



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Eficiencia en la reducción de gases contaminantes utilizando pintura  
Ecogradi, en el Centro de Salud Laura Rodriguez Dulanto - 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Paico Moreno, Luis Felipe

**ASESOR:**

Dr. Valverde Flores Jhonny

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de Calidad de Aire

**LIMA - PERÚ**

2019

## **Página del Jurado**

## **Dedicatoria**

Dedicado a Dios porque está siempre conmigo; a mis padres Fidel Fernando Paico García y Llisela Magaly Moreno Chimoy, a mi hermana Ana Raquel Paico Moreno, a mi familia, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la presente investigación, también porque ellos me inculcaron valores que me formaron de manera personal y profesional; a mi novia Yaquelin Patricia Ventura Bazan por creer siempre en mí y motivarme a ser mejor persona cada día.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios y a mi familia por el apoyo en el desarrollo de mi tesis. Asimismo, agradezco a los profesionales de la casa de estudios por darme el apoyo y conocimientos en el desarrollo de mi investigación, en especial al Dr. Jhonny Valverde Flores.

Un agradecimiento especial a mis amigos de la carrera quienes me apoyaron en todo momento.

## Declaratoria de Autenticidad

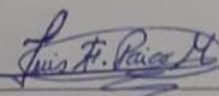
### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Felipe Paico Moreno con N° de DNI 70502595, estudiante de la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la universidad César Vallejo, sede Lima Norte; declaro que el trabajo académico titulado: **"EFICIENCIA EN LA REDUCCIÓN DE GASES CONTAMINANTES UTILIZANDO PINTURA ECOGRATI, EN EL CENTRO DE SALUD LAURA RODRIGUEZ DULANTO - 2018"**, presentada para la obtención del grado académico de Ingeniera Ambiental, es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis previamente de otras fuentes, de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajos académicos.
- No eh utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella expresamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa, ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determina el procedimiento disciplinario.

Lima, 29 de noviembre de 2018



Paico Moreno, Luis Felipe.

DNI: 70502595

## Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo presento ante ustedes la presente tesis titulada: Eficiencia en la reducción de gases contaminantes utilizando pintura ecogradi, en el centro de salud Laura Rodríguez Dulanto - 2018”

Esta tesis presento los siguientes capítulos: En el capítulo I se visualizó la realidad problemática de la investigación, aquí se muestra los trabajos previos, las teorías relacionadas al tema, la formulación del problema, su justificación del estudio, las hipótesis y objetivos; en el capítulo II se presenta el diseño de investigación, las variables, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, los métodos de análisis de datos y aspectos éticos. El capítulo III muestra los resultados obtenidos en la investigación, en el capítulo IV se realizaron la discusión de resultados que se obtuvieron y se compararán con otras investigaciones similares. En el capítulo V se presentó las conclusiones a las que se ha llegado, en el capítulo VI se detalló las recomendaciones.

## Índice

<b>PáginadelJurado.....</b>	<b>ii</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>iv</b>
<b>Declaratoria de Autenticidad .....</b>	<b>v</b>
<b>Presentación .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice .....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>x</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Realidad problemática .....	2
1.2 Trabajos Previos .....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	16
1.4 Formulación del Problema.....	22
1.5 Justificación del estudio.....	23
1.6 Hipótesis .....	24
1.7 Objetivos.....	25
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>27</b>
2.1 Tipo y Diseño de Investigación .....	27
2.1.1 Tipo de investigación.....	27
2.1.2 Nivel de investigación .....	27
2.1.3 Diseño de investigación .....	27
2.2 Operacionalización variables.....	28

