Muestra	M2				Fecha	12/06/2019				
N° de especímenes	12	N° de mediciones	9		Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208				
M2 (10% TiO₂)										
SO₂ (ppm)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	2.8	0.0	20.0	20.0	19.5	10.8	5.5	3.0	6.7	9.8
00:01	2.7	0.0	20.0	19.9	18.7	10.5	5.3	2.9	6.3	9.6
00:02	2.5	0.0	20.0	19.5	18.0	10.2	5.1	2.8	6.4	9.4
00:03	2.3	0.0	20.0	19.1	17.4	9.9	4.9	2.7	6.2	9.2
00:04	2.1	0.0	20.0	18.6	16.6	9.6	4.8	2.6	6.0	8.9
00:05	1.9	0.0	19.8	18.2	16.0	9.4	4.7	2.5	5.9	8.7
00:06	1.7	0.0	19.8	17.8	15.5	9.1	4.5	2.5	5.8	8.5
00:07	1.5	0.0	19.8	17.5	15.2	8.9	4.4	2.4	5.5	8.4
00:08	1.4	0.0	19.8	17.0	14.6	8.6	4.3	2.3	5.2	8.1
00:09	1.3	0.0	19.6	16.5	14.0	8.4	4.2	2.3	5.0	7.9
00:10	1.1	0.0	19.6	16.1	13.7	8.2	4.1	2.3	4.9	7.8
00:11	1.1	0.0	19.6	15.8	13.2	8.0	4.0	2.2	4.7	7.6
00:12	1.0	0.0	19.6	15.5	12.9	7.8	3.9	2.1	4.8	7.5
00:13	0.9	0.0	19.3	15.2	12.4	7.7	3.8	2.1	4.8	7.4
00:14	0.9	0.0	19.3	14.9	12.0	7.5	3.7	2.0	4.7	7.2
00:15	0.8	0.0	19.3	14.7	11.7	7.3	3.6	2.0	4.7	7.1
00:16	0.8	0.0	19.3	14.4	11.4	7.1	3.5	2.0	4.6	7.0
00:17	0.7	0.0	19.3	14.2	11.0	7.0	3.5	1.9	4.6	6.9
00:18	0.7	0.0	19.3	13.9	10.7	6.8	3.4	1.9	4.5	6.8
00:19	0.7	0.0	19.3	13.6	10.4	6.7	3.3	1.8	4.5	6.7
00:20	0.6	0.0	19.1	13.4	10.2	6.5	3.3	1.8	4.4	6.6
00:21	0.6	0.0	19.1	13.2	9.9	6.4	3.2	1.8	4.3	6.5
00:22	0.6	0.0	19.1	12.9	9.7	6.3	3.2	1.8	4.3	6.4
00:23	0.5	0.0	19.1	12.7	9.4	6.1	3.1	1.8	4.2	6.3
00:24	0.5	0.0	18.9	12.5	9.2	6.0	3.0	1.8	4.1	6.2
00:25	0.5	0.0	18.9	12.2	9.0	5.9	3.0	1.7	4.1	6.1
00:26	0.5	0.0	18.9	12.0	8.8	5.8	3.0	1.7	4.0	6.1
00:27	0.4	0.0	18.9	11.8	8.6	5.7	2.9	1.7	4.0	6.0
00:28	0.4	0.0	18.9	11.6	8.5	5.6	2.9	1.6	3.9	5.9
00:29	0.1	0.0	18.6	11.4	8.3	5.5	2.8	1.6	3.8	5.8
00:30	0.0	0.0	18.4	11.2	8.2	5.4	2.8	1.6	3.8	5.7
00:31	0.0	0.0	18.2	11.0	8.0	5.3	2.7	1.6	3.8	5.6
00:32	0.0	0.0	18.0	10.8	7.8	5.2	2.7	1.5	3.7	5.5
00:33	0.0	0.0	17.8	10.6	7.7	5.1	2.7	1.5	3.7	5.5
00:34	0.0	0.0	17.5	10.4	7.6	5.0	2.6	1.5	3.6	5.4
00:35	0.0	0.0	17.3	10.2	7.5	5.0	2.6	1.5	3.5	5.3
00:36	0.0	0.0	17.1	10.1	7.3	4.9	2.6	1.5	3.5	5.2
00:37	0.0	0.0	16.9	9.9	7.2	4.8	2.5	1.5	3.5	5.1
00:38	0.0	0.0	16.7	9.8	7.1	4.8	2.5	1.4	3.4	5.1
00:39	0.0	0.0	16.5	9.6	7.0	4.7	2.5	1.4	3.4	5.0
00:40	0.0	0.0	16.3	9.4	7.0	4.6	2.4	1.4	3.3	4.9
00:41	0.0	0.0	16.1	9.3	6.8	4.6	2.4	1.4	3.3	4.9
00:42	0.0	0.0	15.9	9.1	6.8	4.5	2.4	1.4	3.2	4.8
00:43	0.0	0.0	15.7	9.0	6.7	4.5	2.4	1.4	3.2	4.8
00:44	0.0	0.0	15.5	8.9	6.6	4.4	2.3	1.4	3.2	4.7
00:45	0.0	0.0	15.3	8.7	6.5	4.3	2.3	1.3	3.1	4.6
00:46	0.0	0.0	15.1	8.6	6.5	4.3	2.3	1.3	3.1	4.6
00:47	0.0	0.0	15.0	8.5	6.4	4.2	2.3	1.3	3.0	4.5
00:48	0.0	0.0	14.8	8.3	6.3	4.2	2.3	1.3	2.9	4.5
00:49	0.0	0.0	14.6	8.2	6.3	4.1	2.2	1.3	3.0	4.4
00:50	0.0	0.0	14.4	8.1	6.2	4.1	2.2	1.3	3.0	4.4
00:51	0.0	0.0	14.2	8.0	6.1	4.0	2.2	1.3	3.0	4.3
00:52	0.0	0.0	14.0	7.9	6.1	4.0	2.2	1.2	3.0	4.3
00:53	0.0	0.0	13.9	7.8	6.0	4.0	2.1	1.3	3.0	4.2
00:54	0.0	0.0	13.7	7.7	6.0	3.9	2.1	1.2	2.9	4.2
00:55	0.0	0.0	13.5	7.5	5.9	3.9	2.1	1.2	2.9	4.1
00:56	0.0	0.0	13.4	7.5	5.9	3.8	2.1	1.2	2.9	4.1
00:57	0.0	0.0	13.2	7.3	5.8	3.8	2.1	1.2	2.9	4.0
00:58	0.0	0.0	13.0	7.3	5.8	3.8	2.1	1.2	2.9	4.0
00:59	0.0	0.0	12.9	7.2	5.7	3.7	2.1	1.2	2.9	3.9
01:00	0.0	0.0	12.7	7.1	5.7	3.7	2.0	1.2	1.6	3.8