2.3	Población, muestra y muestreo .....	31
2.4	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	31
2.5	Métodos de análisis de datos.....	37
2.6	Aspectos éticos .....	37
III.	RESULTADOS .....	38
3.1.	<b>Resultados de datos en la etapa de monitoreo.....</b>	<b>38</b>
3.2.	<b>Determinación del porcentaje de eficiencia para cada tratamiento.....</b>	<b>74</b>
3.3.	<b>Análisis general de la eficacia de los tratamientos durante los días de estudio y monitoreo .....</b>	<b>95</b>
3.4.	<b>Recolección de datos durante el monitoreo con pintura común (sin tratamientos) .....</b>	<b>97</b>
IV.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	100
4.1.	<b>Prueba de normalidad de los datos de eficacia de los tratamientos realizados .....</b>	<b>100</b>
4.2.	<b>Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecograti (5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con dióxido de titanio al 10%. .....</b>	<b>100</b>
4.3.	<b>Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecograti (5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con grafeno al 10%. .....</b>	<b>104</b>
4.4.	<b>Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecograti (10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con dióxido de titanio al 20%. .....</b>	<b>107</b>
4.5.	<b>Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecograti (10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con grafeno al 20%. .....</b>	<b>111</b>
V.	DISCUSIÓN .....	115
VI.	CONCLUSIONES .....	117



VII.	RECOMENDACIONES.....	118
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	119
IX.	ANEXOS .....	122

## Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio. ....	35
Figura 2. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (10%) - día 1. ....	39
Figura 3. Tratamiento con grafeno (10 %) - día 1. ....	40
Figura 4. Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> +5% grafeno) - Día 1. ....	41
Figura 5. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%) - Día 1. ....	42
Figura 6. Tratamiento con Grafeno (20%) – Día 1. ....	43
Figura 7. Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> +10% grafeno) - Día 1. ....	45
Figura 8. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (10%) - Día 2. ....	46
Figura 9. Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 2. ....	47
Figura 10. Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 2. ....	48
Figura 11. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%) - Día 2. ....	50
Figura 12. Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 2. ....	51
Figura 13. Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% Grafeno) - Día 2. ....	52
Figura 14. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (10%) - Día 3. ....	53
Figura 15. Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 3. ....	55
Figura 16. Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 3. ....	56
Figura 17. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%) - Día 3. ....	57
Figura 18. Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 3. ....	58
Figura 19. Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% Grafeno) - Día 3. ....	60
Figura 20. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (10%) - Día 4. ....	61
Figura 21. Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 4. ....	62
Figura 22. Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 4. ....	63
Figura 23. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%) - Día 4. ....	64
Figura 24. Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 4. ....	65

Figura 25. Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% Grafeno) - Día 4. ....	67
Figura 26. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (10%) - Día 5.....	68
Figura 27. Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 5. ....	69
Figura 28. Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 5. ....	70
Figura 29. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%) - Día 5.....	71
Figura 30. Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 5. ....	73
Figura 31. Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% Grafeno) - Día 5. ....	74
Figura 32. Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 1. ....	90
Figura 33. Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 2. ....	91
Figura 34. Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 3. ....	92
Figura 35. Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 4. ....	93
Figura 36. Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 5. ....	94

## Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de las variables. ....	29
Tabla 2. Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (10%). ....	38
Tabla 3. Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10%.....	39
<b>Tabla 4.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> ). ....	40
<b>Tabla 5.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20. ....	42
<b>Tabla 6.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración. ....	43
<b>Tabla 7.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> ). ....	44
<b>Tabla 8.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración.....	45
<b>Tabla 9.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración. ....	46
<b>Tabla 10.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> ). ....	48
<b>Tabla 11.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración.....	49
<b>Tabla 12.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.....	50
<b>Tabla 13.</b> <i>Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”</i> .....	51
<b>Tabla 14.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración”.....	53
<b>Tabla 15.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.....	54
<b>Tabla 16.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )”.....	55
<b>Tabla 17.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”.....	56
<b>Tabla 18.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.....	58
<b>Tabla 19.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”....	59
<b>Tabla 20.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración”.....	60
<b>Tabla 21.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.....	61
<b>Tabla 22.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )”.....	62
<b>Tabla 23.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”.....	64
<b>Tabla 24.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.....	65

<b>Tabla 25.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”... 66	66
<b>Tabla 26.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración”. .....	67
<b>Tabla 27.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración” .....	68
<b>Tabla 28.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )”:.....	69
<b>Tabla 29.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”. .....	71
<b>Tabla 30.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración” .....	72
<b>Tabla 31.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”... 73	73
<b>Tabla 32.</b> Tratamiento con la pintura de TiO <sub>2</sub> (10%). .....	75
<b>Tabla 33.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración” .....	75
<b>Tabla 34.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )” .....	76
<b>Tabla 35.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”. .....	76
<b>Tabla 36.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración” .....	77
<b>Tabla 37.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”... 77	77
<b>Tabla 38.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración”. .....	78
<b>Tabla 39.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración” .....	78
<b>Tabla 40.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )” .....	79
<b>Tabla 41.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”. .....	79
<b>Tabla 42.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración” .....	80
<b>Tabla 43.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”... 80	80
<b>Tabla 44.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración”. .....	81
<b>Tabla 45.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración” .....	81
<b>Tabla 46.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )” .....	82
<b>Tabla 47.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”. .....	82
<b>Tabla 48.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración” .....	83
<b>Tabla 49.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”... 83	83
<b>Tabla 50.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración”. .....	84

<b>Tabla 51.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.....	84
<b>Tabla 52.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecogradi (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )”.....	85
<b>Tabla 53.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”.....	85
<b>Tabla 54.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.....	86
<b>Tabla 55.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecogradi (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”...	86
<b>Tabla 56.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 10% de concentración”.....	87
<b>Tabla 57.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.....	87
<b>Tabla 58.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecogradi (5% de grafeno + 5% de TiO <sub>2</sub> )”.....	88
<b>Tabla 59.</b> Tratamiento con la “pintura con TiO <sub>2</sub> al 20% de concentración”.....	88
<b>Tabla 60.</b> Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.....	89
<b>Tabla 61.</b> Tratamiento con la “pintura con Ecogradi (10% de grafeno + 10% de TiO <sub>2</sub> )”...	89
<b>Tabla 62.</b> Eficiencia (%) en el día 1. ....	90
<b>Tabla 63.</b> Eficiencia (%) en el día 2. ....	91
<b>Tabla 64.</b> Eficiencia (%) en el día 3. ....	92
<b>Tabla 65.</b> Eficiencia en el día 4. ....	93
<b>Tabla 66.</b> Eficiencia en el día 5. ....	94
<b>Tabla 67.</b> Tabla general de la eficacia de los tratamientos en los días de estudio.....	95
<b>Tabla 68.</b> Pintura común día 02/01/2019.....	97
<b>Tabla 69.</b> Pintura común día 03/01/2019.....	98
<b>Tabla 70.</b> Pintura común día 04/01/2019.....	99
<b>Tabla 71.</b> Pruebas de normalidad.....	100
<b>Tabla 72.</b> Prueba de muestras independientes de CO.....	101
<b>Tabla 73.</b> Pruebas de muestras independientes de NO.....	101
<b>Tabla 74.</b> Prueba de muestras independientes de NO <sub>2</sub> . ....	102
<b>Tabla 75.</b> Pruebas de muestras independientes NO <sub>x</sub> .....	102
<b>Tabla 76.</b> Prueba de muestras independientes SO <sub>2</sub> .....	103