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta			Basado en la Norma	UNE-ISO 22197-1					
Muestra	M2			Fecha	12/06/2019					
N° de especímenes	12	N° de mediciones	9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208					
M2 (10% TiO₂)										
NO (ppm)										
Tiempo	1º med.	2º med.	3º med.	4º med.	5º med.	6º med.	7º med.	8º med.	9º med.	Promedio
00:00	3.5	9.5	27.0	57.5	20.5	7.5	23.0	2.0	52.5	22.6
00:01	3.0	9.0	27.0	56.5	20.0	7.5	23.0	2.0	52.0	22.2
00:02	3.0	9.0	26.5	55.0	19.5	7.5	22.5	2.0	51.5	21.8
00:03	2.5	8.5	26.0	54.0	19.5	7.5	22.5	2.0	50.5	21.4
00:04	2.5	8.5	25.5	53.0	19.0	7.5	22.0	2.0	50.0	21.1
00:05	2.0	8.0	25.5	52.0	19.0	7.0	22.0	2.0	49.0	20.7
00:06	2.0	8.0	24.5	51.0	18.5	7.0	21.5	2.0	47.5	20.2
00:07	1.5	8.0	24.5	50.0	18.5	7.0	21.5	2.0	47.0	20.0
00:08	1.5	8.0	24.0	48.5	18.5	7.0	21.0	2.0	46.5	19.7
00:09	1.5	8.0	24.0	47.5	18.0	7.0	21.0	2.0	45.5	19.4
00:10	1.0	8.0	23.5	47.0	18.0	7.0	20.5	1.5	44.5	19.0
00:11	1.0	8.0	23.0	46.0	17.5	7.0	20.5	1.5	44.0	18.7
00:12	1.0	7.5	23.0	44.5	17.5	6.5	20.0	1.5	42.5	18.2
00:13	1.0	7.5	22.5	44.0	17.0	6.5	19.5	1.5	41.5	17.9
00:14	1.0	7.5	22.5	43.0	17.0	6.5	19.5	1.5	40.5	17.7
00:15	1.0	7.0	22.0	42.5	16.5	6.5	19.0	1.5	39.5	17.3
00:16	1.0	7.0	21.5	42.0	16.5	6.5	19.0	1.5	38.5	17.1
00:17	0.5	7.0	21.5	41.0	16.0	6.5	18.5	1.5	38.0	16.7
00:18	0.5	7.0	21.5	40.5	16.0	6.5	18.5	1.5	37.0	16.6
00:19	0.5	7.0	21.0	40.0	15.5	6.0	18.0	1.5	36.5	16.2
00:20	0.5	6.5	21.0	39.0	15.5	6.0	18.0	1.5	35.5	15.9
00:21	0.5	6.5	20.5	38.5	15.5	6.0	17.5	1.5	35.0	15.7
00:22	0.5	6.5	20.5	37.5	15.0	6.0	17.5	1.5	34.5	15.5
00:23	0.5	6.5	20.0	37.0	15.0	6.0	17.0	1.5	34.0	15.3
00:24	0.5	6.5	20.0	36.5	14.5	6.0	17.0	1.5	33.0	15.1
00:25	0.5	6.5	19.5	35.5	14.5	6.0	17.0	1.5	32.5	14.8
00:26	0.5	6.5	19.5	35.0	14.0	6.0	16.5	1.5	32.0	14.6
00:27	0.5	6.5	19.0	34.5	14.0	5.5	16.5	1.5	31.5	14.4
00:28	0.5	6.0	19.0	34.0	14.0	5.5	16.0	1.5	31.0	14.2
00:29	0.5	6.0	18.5	33.5	13.5	5.5	16.0	1.5	30.5	13.9
00:30	0.5	6.0	18.0	33.0	13.5	5.5	15.5	1.5	30.0	13.7
00:31	0.5	6.0	18.0	32.5	13.0	5.5	15.5	1.5	29.5	13.6
00:32	0.5	6.0	18.0	32.0	13.0	5.5	15.5	1.5	29.0	13.4
00:33	0.5	6.0	17.5	31.5	13.0	5.5	15.0	1.5	29.0	13.3
00:34	0.5	5.5	17.5	31.0	12.5	5.0	15.0	1.0	28.5	12.9
00:35	0.5	5.5	17.0	30.5	12.5	5.0	15.0	1.0	28.0	12.8
00:36	0.5	5.5	17.0	30.0	12.5	5.0	14.5	1.0	27.5	12.6
00:37	0.0	5.5	16.5	29.5	12.5	5.0	14.5	1.0	27.0	12.4
00:38	0.0	5.5	16.5	29.0	12.0	5.0	14.0	1.0	26.5	12.2
00:39	0.0	5.5	16.0	28.5	12.0	5.0	14.0	1.0	26.0	12.0
00:40	0.0	5.5	16.0	28.0	12.0	5.0	14.0	1.0	25.5	11.9
00:41	0.0	5.5	16.0	27.5	11.5	5.0	13.5	1.0	25.5	11.7
00:42	0.0	5.0	15.5	27.5	11.5	5.0	13.5	1.0	25.0	11.6
00:43	0.0	5.0	15.5	27.0	11.5	4.5	13.5	1.0	24.5	11.4
00:44	0.0	5.0	15.0	26.5	11.0	4.5	13.0	1.0	24.0	11.1
00:45	0.0	5.0	15.0	26.0	11.0	4.5	13.0	1.0	23.5	11.0
00:46	0.0	5.0	14.5	26.0	11.0	4.5	13.0	1.0	23.5	10.9
00:47	0.0	5.0	14.5	25.5	11.0	4.5	12.5	1.0	23.0	10.8
00:48	0.0	5.0	14.5	25.0	10.5	4.5	12.5	1.0	22.5	10.6
00:49	0.0	5.0	14.0	24.5	10.5	4.5	12.5	1.0	22.5	10.5
00:50	0.0	5.0	14.0	24.5	10.5	4.5	12.0	1.0	22.5	10.4
00:51	0.0	4.5	13.5	24.0	10.5	4.5	12.0	1.0	22.5	10.3
00:52	0.0	4.5	13.5	23.5	10.0	4.0	12.0	1.0	22.0	10.1
00:53	0.0	4.5	13.5	23.5	10.0	4.0	12.0	1.0	22.0	10.1
00:54	0.0	4.5	13.0	23.0	10.0	4.0	11.5	1.0	21.5	9.8
00:55	0.0	4.5	13.0	22.5	10.0	4.0	11.5	1.0	21.5	9.8
00:56	0.0	4.5	13.0	22.5	9.5	4.0	11.5	1.0	21.0	9.7
00:57	0.0	4.5	12.5	22.0	9.5	4.0	11.0	1.0	20.5	9.4
00:58	0.0	4.5	12.5	22.0	9.5	4.0	11.0	1.0	20.5	9.4
00:59	0.0	4.5	12.5	21.5	9.5	4.0	11.0	1.0	11.0	8.3
01:00	0.0	4.0	12.0	21.0	9.0	4.0	11.0	1.0	6.0	7.6

Ficha técnica N°1: Ensayo Cantidad de gases contaminantes										
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019									
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta				Basado en la Norma	UNE-ISO 22197-1				
Muestra	M2				Fecha	12/06/2019				
N° de especímenes	12	N° de mediciones			9	Equipo de medición:	Medidor de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208			
M2 (10% TiO₂)										
CO₂ (ppm)										
Tiempo	1° med.	2° med.	3° med.	4° med.	5° med.	6° med.	7° med.	8° med.	9° med.	Promedio
00:00	9600	20500	15100	10100	2500	0	2900	0	7200	7544.4
00:01	8000	14800	13500	9300	2200	0	2700	0	6600	6344.4
00:02	7200	13500	12300	8700	2100	0	2500	0	5800	5788.9
00:03	6600	12400	10900	8100	2000	0	2200	0	5400	5288.9
00:04	6100	11200	9500	7400	1700	0	2000	0	5000	4766.7
00:05	5700	9800	8500	6900	1700	0	1900	0	4600	4344.4
00:06	5400	8800	7400	6400	1400	0	1700	0	4200	3922.2
00:07	5100	7900	6600	5900	1400	0	1600	0	3900	3600.0
00:08	4900	7100	6100	5500	1400	0	1400	0	3700	3344.4
00:09	4700	6400	5400	5100	1200	0	1400	0	3400	3066.7
00:10	4500	5700	4800	5000	1100	0	1100	0	3200	2822.2
00:11	4200	5100	4300	4600	1100	0	1100	0	3000	2600.0
00:12	4200	4500	3900	4200	1000	0	1000	0	2600	2377.8
00:13	3900	4000	3400	3900	900	0	900	0	2400	2155.6
00:14	3800	3500	3100	3700	900	0	900	0	2100	2000.0
00:15	3600	3000	2800	3400	900	0	700	0	1900	1811.1
00:16	3500	2800	2500	3200	700	0	600	0	1700	1666.7
00:17	3400	2500	2200	3000	600	0	600	0	1600	1544.4
00:18	3200	2300	2000	2800	600	0	600	0	1400	1433.3
00:19	3100	2100	1800	2600	600	0	600	0	1400	1355.6
00:20	3000	1900	1600	2500	600	0	600	0	1100	1255.6
00:21	2800	1700	1400	2200	600	0	300	0	1100	1122.2
00:22	2800	1500	1300	2200	600	0	300	0	1000	1077.8
00:23	2700	1400	1100	2000	600	0	300	0	900	1000.0
00:24	2500	1200	1100	1900	400	0	300	0	900	922.2
00:25	2500	1100	900	1700	300	0	300	0	900	855.6
00:26	2500	1100	900	1700	300	0	300	0	800	844.4
00:27	2300	900	900	1400	300	0	300	0	600	744.4
00:28	2300	900	600	1400	300	0	300	0	600	711.1
00:29	2300	900	600	1400	300	0	300	0	600	711.1
00:30	2200	700	600	1200	300	0	300	0	600	655.6
00:31	2000	600	600	1100	300	0	300	0	600	611.1
00:32	2000	600	400	1100	300	0	200	0	500	566.7
00:33	2000	600	300	1100	300	0	200	0	300	533.3
00:34	2000	600	300	900	300	0	200	0	300	511.1
00:35	1900	500	300	900	300	0	200	0	300	488.9
00:36	1700	300	300	900	300	0	200	0	300	444.4
00:37	1700	300	300	900	300	0	200	0	300	444.4
00:38	1700	300	300	900	300	0	100	0	300	433.3
00:39	1700	300	300	800	300	0	100	0	300	422.2
00:40	1700	300	300	600	300	0	100	0	300	400.0
00:41	1700	300	300	600	300	0	100	0	300	400.0
00:42	1400	300	300	600	300	0	100	0	300	366.7
00:43	1400	300	100	600	300	0	100	0	300	344.4
00:44	1400	300	0	600	300	0	100	0	300	333.3
00:45	1400	300	0	600	300	0	100	0	300	333.3
00:46	1400	300	0	600	200	0	100	0	200	311.1
00:47	1400	300	0	600	0	0	100	0	0	266.7
00:48	1400	300	0	500	0	0	100	0	0	255.6
00:49	1400	300	0	300	0	0	100	0	0	233.3
00:50	1200	300	0	300	0	0	100	0	0	211.1
00:51	1100	300	0	300	0	0	100	0	0	200.0
00:52	1100	300	0	300	0	0	100	0	0	200.0
00:53	1100	100	0	300	0	0	0	0	0	166.7
00:54	1100	0	0	300	0	0	0	0	0	155.6
00:55	1100	0	0	300	0	0	0	0	0	155.6
00:56	1100	0	0	300	0	0	0	0	0	155.6
00:57	1100	0	0	300	0	0	0	0	0	155.6
00:58	1100	0	0	300	0	0	0	0	0	155.6
00:59	1100	0	0	300	0	0	0	0	0	155.6
01:00	1100	0	0	300	0	0	0	0	0	155.6