<b>Tabla 77.</b> Prueba de muestras independientes O <sub>3</sub> .....	103
<b>Tabla 78.</b> Prueba de muestras independientes de CO.....	104
<b>Tabla 79.</b> Prueba de Muestras independientes de NO.....	105
<b>Tabla 80.</b> Prueba de muestras independientes de NO <sub>2</sub> .....	105
<b>Tabla 81.</b> Prueba de muestras independientes de NO <sub>x</sub> .....	106
<b>Tabla 82.</b> Prueba de muestras independientes de SO <sub>2</sub> .....	106
<b>Tabla 83.</b> Prueba de muestras independientes de O <sub>3</sub> .....	107
<b>Tabla 84.</b> Prueba de muestras independientes de CO.....	108
<b>Tabla 85.</b> Prueba de muestras independientes de NO.....	108
<b>Tabla 86.</b> Prueba de muestras independientes de NO <sub>2</sub> .....	109
<b>Tabla 87.</b> Prueba de muestras independientes de NO <sub>x</sub> .....	109
<b>Tabla 88.</b> Prueba de muestras independientes de SO <sub>2</sub> .....	110
<b>Tabla 89.</b> Prueba de muestras independientes de O <sub>3</sub> .....	110
<b>Tabla 90.</b> Prueba de muestras independientes de CO.....	111
<b>Tabla 91.</b> Prueba de muestras independientes de NO.....	112
<b>Tabla 92.</b> Prueba de muestras independientes de NO <sub>x</sub> .....	113
<b>Tabla 93.</b> Prueba de muestras independientes de SO <sub>2</sub> .....	113
<b>Tabla 94.</b> Prueba de muestras independientes de O <sub>3</sub> .....	114

## RESUMEN

La presente investigación desarrolla la eficiencia de la pintura Ecograti en la reducción de gases contaminantes, en el centro de salud Laura Rodríguez Dulanto. Cuyo objetivo principal es evaluar la eficiencia de cada tratamiento como la pintura Ecograti (concentrada al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5 % de grafeno y concentrada al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10 % de grafeno) con respecto a las pinturas de dióxido de titanio (concentradas al 10% y 20%) y a las pinturas de grafeno (concentradas al 10% y 20%); para reducir la concentración de los gases contaminantes en la atmósfera. Siendo un trabajo de diseño experimental de tipo aplicativo. Así mismo, como resultados con la pintura Ecograti concentradas al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5% de grafeno obtuvieron una eficacia similar a los tratamientos realizados con la pintura de Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) concentrada al 10%. De la misma manera ocurrió con los tratamientos realizados con la pintura Ecograti concentradas al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno obtuvieron una eficacia similar a los tratamientos realizados con la pintura de Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) concentrada al 20% y con la pintura realizada con grafeno concentrada al 20%.

***Palabras claves:*** Pintura Ecograti, eficiencia, gases contaminantes, tratamiento.



## ABSTRACT

This research develops the efficiency of Ecograti paint in reducing polluting gases, at the Laura Rodriguez Dulanto health center. Whose main objective is to evaluate the efficiency of each treatment such as Ecograti paint (concentrated at 5%  $\text{TiO}_2$ + 5% graphene and concentrated at 10%  $\text{TiO}_2$  + 10% graphene) with respect to titanium dioxide paints (concentrated 10% and 20%) and graphene paints (concentrated at 10% and 20%); to reduce the concentration of polluting gases in the atmosphere. Being an experimental design work of an application type. Likewise, as results with the Ecograti paint concentrated at 5%  $\text{TiO}_2$ + 5% graphene, they obtained similar efficacy to the treatments carried out with the paint of titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) concentrated at 10%. In the same way it happened with the treatments made with Ecograti paint concentrated at 10%  $\text{TiO}_2$  + 10% graphene, they obtained a similar efficacy to the treatments carried out with 20% concentrated Titanium Dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) paint and with the paint made with 20% concentrated graphene

**Keywords:** *Ecograti paint, efficiency, polluting gases, treatment.*

## **I. INTRODUCCIÓN**

En los últimos años la contaminación atmosférica ha incrementado de manera descontrolada ocasionando daños perjudiciales, que vienen afectando la calidad del aire. Esto radica al crecimiento del parque automotor y las industrias que utilizan combustibles fósiles como la gasolina, diésel, etc. en sus procesos. Al respecto, Tellez, Rodríguez y Fajardo (2006) sostienen que el monóxido de carbono (CO), es uno de los grandes contaminantes de la atmosfera terrestre teniendo como principales fuentes generadoras del 80% de las emisiones pertenecientes al parque automotor e industrias que se utilizan compuestos de carbono en sus procesos (p.2). Así mismo esto ha conllevado que la calidad del aire se vea afectada.

En el distrito de Comas es uno de los distritos con mayores concentraciones de gases contaminantes, debido a la congestión de avenidas, fábricas, negocios, que influyen de manera directa en la alteración de la calidad del aire de la zona, presentándose concentraciones altas de gases contaminantes, como presencia de CO, NO, NO<sub>2</sub>, NOX, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>.

Es por ello, que se realizó el estudio para poder mejorar la calidad del aire, con los tratamientos de fotocatalisis, desarrollados en esta investigación; ya que existen diferentes tipos de pinturas compuestas en su mayoría con compuestos orgánicos volátiles, derivados del petróleo que perjudican a la salud de las personas, pero esta pintura sin embargo es libre de derivados del petróleo y tienen la propiedad de descontaminar los gases presentes en un ambiente.

## 1.1 Realidad problemática

Uno de los más grandes problemas que agobia a la humanidad y que queda aún por resolver, a inicios del siglo XXI, es sin duda la contaminación del medio ambiente, provocada, en su mayoría por el ser humano. Dentro de estos problemas, se puede observar que el más crítico es la contaminación a la calidad del aire, por los gases de efecto invernadero. Dichos gases son originados por las actividades económicas antropogénicas.

El aumento de la industria petrolera, siendo demandada mayormente por las grandes industrias, la acelerada deforestación de los bosques y el crecimiento del parque automotor han incrementado rápidamente el problema.

En el Perú durante el año 2001, se publicó el Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Aire, donde se identificaron 13 ciudades a nivel nacional con problemas de contaminación del aire, que eran principalmente las ciudades grandes de la costa y algunas de la sierra y selva.

En promedio, en el 2016 la contaminación por dióxido de azufre llegó a 260 microgramos por cada metro cúbico de aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); es decir, 46% menos de lo que se registró en el 2001 (490  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Aun así, el valor obtenido es casi el doble de lo permitido en los estándares de calidad ambiental del aire (80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), vigentes en el Perú desde el 2011. En todos estos años de mediciones, Lima llegó a su pico de polución en el 2007: 619  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Luego vino una reducción escalonada hasta nuestros días.

Distintos distritos de Lima norte cuentan con la peor calidad de área, se menciona que se debe al parque automotor que emite gases tóxicos, por los desechos lanzados no controlados y entre otros, además cuenta con menos áreas verdes que conlleva a impactos negativos en el ecosistema y problemas en la salud que puede ocasionar la muerte. Entre esos distritos se encuentra Comas con mayor contaminación atmosférica por avenidas, fabricas, negocios informales que afectan a la calidad de aire.

Por ende, en esta investigación se desarrollará un estudio de la pintura Ecograti que consiste en el tratamiento de fotocatalisis que mejorará la calidad del aire, este producto es libre de petróleo y su objetivo es descontaminar los gases presentes en el ambiente.

## 1.2 Trabajos Previos

**BRUNET et al. (1999).** Presenta un sistema fotocatalítico para el control de emisiones tóxicas en aire que contengan compuestos como el tricloroetileno y percloroetileno encontrados en suelo y en aguas subterráneas en lugares con desechos peligrosos y en efluentes industriales. Afirman que el coste económico del sistema es aceptable. Esta tecnología utiliza la luz UV y un catalizador apropiado para adsorber y destruir los contaminantes en condiciones ambientales, incluso con alta humedad. Los procesos de air stripping y extracción suelo-vapor transfieren de forma eficiente los contaminantes a la fase gas donde pueden ser económicamente tratados mediante fotocatálisis sin riesgo de formación de subproductos peligrosos. Afirman que el sistema, denominado AIR 2000, ha sido instalado con éxito en Stamina Mills Superfund en Rhode Island, donde instalan una unidad a escala comercial para tratar 700 cfm (cubic feet per minute) y hasta 1000 ppmv de TCE, mezclado con percloroetileno, dicloroetileno, tricloroetano y cloruro de vinilo. Como parte del programa de la Environmental Protection Agency (EPA) de E.E.U.U, la optimización de la aplicación de nanopartículas fotocatalíticas en morteros monitorización del sistema ha mostrado una eficiencia de destrucción total de 99% y hasta de 99,99% en los cuatro primeros meses de operación, sin producción de subproductos peligrosos. El coste de operación del sistema es aproximadamente el 20% del que correspondería al proceso de adsorción por carbón activo.