Anexo N°4: Ficha técnica N°2: Ensayo de capacidad fotocatalítica con el Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20

Ficha técnica N°2: Ensayo Capacidad fotocatalítica												
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019											
Autor (a):	Katherine Lisette Chirinos Peralta						Norma:	UNI 11259				
Muestra:	M3						Fecha:	08/07/2019				
N° de especímenes:	10						Equipo de medición:	Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20				

Tiempo (H)	0						2					
Color	Rodamina			Azul de metileno			Rodamina			Azul de metileno		
Muestra	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.05	17.03	-18.56	51.53	-13.90	-12.37	51.04	17.01	-18.51	52.49	-15.48	-12.28
2	50.80	17.18	-17.91	52.24	-11.99	-14.53	50.91	16.96	-18.08	53.04	-15.99	-14.17
3	50.66	18.02	-17.77	50.66	-13.07	-12.46	50.63	17.90	-16.64	50.82	-13.13	-11.72
4	50.75	15.84	-15.94	52.66	-12.38	-14.98	50.82	15.73	-15.78	51.26	-14.34	-14.92
5	50.54	12.64	-12.88	51.16	-13.11	-14.62	50.68	12.60	-13.65	50.90	-12.62	-14.61
6	50.72	17.81	-18.51	50.74	-10.61	-13.72	50.78	17.35	-18.68	52.39	-14.42	-13.39
7	50.64	20.54	-18.71	50.25	-14.62	-10.23	50.79	20.35	-19.69	50.71	-13.55	-10.19
8	50.68	20.21	-20.12	50.23	-14.58	-12.14	50.82	20.04	-19.77	51.49	-13.12	-12.09
9	50.59	11.11	-12.64	50.68	-11.35	-11.88	50.65	10.78	-12.38	51.53	-12.71	-11.55
10	50.53	13.54	-14.27	50.39	-14.05	-13.07	50.62	13.48	-15.29	50.68	-15.44	-12.91
Promedio	50.70	16.39	-16.73	51.05	-12.97	-13.00	50.77	16.22	-16.85	51.53	-14.08	-12.78

Tiempo (H)	4						16					
Color	Rodamina			Azul de metileno			Rodamina			Azul de metileno		
Muestra	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.62	16.91	-19.08	52.28	-17.68	-12.26	51.17	16.52	-18.99	53.20	-17.96	-12.24
2	51.08	16.53	-17.45	52.84	-13.87	-13.70	51.64	15.80	-18.60	55.21	-23.95	-13.35
3	50.79	17.86	-18.08	51.65	-13.28	-11.71	50.87	17.77	-17.56	51.25	-13.65	-11.53
4	50.99	15.52	-17.80	51.05	-11.58	-14.76	51.62	14.81	-18.42	50.97	-14.61	-14.67
5	50.88	12.57	-14.19	51.01	-11.81	-14.58	50.92	12.40	-14.48	52.23	-17.19	-14.39
6	50.92	16.49	-17.61	52.71	-15.09	-13.37	51.06	16.46	-18.75	50.90	-15.48	-14.59
7	51.23	20.10	-21.00	51.47	-14.91	-9.95	51.03	19.30	-20.48	52.38	-20.13	-9.75
8	50.79	19.67	-17.55	51.26	-12.65	-11.58	51.02	19.46	-20.56	51.57	-14.99	-11.31
9	51.10	10.68	-14.11	50.91	-10.97	-11.49	50.91	10.57	-13.86	52.37	-15.11	-11.48
10	50.66	12.55	-12.77	51.32	-13.35	-12.59	50.61	12.34	-13.07	51.29	-15.66	-12.32
Promedio	51.01	15.89	-16.96	51.65	-13.52	-12.60	51.09	15.54	-17.48	52.14	-16.87	-12.56

Tiempo (H)	22						26					
Color	Rodamina			Azul de metileno			Rodamina			Azul de metileno		
Muestra	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.16	15.83	-18.63	52.87	-19.01	-12.22	51.53	15.32	-18.62	53.81	-21.43	-12.21
2	51.81	15.44	-18.67	53.43	18.58	-12.92	51.60	15.41	-18.41	55.65	-25.15	-12.91
3	50.90	17.27	-18.46	51.27	-13.68	-11.50	51.03	17.13	-17.63	51.21	-13.25	-11.47
4	51.52	14.18	-14.85	52.02	-17.26	-14.65	50.93	14.14	-16.87	52.73	-18.72	-14.64
5	50.89	12.34	-14.26	52.20	-17.18	-14.35	50.95	12.26	-14.52	53.26	-19.34	-14.32
6	51.08	16.24	-18.38	50.84	-16.21	-14.89	51.09	16.21	-18.58	52.41	-19.18	-13.71
7	51.05	19.26	-19.68	51.16	-16.17	-9.71	51.39	19.04	-20.37	51.84	-17.05	-9.68
8	51.05	19.30	-20.56	51.42	-13.86	-11.10	51.05	19.27	-20.76	51.91	-15.91	-11.07
9	50.98	10.50	-13.60	52.97	-16.26	-11.38	50.89	10.31	-13.21	53.68	-18.55	-11.33
10	50.63	12.32	-12.92	50.91	-13.76	-12.30	50.79	12.26	-13.41	50.88	-14.04	-12.22
Promedio	51.11	15.27	-17.00	51.91	-12.48	-12.50	51.12	15.13	-17.24	52.74	-18.26	-12.36

Ficha técnica N°2: Ensayo Capacidad fotocatalítica			
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019		
Autor (a):	Katherine Lissette Chirinos Peralta	Norma:	UNI 11259
Muestra:	M3	Fecha:	08/07/2019
N° de especímenes:	10	Equipo de medición:	Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20

R4		
Muestra	a	b
1	0.69%	0.89%
2	3.80%	5.69%
3	0.92%	6.02%
4	1.98%	1.42%
5	0.55%	0.27%
6	7.41%	2.58%
7	2.14%	2.74%
8	2.69%	4.67%
9	3.84%	3.31%
10	7.36%	3.67%
Promedio	3.14%	3.13%

R26		
Muestra	a	b
1	10.06%	1.29%
2	10.30%	11.11%
3	4.98%	7.92%
4	10.73%	2.25%
5	2.95%	2.10%
6	8.97%	3.01%
7	7.30%	5.37%
8	4.65%	8.81%
9	7.17%	4.60%
10	9.50%	6.55%
Promedio	7.66%	5.30%

Ficha técnica N°2: Ensayo Capacidad fotocatalítica												
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019											
Autor (a):	Katherine Lissette Chirinos Peralta						Norma:	UNI 11259				
Muestra	M4						Fecha:	08/07/2019				
N° de especímenes	10						Equipo de medición:	Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20				

Tiempo (H)	0						2					
	Rodamina			Azul de metileno			Rodamina			Azul de metileno		
Muestra	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	53.72	12.70	-22.27	59.94	-34.26	-11.36	54.17	10.08	-20.55	59.47	-32.07	-10.54
2	55.61	13.04	-22.73	62.59	-42.80	-12.37	57.59	12.71	-22.34	62.01	-40.63	-11.92
3	53.55	11.00	-19.52	60.41	-35.72	-11.71	54.16	8.50	-18.82	61.11	-37.08	-10.34
4	53.00	14.93	-21.58	56.84	-24.80	-12.19	53.67	13.14	-20.94	59.55	-32.08	-10.12
5	54.82	11.33	-23.44	59.72	-32.67	-11.63	54.53	10.80	-22.66	58.92	-30.52	-11.06
6	53.72	10.66	-20.32	63.46	-43.38	-10.28	54.08	7.01	-18.68	61.99	-39.08	-9.69
7	51.90	17.87	-21.63	58.57	-30.21	-13.02	52.63	13.64	-19.66	61.04	-36.47	-10.60
8	55.36	7.58	-21.66	58.28	-28.22	-11.41	54.05	6.85	-17.98	58.16	-27.83	-10.99
9	53.63	11.63	-21.48	63.64	-44.01	-9.84	54.23	10.54	-19.92	63.97	-44.72	-9.30
10	54.83	9.84	-22.55	58.57	-30.45	-14.48	55.49	7.58	-20.44	58.13	-29.39	-13.80
Promedio	54.01	12.06	-21.72	60.20	-34.65	-11.83	54.46	10.09	-20.20	60.44	-34.99	-10.84

Tiempo (H)	4						16					
	Rodamina			Azul de metileno			Rodamina			Azul de metileno		
Muestra	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	55.61	5.77	-20.12	61.40	-37.33	-8.88	55.94	3.55	-18.65	62.30	-40.55	-7.22
2	56.62	9.63	-20.22	65.69	-49.93	-9.87	56.94	5.39	-17.97	64.30	-46.79	-9.50
3	54.56	6.76	-18.40	61.84	-38.87	-9.32	54.68	4.42	-16.54	63.01	-42.48	-8.98
4	54.19	10.49	-20.39	60.73	-35.54	-9.28	54.65	9.08	-19.54	60.53	-35.36	-8.91
5	55.99	6.47	-21.81	63.54	-43.02	-9.12	56.65	4.85	-19.96	63.23	-42.77	-8.30
6	54.62	5.84	-18.58	63.98	-31.88	-8.17	54.92	4.82	-18.02	64.83	-47.19	-8.13
7	53.59	11.31	-19.72	63.09	-42.20	-9.95	55.20	8.90	-18.61	61.08	-37.56	-8.83
8	56.05	5.46	-20.32	62.64	-40.08	-8.87	55.14	4.05	-16.93	61.20	-37.26	-8.65
9	54.83	8.52	-20.03	66.80	-51.76	-7.84	55.62	6.32	-17.70	65.79	-49.88	-8.10
10	55.97	6.85	-21.11	62.64	-42.41	-11.39	55.95	4.08	-17.59	62.06	-41.23	-10.90
Promedio	55.20	7.71	-20.07	63.23	-41.30	-9.27	55.57	5.55	-18.15	62.83	-42.11	-8.75

Tiempo (H)	22						26					
	Rodamina			Azul de metileno			Rodamina			Azul de metileno		
Muestra	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	56.59	2.65	-18.06	62.37	-40.75	-6.30	56.22	2.24	-18.10	62.4	-40.7	-4.92
2	60.13	3.99	-18.38	66.09	-51.51	-7.75	56.02	2.54	-17.91	66.4	-49.5	-5.59
3	55.94	3.41	-16.21	63.38	-43.55	-7.34	56.25	2.33	-16.49	63.1	-40.7	-5.45
4	56.00	3.35	-17.40	61.64	-38.57	-7.04	56.07	3.14	-17.56	63.2	-42.8	-5.817
5	57.52	3.69	-18.82	63.18	-42.82	-7.64	56.90	2.54	-18.85	64.2	-46	-5.627
6	55.32	3.37	-17.80	64.89	-47.44	-6.84	56.19	2.65	-17.72	65.3	-47.7	-5.107
7	55.40	4.21	-18.26	62.03	-42.04	-7.43	55.44	3.28	-17.66	64	-45.2	-6.307
8	55.53	2.85	-16.74	61.84	-39.03	-6.79	56.49	2.13	-17.55	62.4	-41.5	-5.56
9	55.82	3.45	-17.47	65.03	-47.77	-6.66	55.77	2.17	-17.05	65.3	-52.2	-4.607
10	57.49	3.17	-18.28	62.96	-43.20	-9.29	56.93	2.99	-18.99	62.7	-44.1	-7.087
Promedio	56.57	3.41	-17.74	63.34	-43.67	-7.31	56.23	2.60	-17.79	63.91	-45.04	-5.61

Ficha técnica N°2: Ensayo Capacidad fotocatalítica			
Título:	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019		
Autor (a):	Katherine Lissette Chirinos Peralta	Norma	UNI 11259
Muestra	M4	Fecha	08/07/2019
N° de especímenes	10	Equipo de medición:	Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20



R4		
Muestra	a	b
1	54.54%	21.85%
2	26.17%	20.24%
3	38.53%	20.41%
4	29.70%	23.90%
5	42.92%	21.56%
6	45.22%	20.53%
7	36.70%	23.56%
8	27.94%	22.31%
9	26.72%	20.33%
10	30.36%	21.32%
Promedio	35.88%	21.60%

R26		
Muestra	a	b
1	82.36%	56.70%
2	80.53%	54.81%
3	78.81%	53.46%
4	78.96%	52.28%
5	77.58%	51.61%
6	75.14%	50.32%
7	81.65%	51.55%
8	71.89%	51.29%
9	81.34%	53.18%
10	69.60%	51.06%
Promedio	77.79%	52.63%

Anexo N°5: Ficha técnica N°3: Ensayo de compresión con Prensa de concreto F-25EX-F-CPILOT



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
FICHA TÉCNICA N°3					
ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO				
NORMA	NTP 334.051 – MYC E609 – ASTM C109				
TÍTULO	Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019				
ID. MORTERO (especimen):	M5	ANCHO CARA PROM. (cm):	5.02		
FECHA DE ELABORACIÓN:	13/06/19	LARGO CARA PROM. (cm):	5.05		
FECHA DE ENSAYO:	27/06/19	ÁREA CARA PROM. (cm ²):	25.4		
EDAD DEL MORTERO:	14 días	RESPONSABLE:	KATHERINE LISSETTE CHIRINOS PERALTA		
N° DE ESPECÍMENES:	9	REVISADO POR:			

N° de Dias	N° de muestra	AREA (cm2)	CARGA (Kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO RESISTENCIA (kg/cm2)
14	1	25.8	5148	200	181
	2	25.3	3998	158	
	3	25.5	4936	194	
	4	25.5	4873	191	
	5	25.0	4977	199	
	6	25.5	4940	194	
	7	25.0	3547	142	
	8	25.3	4670	185	
	9	25.5	4372	171	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Katherine Chirinos Peralta	NOMBRE: Lic. Erick Espinoza Cáceres	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
FICHA TÉCNICA N°3					
ENSAYO		MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO			
NORMA		NTP 334.051 - MTC E609 - ASTM C109			
TÍTULO		Mortero fotocatalítico con TiO ₂ para la reducción de la contaminación del aire por emisiones procedentes de vehículos, Lima, 2019			
ID. MORTERO (espécimen):	M6	ANCHO CARA PROM. (cm):	5.04		
FECHA DE ELABORACIÓN:	14/06/19	LARGO CARA PROM. (cm):	5.03		
FECHA DE ENSAYO:	28/06/19	ÁREA CARA PROM. (cm ²):	25.4		
EDAD DEL MORTERO:	14 días	RESPONSABLE:	KATHERINE LISSETTE CHIRINOS PERALTA		
N° DE ESPECÍMENES:	9	REVISADO POR:			

N° de Días	N° de muestra	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO RESITENCIA (kg/cm ²)
14	1	25.5	2877	113	134
	2	25.5	2671	105	
	3	25.5	3597	141	
	4	26.0	3656	141	
	5	25.0	3450	138	
	6	25.3	3294	130	
	7	25.0	3539	142	
	8	25.5	4055	159	
	9	25.0	3491	140	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Katherine Chirinos Peralta	NOMBRE: Lic. Edwin Espinoza Caceres	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Anexo N°6: Ficha técnica del Cemento

CEMENTO SOL



Ficha Técnica

CEMENTO SOL

Descripción:

- Es un Cemento Portland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol




Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	427	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	11.9	No específica
C ₃ S	%	54.2	No específica
C ₃ A	%	10.1	No específica
C ₄ AF	%	9.7	No específica

*Requisito opcional

Anexo N°7: Ficha técnica del dióxido de titanio (TiO₂)



TITANIUM DIOXIDE

T e c h n i c a l D a t a

CR-828

TRONOX® CR-828 rutile titanium dioxide pigment is a universal product with the highest optical properties and good durability for interior and exterior applications. CR-828 provides high gloss, excellent opacity and tint strength, and a clean undertone.

Applications

Interior and exterior industrial ■ Maintenance coatings ■ Interior and exterior architectural coatings ■ Solvent and water based coatings

Typical Properties¹

TiO ₂ content %	95
Density	
Specific gravity	4.1
Bulk	0.8 kg/l or 50 lbs/cu.ft
Oil absorption	18
pH	7.5
Specific Resistance, kohms-cm.	.8
Average particle size ² (µm)	0.19
Specification	
ASTM D-476-00 (2005)	Type II, III, VI, VII
ISO 591-1:2000	R2
FDA	Indirect food additive ³

¹Typical properties not to be construed as specifications
²By electron microscope
³Limitations apply. Contact Tronox representative for more information.

The information herein is believed to be reliable. However, no warranty, expressed or implied, is made as to the accuracy or completeness and none is made as to the merchantability of the material or its fitness for any purpose. The manufacturer shall not be liable for consequential damages or for damages to persons or property resulting therefrom. Nothing herein shall be construed as a recommendation for use in violation of any patent.

Plant Locations:
 Botlek, The Netherlands
 Mississippi, U.S
 Kwinana, Australia

Sales Offices:
 Oklahoma City 1-800-654-3911
 Singapore +65-6255-0098
 Shanghai, China +86-21-63912658
 Perth, Australia +61-8-9361-4700
 Botlek, The Netherlands +31-181-246600

05/13

Anexo N°8: Ficha técnica del colorante Rodamina



FICHA TÉCNICA
COLOR RHODAMINA

NOMBRE DEL PRODUCTO Y DESCRIPCIÓN

RHODAMINA / Violeta Básico 10 C₂₂H₂₁ClN₂O₃ g / CAS (81-88-9), C.I. 45170
Este colorante es un polvo de color verde o violeta rojizo; muy soluble en agua y alcohol, forma soluciones fluorescentes de color rojo azulado; ligeramente soluble en ácidos o álcalis.

COMPOSICIÓN

Rhodamina .

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS

Aspecto:	Polvo fino
Color:	Verde o violeta rojizo
Olor:	Inodoro
Pureza:	97 % Mín.
Arsénico (As)	3 ppm Máx.
Plomo (Pb)	10 ppm Máx.
Extractos estéreos	No más de 0.2%

MICROBIOLÓGICO: NO APLICA

TRATAMIENTO DE CONSERVACION

Aditivado con ácido clorhídrico.

PRESENTACIÓN - ENVASES - EMBALAJES

Tambores por 20 kg., con polietileno interior.

INSTRUCCIONES DE USO

Colorante rojo para papel; también se usa para lana y seda en donde se deseen efectos fluorescentes brillantes.



CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

El Colorante Rhodamina se debe almacenar en envases herméticamente sellados en ambientes secos y frescos.

VIDA UTIL

2 - 3 años.

CONTENIDO DEL ROTULADO

Nombre del producto, Fecha de fabricación, Fecha de vencimiento número de lote.

FICHA TÉCNICA RHOAMINA

0 agosto 2 de 2

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA 1150 – URB. ASCARRUZ – S.J.
TELÉFONO: 719 – 6949 – NEXTEL: 418*1371
Email: ventas@insuquimica.com / Web site: www.insuquimica.com

Anexo N°9: Ficha técnica del colorante Azul de metileno

	FICHA TÉCNICA	Código: GT-F-40
	Versión: 03	Fecha: 06/08/2018
		Página: 1 de 1

Número de revisión: 001	Declaración de fecha de revisión: 08/08/2018
Título: AZUL DE METILENO	

Nombre químico: Cloruro de metiltionina.

Clase Química: Tiazina.

Fórmula Química o Componentes: C₁₅H₁₃N₃ClS · 3H₂O

CAS: 61-73-4

UN: N.A.

Calidad: Técnica.

Descripción: Cuando se encuentra en polvo se presenta fino, inodoro y de color verde oscuro, con brillo. En solución diluida es color azul. Solubilidad en agua 6g/L. Los colorantes básicos son poco solubles en

agua, se recomienda empastarlos primero en agua caliente y ácido acético.

Vencimiento: 10 años.

1. MANEJO Y APLICACION

Medicina; teñido de algodón y lana; coloraciones biológicas y bacteriológicas; reactivo en titulaciones de oxidación - reducción en análisis volumétricos; indicador.

2. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Sustancias incompatibles: Agentes oxido reductores fuertes.

Información adicional: Evitar la luz solar directa. Evitar la formación de nubes de polvo.

Parámetro	Unidad	Especificación
Strength (Intensidad de color vs estándar)	%	97,0 – 103,0
DE (Diferencia de tono vs estándar)	---	1,0 Máx.
DH (Matiz vs estándar)	---	-1,0 – 1,0
DC (Saturación vs estándar)	---	-1,0 – 1,0
pH solución 1%	---	4,0 – 5,0

3. PRECAUCIONES

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en sitios frescos y oscuros, a temperaturas entre 5 – 40°C. Mantener en recipientes que impidan la entrada de humedad del ambiente.


Precauciones: Moderadamente tóxico por ingestión.

Nota: El uso final del producto es responsabilidad directa del cliente, la información consignada en este documento es sólo de carácter ilustrativo y fue tomada de distintas fuentes bibliográficas por nuestro departamento técnico. Estos datos no representan responsabilidad legal alguna y no eximen al comprador de hacer sus propios análisis e investigaciones.

Productos Químicos al por Mayor y al Detalle – Artículos para Laboratorio y Reactivos
Implementos de Protección Personal – Fragancias y Sabores – Productos para el Aseo y Limpieza
Dirección: Cra. 52 No 6 Sur Medellín – Colombia PBX: (+57) (4) 444-8787

E-mail: servicioalcliente@protokimica.com Web: www.protokimica.com

Anexo N°10: Certificado de calibración del equipo detector de gases múltiples MULTIRAE LITE PGM6208



Pag: 1 de 1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CORRELATIVO: 00047-19-MAB3Z002P2

Fecha de Calibración: 11-Junio-19
 Cliente: Grupo Ecológico & Instrumental S.A.C. – GRECOL PERU S.A.C.

INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO

Descripción instrumento: Detector de gas múltiple
 Marca /Fabricante: RAE Systems Inc.
 Modelo: MultiRAE Lite-PGM6208
 Nº de Serie: MAB3Z002P2
 Identificación Interna: No Indica

DATOS DE SENSORES INSTALADOS

Sensor	Nº de Serie	Nº de Parte	Rango	Resolución
Óxido Nítrico (NO)	SC03740103P3	CO3-0974-000	0 a 250 ppm	0.5 ppm
Dióxido De Azufre (SO2)	SC03AF0026T3	CO3-0907-000	0 a 20 ppm	0.1 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	SC03750011P7	CO3-0975-000	0 a 20 ppm	0.1 ppm
Dióxido de Carbono (CO2)	SC03610057PE	CO3-0961-000	0 a 50,000 ppm	250 ppm

METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

La calibración fue realizada mediante ajuste con composición de gases patrones, en concentraciones establecidas.

PATRONES DE CALIBRACIÓN

Fabricante	Modelo	Nº de Serie	Descripción
Rae Systems Inc.	C-10	201212061	Regulador C-10 @ 1 L/min
Rae Systems Inc.	CGA-600	197032593	Regulador CGA-600 @ 0.5L/min
Rae Systems Inc.	600-0062-000	Lot: 1767175, Cyl: 12	Cilindro de Calibración Zero, Nitrógeno al 99.9%
Rae Systems Inc.	600-0054-000	Lot: 1707526, Cyl: 17	Cilindro de Calibración NO @ 25 ppm
Rae Systems Inc.	600-0053-000	Lot: 1178533, Cyl: 42	Cilindro de Calibración SO2 @ 5 ppm
Rae Systems Inc.	600-0055-00	Lot: 1780088, Cyl: 27	Cilindro de Calibración NO2 @ 5 ppm
Rae Systems Inc.	600-0139-000	Lote 1792104 Cyl: 8	Cilindro de Calibración CO2 @ 0.5% CO2


CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 19 °C Humedad: 83 % RH Presión: 1001hPa

RESULTADOS DE MEDICIÓN


Sensor	Valor esperado	Lectura del Instrumento	Error
Óxido Nítrico (NO)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 ppm
Dióxido De Azufre (SO2)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 ppm
Dióxido de Carbono (CO2)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0 ppm	0 ppm
Óxido Nítrico (NO)	25.0 ppm (±5%) Óxido Nítrico	25.0 ppm	0.0 ppm
Dióxido De Azufre (SO2)	5.0 ppm (±2%) Dióxido de Azufre	5.0 ppm	0.0 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	5.0 ppm (±2%) Dióxido de Azufre	5.0 ppm	0.0 ppm
Dióxido de Carbono (CO2)	5,000 ppm (±2%) Dióxido de Carbono	5,000 ppm	0 ppm

Realizado por:




Rosangelica Méndez
Servicio Técnico

Fecha de Emisión: 11-06-2019
Próxima Calibración: 11-12-2019



GRUPO ECOLÓGICO & INSTRUMENTAL S.A.C
www.grecolperu.com
 Dirección: Av. Victor Sarria 1282 Lima 01 - Perú
 Nextel: (94) 626*8988 / Central Telefónica: (+511) 637-4864
 E-mail: ventas@grecolperu.com

Anexo N°11: Certificado de calibración del equipo detector de gases múltiples QRAE II
PGM-2400P



Pag: 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CORRELATIVO: 00048-19-181-137702

Fecha de Calibración: 11 de Junio 2019
Cliente: GRUPO ECOLOGICO & INSTRUMENTAL S.A.C. – GRECOL PERÚ SAC.

INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO

Descripción instrumento	:	Detector de gas múltiple
Marca /Fabricante	:	RAE Systems Inc.
Modelo	:	QRAE II PGM-2400P
Nº de Serie	:	181-137702
Identificación Interna	:	No Indica
Condición	:	usado
Firmware Equipo	:	V3.60
Firmware Sensor	:	V3.60

DATOS DE SENSORES INSTALADOS

Sensor	Nº de Serie	Nº de Parte	Rango	Resolución
Oxígeno	S022011552P7	022-0300-000	0 a 30.0%	0.1%
Gases combustibles	S014031802PB	014-0212-000	0 a 100%LEL	1%LEL
Monóxido de carbono	S032042568P7	032-0200-000	0 a 1000ppm	1 ppm
Sulfuro de Hidrógeno	S032051558P7	032-0202-000	0 a 100 ppm	1 ppm

DATOS ADICIONALES

Accesorio	Nº de Parte / Nº de Serie
Batería de Ion Litio	020-3402-000 / 156P7W1251
Bomba de Succión	020-3603-000 / 205PCW0741

METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

La calibración fue realizada mediante ajuste con composición de gases patrones, en concentraciones establecidas.

ZEREO


Fabricante	Modelo	Nº de Serie	Descripción
Rae Systems, Inc.	610-1112-000	Lote: 993034 WO N°: 3456462900	Cilindro de Calibración N2 @ 99.99%

MATERIALES Y PATRONES DE CALIBRACIÓN

Fabricante	Modelo	Nº de Serie	Descripción
Rae Systems, Inc.	2001	Patente 5665894	Regulador Tipo C-10 @ 1 L/min
Rae Systems Inc.	610-0004-000	Lote N° 219852 Cyl N°: 8C209303 WO N° 30725000	Cilindro de Calibración O2@18% / CH4@50%LEL / CO@50ppm / H2S@10ppm.

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Sensor	Valor esperado	Lectura del instrumento	Error
Oxígeno (O2)	99.9% (puro N2) Nitrogeno	0.0 ppm	0.0 %
Combustible (LEL)	99.9% (puro N2) Nitrogeno	0.0 ppm	0.0 %
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	99.9% (puro N2) Nitrogeno	0.0 ppm	0.0 %
Monóxido de Carbono (CO)	99.9% (puro N2) Nitrogeno	0.0 ppm	0.0 %
Oxígeno (O2)	18 % (±2%) Oxígeno	18.0 %	0.0 %
Combustible (LEL)	50 % (±2%) LEL	50 %	0.0 %
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	10 ppm (±2%) Sulfuro de Hidrogeno	10.0 ppm	0.0 %
Monóxido de Carbono (CO)	50 ppm (±5%) Monóxido Carbono	50.0 ppm	0.0 %



GRUPO ECOLOGICO & INSTRUMENTAL S.A.C

www.grecolperu.com

Dirección: Av. Victor Santa 1282 Lima 01 - Perú

Nxstel: (94) 626*8986 / Central Telefónica: (+511) 637-4864

E-mail: ventas@grecolperu.com



Pag: 2 de 2

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 18°C Humedad: 83% Presión: 1014.9hPa

DECLARACIÓN DE PRUEBAS & CONFORMIDAD

1. De esta manera la empresa Grupo Ecológico & Instrumental S.A.C. declara que este instrumento ha sido verificado en su calibración y probado en el cumplimiento de los procedimientos del fabricante y cumple con todas las especificaciones dadas en el Manual (s) o los superan, respectivamente para la configuración habilitada para los sensores de O₂/LEL/H₂S/CO.

Realizado por:


Rosalinda Méndez
Servicio Técnico

Fecha de Emisión : 2019-06-11
Fecha Próxima Calibración: 2019-12-11



GRUPO ECOLOGICO & INSTRUMENTAL S.A.C

www.grecolperu.com

Dirección: Av. Victor Sarria 1282 Lima 01 - Perú

NexTel: (94) 626*8988 / Central Telefónica: (+511) 637-4864

E-mail: ventas@grecolperu.com

Este documento es parte del patrimonio de propiedad intelectual de Grecol Perú S.A.C.

Anexo N°12: Certificado de calibración del equipo del Colorímetro espectrofotométrico digital PCE-XXM 20





PCE Ibérica S.L.
C/ Mayor, 53 bajo - 02500
Tobara (Albacete) - España
Tel. nacional: 902 044 604
Tel. internacional: +34 967 543 548
Fax: +34 967 543 548
info@pce-iberica.es
www.pce-iberica.es
www.pce-instruments.com/espanol

CERTIFICADO DE FÁBRICA

Se certifica que el equipo individualizado más adelante, cumple con las prescripciones que han sido establecidas en la normativa vigente.

Modelo	PCE-XXM 20	N° de serie	190518893	Año fabricación	2020
---------------	------------	--------------------	-----------	------------------------	------

Esta declaración es válida para todos los ejemplares del producto que tengan idénticas características y que hayan sido fabricados según las descripciones y bocetos de desarrollo, construcción y fabricación.

Asimismo se declara que el equipo viene calibrado de fábrica y ha sido comprobado en el momento de su fabricación asegurando que las mediciones y tolerancias cumplen con las siguientes especificaciones técnicas.

Especificaciones técnicas	
Espacio cromático	CIE LAB, CIE XYZ, RGB, CMYK, Pantone
Rango espectral de la longitud de onda	400 a 720 nm
Normativa	CIE76 - CIE94
Campo de medición	8 mm
Ángulo de medición	10 ° CIE Standard
Tiempo de respuesta	1,5 s.
Iluminación	LEDs de luz blanca
Ángulo de iluminación	45 °
Sensor	Fotodiodo RGB
Interfaz	Micro-USB / Bluetooth
Alimentación	Batería Li-Ion de 3,7 V / 1500 mAh Adaptador de red USB
Dimensiones	55 x 153 x 32 mm
Peso	Aprox. 120 g



PCE
GROUP IBÉRICA, S.L.
C.I.F. B-02363497
c/ Cruz, 19
Tlf. 967 543548 - Fax 967 543542
02500 TOBARRA (Albacete)-ESPAÑA
www.pce-iberica.es

Firma



29 de Septiembre 2020




PCE Ibérica S.L.
C/ Mayor, 53 bajo - 02500 - Tobara (Albacete) - España
Teléfono: +34 967 543 588 - Fax: +34 967 543 548 - Email: info@pce-iberica.es - www.pce-instruments.com





Anexo N°13: Certificado de calibración del equipo Prensa de concreto F-25EX-F-CPILOT

**TECHNOLOGY
MEDICAL IMPORT**

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 040-18

Mediante el presente documento se dara a conocer el estado y los detalles del mantenimiento/evaluación realizado por nuestro departamento de servicio técnico, dicho se realiza en la UPN-Sede Olivos.

SOLICITANTE	:	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SAC
EQUIPO	:	PRENSA DE CONCRETO
Marca	:	FORNEY
Modelo	:	F-25EX-F-CPILOT
SERIE	:	11085
BOMBA	:	ELECTRICA
CAPACIDAD	:	120 TN
INDICADOR	:	COPILOT
MODELO	:	TA-1252
SERIE	:	15111001
TRANSDUCTOR	:	GEFRAN
MODELO	:	TPS-7-V-P10M-T
SERIE	:	11120428

Motivos de visita.
- CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Servicio realizado
- inspección y mantenimiento interno y externo del equipo.
- limpieza y prueba de funcionalidad del equipo.

Conclusión
Se realizaron las pruebas de funcionamiento.

Equipo operativo
Conclusión
Equipo operativo, todos su componentes se encuentran funcionales y dentro de los rangos establecido por el fabricante.

Fecha de verificación/evaluación	07 de Agosto del 2018
Fecha de próximo mantenimiento preventivo	07 de Agosto del 2019

Lima, 07 de Agosto de 2018


Katherine Lisette Chirinos Peralta

- Psaje Ideal N° 171 Int. 102, Jesús María - Lima
- Telf.: 01 - 284 5355 RPM: #932 768 992
- E-mail: ventas@techmedicaleirl.com
- www.techmedicaleirl.com



TECHNOLOGY
MEDICAL IMPORT

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 040 - 18 DPC

INFORMACION DEL EQUIPO

1. GENERALIDADES.

A solicitud de UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SAC se procedió a calibrar el comportamiento de un Sistema Digital de Prensa de Concreto. La que se realizó en la ciudad de Lima el 07/08/2018. Con vigencia de 1 año

2. DEL SISTEMA A CALIBRAR

Prensa : FORNEY
Indicador : GEFRAN
Transductor : CO PILOT

3. DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

Dispositivo : Celda de Carga
Fabricante : AEP Transducers
Tipo : C2S- 200T
Serie N° : 703164
Carga Nominal : 200,000 Kg
Modalidad : Compresion
Indicador : MP10 N° 6181 -2006-06

Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica - (INF - LE 117 - 18 A).

4. PROCEDIMIENTO

En el procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025, Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

5. RESULTADOS

En la Tabla N° 1 se muestran los promedios de las series de verificación y los errores correspondientes.

En el Grafico N° se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.

- Psaje Ideal N° 171 Int. 102, Jesús María - Lima
- Telf.: 01 - 284 5355 RPM: #932 768 992
- E-mail: ventas@techmedicaleirl.com
- www.techmedicaleirl.com





CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 040 - 18 DPC

TABLA N° 1
CALIBRACION DE PRESA DIGITAL
Marca FORNEY, Indicador Digital CoPilot, Transductor GEFRAN

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE VERIFICACION (KG)				PROMEDIO "B" KG	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1)	SERIE (2)	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10,000	10,020	10,040	0.20	0.40	10,030.00	0.30	0.14
20,000	20,090	20,120	0.45	0.60	20,105.00	0.53	0.11
30,000	30,180	30,190	0.60	0.63	30,185.00	0.62	0.02
40,000	40,240	40,260	0.60	0.65	40,250.00	0.63	0.04
50,000	50,300	50,260	0.60	0.52	50,280.00	0.56	0.06
60,000	60,325	60,350	0.54	0.58	60,337.50	0.56	0.03
70,000	70,390	70,400	0.56	0.57	70,395.00	0.56	0.01
80,000	80,380	80,400	0.48	0.50	80,390.00	0.49	0.02

NOTAS SOBRE LA CALIBRACION

- La calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E4 - 01
- Ep y Rp son en error porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / Rp) * 100$ $Rp = Error (2) - Error (1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %

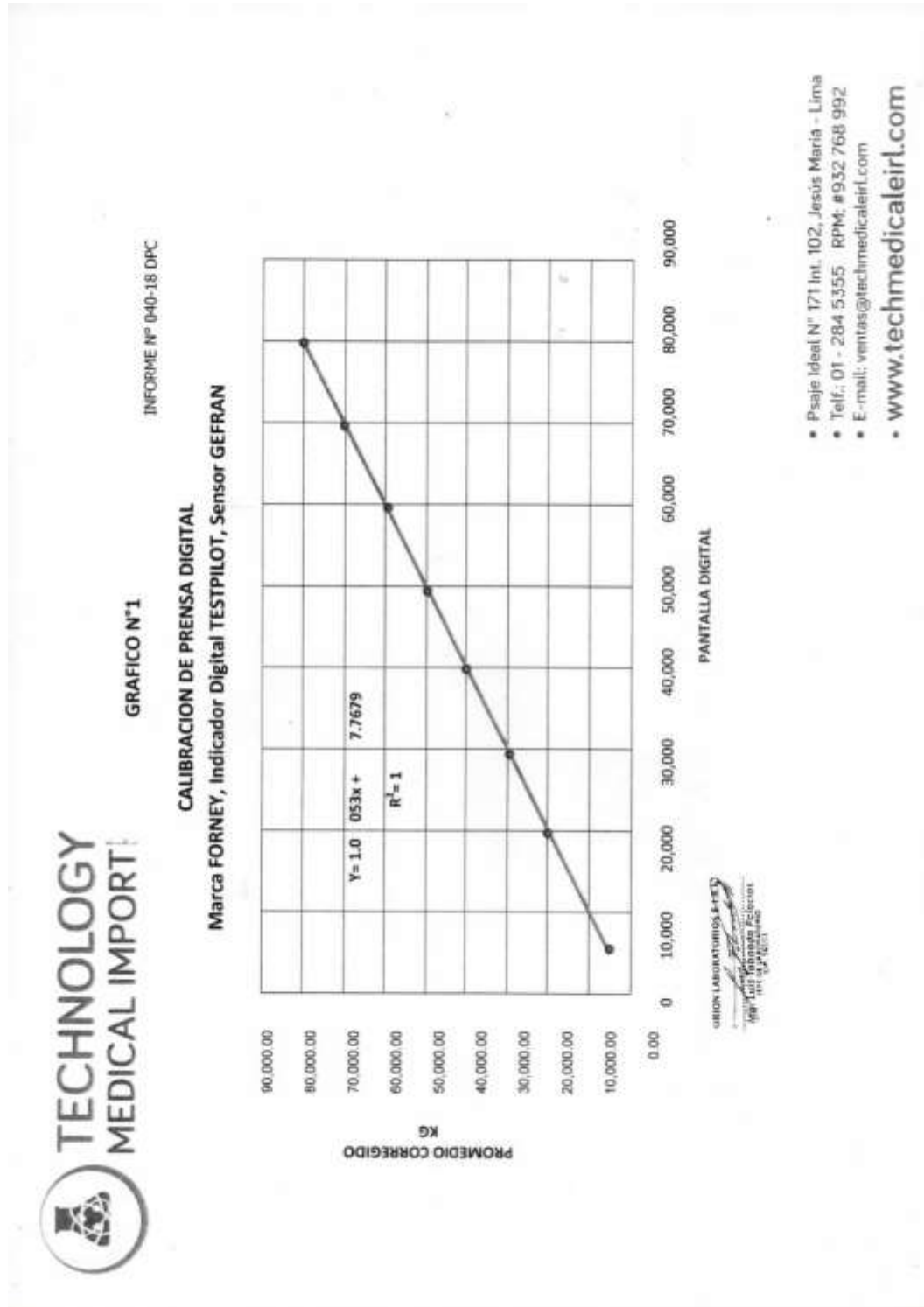
Coefficiente de Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste: $y = 1.0053x - 7.7679$
Donde:

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



- Pisaje Ideal N° 171 Int. 102, Jesús María - Lima
- Tell: 01 - 284 5355 RPM: #932 768 992
- E-mail: ventas@techmedicaleirl.com
- www.techmedicaleirl.com

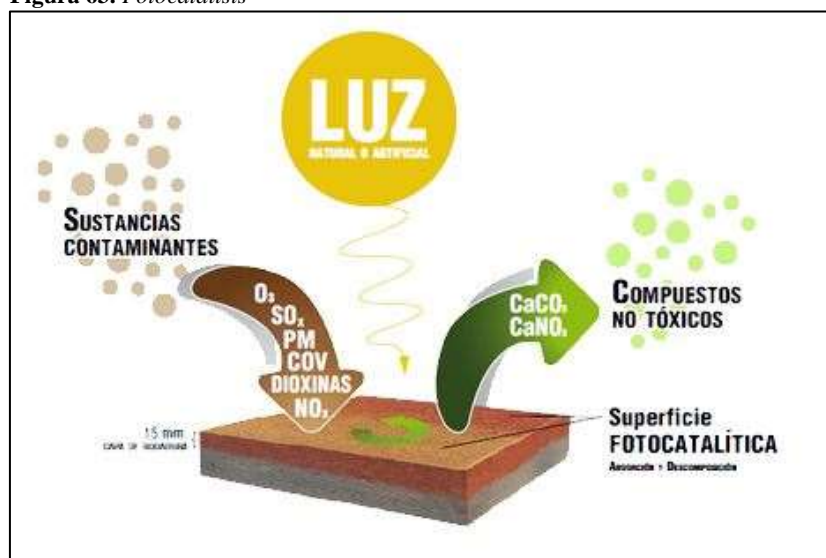


Anexo N°14: Bases teóricas

1. Fotocatálisis

La fotocatálisis es una reacción fotoquímica que, al igual que la fotosíntesis, convierte la energía solar en energía química en la superficie de un catalizador o sustrato para eliminar otros contaminantes habituales en la atmósfera, como son los NO_x, SO_x, COVs, mediante un proceso de oxidación activado por la energía solar. Durante el proceso tienen lugar reacciones tanto de oxidación como de reducción. De esta forma se promueve la eliminación de la mayor parte de los contaminantes en las ciudades. (Almazán, 2020)

Figura 63. Fotocatálisis



Fuente: BCN recubrimientos industriales

2. Fotocatalizador

Un fotocatalizador funciona solamente cuando este recibe luz en forma de radiación ya sea visible o no, esta puede ser solar o artificial (lámpara de luz UV-A) de una determinada longitud de onda que provoca su activación de manera que se exciten sus partículas produciendo el efecto catalizador. (Rodríguez, 2012)

Los fotocatalizadores que generalmente se emplean son los óxidos metálicos o sulfuros, tales como: ZnO, CdS, TiO₂, Fe₂O₃, y el ZnS. (Ramírez, 2006)

3. Dióxido de titanio

El TiO₂ es generalmente aceptado como uno de los catalizadores foto-inducidos más efectivos y se usa frecuentemente para oxidar compuestos orgánicos e inorgánicos en el aire y el agua debido a su fuerte capacidad oxidativa y la fotoestabilidad a largo plazo. El TiO₂ es también un material muy común, no costoso y no tóxico. Existe en tres estructuras cristalinas; Anatase, rutilo y brookita. (Binas, Venieri, Kotzias, & Kiriakidis, 2016)

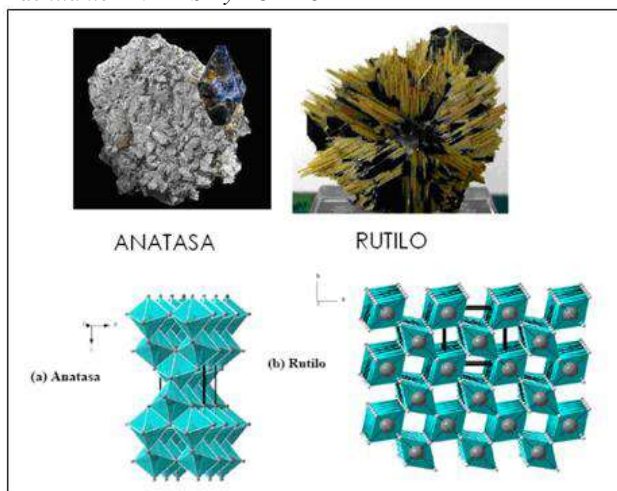
El dióxido de titanio es el fotocatalizador más utilizado en la actualidad por sus buenas características para prácticamente todas las aplicaciones de la fotocatalisis y por su bajo coste en comparación con otros fotocatalizadores ya que sus procesos de obtención son bastante conocidos, debido a que llevan utilizándose muchos años para otras aplicaciones. (Rodríguez, 2012)

Tabla 72. *Propiedades físicas del TiO₂*

PROPIEDAD	RUTILO	ANATASA	BROOKITA
Peso Molecular (g/mol)	79.89	79.89	79.89
Sistema Cristalino	Tetragonal	Tetragonal	Ortorrómico
Volumen	62.07	136.25	257.38
Volumen molar (m ³ /mol)	18693	20156	19377
Densidad (kg/m ³)	42743	3895	4123

Fuente: Rodríguez García, J. (2012)

Figura 64. *Minerales y estructuras cristalográficas del Óxido de titanio ANATASA y RUTILO*

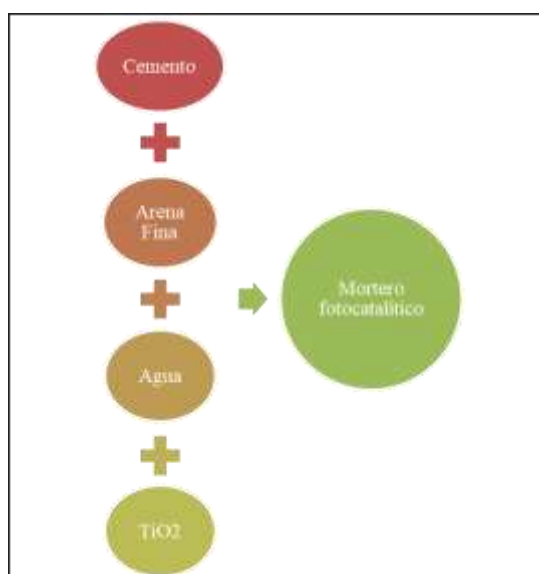


Fuente: Morteros fotocatalíticos: análisis de su autolimpieza en función del tipo de cemento y rugosidad superficial. (Rodríguez, 2000)

4. Mortero fotocatalítico

Es un mortero tradicional con incorporación de un fotocatalizador, dióxido de titanio, que permite reducir las concentraciones de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, COVs, entre otros gases contaminantes emitidos en las zonas urbanas, por efecto del tráfico rodado (Faraldos, 2012).

Figura 65: *Composición del mortero fotocatalítico*



a) Análisis de las propiedades físicas del agregado fino

- **Granulometría**

La norma MTC E 204 / NTP 400.012 indica el procedimiento para determinar el análisis granulométrico de los agregados.

- **Gravedad específica y absorción**

Cálculos:

- Peso específico de masa (Pe_m)

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

Ecuación 1. *Peso específico de masa*

Donde:

Pe_m = Peso específico de masa

W_0 = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g)

V = Volumen del frasco (cm³)

V_a = Peso (g) o volumen (cm³) de agua añadida al frasco

- Peso específico de masa saturado con superficie seca (Pe_{sss})

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

Ecuación 2. *Peso específico de masa saturada con superficie seca*

- Peso específico aparente (Pe_a)

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100$$

Ecuación 3. *Peso específico aparente*

- Absorción (A_b)

$$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100$$

Ecuación 4. *Absorción*

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

- **Peso unitario (seco y compactado)**

Cálculos:

- Peso unitario

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Ecuación 5. *Peso unitario*

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m³.

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T = Peso del recipiente de medida en kg.

V = Volumen del recipiente en m³.

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

- **Contenido de humedad**

Cálculos:

- Contenido de humedad

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100$$

Ecuación 6. *Contenido de humedad*

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original en g.

D = Masa de la muestra seca en g.

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

b) Análisis del mortero endurecido

- **Compresión de morteros de cemento hidráulico**

Se aplica para determinar la resistencia a la compresión de cemento Pórtland y otros morteros, y los resultados pueden ser usados para verificar el cumplimiento de requisitos.

Cálculos:

$$f_m = \frac{P}{A}$$

Ecuación 7. Resistencia a la compresión

Donde:

f_m = Es la resistencia a la compresión en MPa

P = Es la carga máxima total en N

A = Área de la superficie de carga en mm²

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

5. Propiedades del mortero fotocatalítico

a) Propiedad descontaminante

Esto es posible gracias al mecanismo de reacción fotoquímica que presentan aditivos como el TiO₂, que se activa por la exposición a la luz solar y origina descomposición química de los contaminantes emitidos por los motores de combustión (NO_x, CO, CO₂, H₂S, SO₂, entre otros) y por tanto su eliminación del

aire (...) Mediante este mecanismo, los gases se oxidan y se retienen como especies nitrato en el material de construcción o, más probablemente, se eliminan de la superficie del mortero como ácido nítrico débil. (Sánchez, Cruz, & Mármol, 2012)

b) Propiedad autolimpiante

Esto es posible gracias a la activación del TiO₂ 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. (Faraldos, 2012)

- Ensayo con Rodamina B

La rodamina B es el colorante orgánico más utilizado en ensayos de autolimpieza porque, en su composición, es similar a la de los agentes más contaminantes de las áreas urbanas. La rodamina B se deposita sobre la superficie de las muestras en una concentración de 0.02g/100ml. La prueba permite valorar si, a través de la decoloración de la rodamina, la muestra de cemento se puede considerar fotocatalítica. (Norma UNI 11259, 2016)

La fotodegradación del colorante se mide a través de un instrumento llamado colorímetro espectrofotómetro, el cual mide el color en el sistema de color CIE L* a* b*. La descomposición de color de este sistema se da en tres factores, la luminosidad con valores entre blanco y negro es representado por el eje L*, los valores entre rojo y verde por el eje a* y los valores entre azul y amarillo por el eje b*. La muestra es una pasta estándar (que contiene cemento, agregado fino y agua) y es una probeta prismática.

Para determinar la existencia de actividad fotocatalítica en primer lugar, justo antes de la exposición a la luz UV- A de la lámpara, a* se mide en el

instante t₀, es decir, a*(0h). Luego, una vez que la lámpara UV-A se enciende, se realizan dos medidas más, una después de 4 horas, que es un a*(4h), y después de 26 horas, a*(26h). Se calculan los factores R₄ y R₂₆ con las siguientes ecuaciones:

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

Ecuación 8. Factor R₄ para el colorante Rodamina

$$R_{26} = \frac{a^*(0h) - a^*(26h)}{a^*(0h)} \times 100$$

Ecuación 9. Factor R₂₆ para el colorante Rodamina

Para que el mortero sea considerado como fotocatalítico y autolimpiable el valor del factor R₄ debe ser mayor que 20% y el factor R₂₆ mayor que 50%.

(Norma UNI 11259)

- **Ensayo con Azul de metileno**

El azul de metileno es un colorante orgánico que, al igual que la rodamina, se degrada al ser expuesto a la luz ultravioleta.

En este caso el color que le confiere a las muestras es un color azul, por lo que el principal eje donde existe variación de color es el eje b* en lugar del eje a* (Rodríguez, 2012), de igual manera que en el ensayo con rodamina se calculan los factores R₄ y R₂₆ con las siguientes ecuaciones:

$$R_4 = \frac{b^*(0h) - b^*(4h)}{b^*(0h)} \times 100$$

Ecuación 10. Factor R₄ para el colorante Azul de metileno

$$R_{26} = \frac{b^*(0h) - b^*(26h)}{b^*(0h)} \times 100$$

Ecuación 11. Factor R26 para el colorante Azul de metileno

Para que el mortero sea considerado como fotocatalítico y autolimpiable el valor del factor R4 debe ser mayor que 20% y el factor R26 mayor que 50%.

6. Contaminación del aire

Los agentes contaminantes del aire se encuentran en forma de gases y partículas de materia y son introducidas a la atmósfera desde fuentes naturales y fuentes antropogénicas. Existen los denominados primarios, que son emitidos directamente al aire por las fuentes de emisión como: compuestos de azufre (SO₂, H₂S), compuestos de nitrógeno (NO, NH₃), compuestos de carbono (hidrocarburos HC, CO) y compuestos de halógeno (halocarbonos, fluorocarbonos, etc). Estos contaminantes se dispersan y son transportados a diferentes lugares de la zona urbana, sufriendo transformaciones físicas y químicas que dan origen a los contaminantes secundarios como son el ozono troposférico y las partículas de materia como los sulfatos. (Juárez & Martínez, 1999)

La contaminación atmosférica afecta la salud del ser humano. El impacto depende de las condiciones climáticas, geográficas y de la sensibilidad de cada organismo. En especial, en las grandes ciudades industriales, los contaminantes atmosféricos emitidos en grandes cantidades dañan la salud de sus habitantes. (Juárez & Martínez, 1999)

7. Principales contaminantes atmosféricos

a) Emisiones contaminantes de vehículos

Los vehículos emiten tres contaminantes principales: hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono (Pérez, 2018).

Figura 66. Gases contaminantes que emiten los vehículos y sus consecuencias



Fuente: (Tuteorica, 2019), recuperado de:
<https://www.tuteorica.com/galeria/infografias-esquemas/Productos-contaminantes-que-emiten-los-vehiculos>

Los hidrocarburos reaccionan con los óxidos de nitrógeno por acción de la luz solar y a temperaturas elevadas, formando ozono a nivel del suelo, el cual puede causar irritación de los ojos, tos, jadeo, insuficiencia respiratoria y trastornos pulmonares permanentes. (Pérez, 2018)

Las principales fuentes de generación de contaminantes en el aire y las alteraciones en la salud que provocan son las siguientes:

- **Monóxido de carbono (CO)**

Se emite en la combustión incompleta de materia orgánica (emisiones de vehículos, chimeneas y humo de cigarro, entre otros). Los efectos de este contaminante en la salud se explican principalmente porque interfiere con el proceso de transporte de oxígeno a los tejidos, al presentar 240 a 270 veces mayor afinidad que el oxígeno para unirse a la hemoglobina.

Elevadas concentraciones de CO pueden causar efectos en la percepción visual, en la audición y en el estado de vigilia. También se pueden presentar debilidad, mareos, dolor de cabeza, efectos neurológicos, inconsciencia y muerte. (Venegas, 2011)

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

Se produce por combustión de combustibles fósiles, plantas generadoras de electricidad y procesos industriales. Es irritante de las vías respiratorias, es más tóxico en presencia del material particulado. La respuesta fisiológica umbral para personas sensibles es del orden de 1-5 partes por millón. (Venegas, 2011)

- **Sulfuro de hidrógeno (H₂S)**

Es un gas incoloro, inflamable y extremadamente peligroso. Ocurre de forma natural en petróleo crudo y gas natural, y puede ser producido por la descomposición de materia orgánica. Produce irritación en los ojos, nariz, garganta o sistema respiratorio; en altas concentraciones provoca convulsiones, incapacidad de respirar o incluso la muerte. (OSHA Datos rápidos, 2019)

- **Dióxido de Carbono (CO₂)**

Es un gas no venenoso, incoloro y no combustible, que se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (gasolina). El principal efecto

que produce en la salud cuando sus concentraciones son muy elevadas, cercanas a 30 000 ppm, es la asfixia por deslizamiento de oxígeno, somnolencia, mareos y problemas respiratorios. (Instituto para la salud geoambiental, 2019)

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) contribuyen a la formación de ozono y de lluvia ácida, además de afectar la calidad del agua. El monóxido de carbono es un gas incoloro letal que reduce el flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo y puede afectar las funciones cerebrales y la visión. (Pérez, 2018)