PICHAT (2000). Apuntan a la utilización de la fotocatálisis heterogénea en fase gas para la desodorización de corrientes de gases o de atmósferas cerradas. Se pueden incluir como estudios de tratamiento de aire de interior, los llevados a cabo no sólo en residencias, oficinas y naves industriales, sino también los realizados para su aplicación en naves y estaciones espaciales, estudios financiados por la NASA, y para enfrentar el problema del etileno en invernaderos y cámaras de conservación de alimentos (CELSS - Controlled Ecological Life Support Systems). Pichat busca comprobar la capacidad del  $\text{TiO}_2$  para purificar y desodorizar el aire de interiores y efluentes industriales gaseosos. Utiliza en sus ensayos fibra de vidrio impregnada con  $\text{TiO}_2$  producida por la empresa Matrix Photocatalytic. La empresa Ahlstrom Paper Group Research and Competence Center proporciona el material fibroso impregnado con  $\text{TiO}_2$  para el prototipo de purificador de aire. En un foto-reactor de laboratorio con una lámpara que emite a 365 nm determinaron la eficiencia de eliminación de tres contaminantes muy diferentes entre sí por sus

características físico-químicas (CO, octano y piridina); obtuvieron valores de 5 a 10 mol por Wh consumido por la lámpara para 50 a 2000 ppm de concentración y velocidades de flujo de 25 a 50 l/h (aire seco o O<sub>2</sub>). Estos valores permiten visualizar la utilidad de un sistema de renovación continua de tamaño razonable para la destrucción de contaminantes del aire de interiores, excepto para CO y CH<sub>4</sub>, que se encuentran demasiado concentrados. Utilizando un prototipo de purificador de aire individual pudieron reducir las concentraciones promedio de benceno, tolueno y xilenos por un factor de 2 o 3 en una habitación tipo. Las velocidades de flujo de aire empleadas (hasta 50 l/h) obligaron a aumentar la concentración de contaminantes para alcanzar concentraciones equivalentes a las esperadas en el aire de interiores. Consecuentemente, el cubrimiento de la superficie de TiO<sub>2</sub> por el contaminante es mayor, más similar al caso de efluentes industriales.

GREAVES (2006). Reformulación de metanol fotocatalítico en Au/TiO<sub>2</sub> para producción de hidrógeno. Photocatalytic methanol reforming on Au/TiO<sub>2</sub> for hydrogen production. El metanol se puede reformar con agua, a temperatura ambiente, usando fotocatalisis, y esta reacción representa una posible vía de menor energía y más sostenible para la producción de hidrógeno que (por ejemplo) reformado con vapor. Los requisitos para los catalizadores son bastante estrictos ya que el propio titanio es casi inactivo para la fotocatalisis anaeróbica, mientras que la adición de una gama muy limitada de metales a la superficie la hace activa. Sorprendentemente, esto incluye oro, que muestra una de las mayores reactividades para la producción de hidrógeno. Se propone que el mecanismo involucre a los intermedios de metoxilo y formiato, estando este último implicado en la ruta hacia la producción de CO<sub>2</sub> e hidrógeno. Un átomo de oxígeno se suministra desde el soporte de titania, que se reemplaza en el ciclo catalítico por oxígeno del agua. El umbral para la excitación es el de la excitación de bandgap en la banda de conducción de titania, que almacena la energía para la reactivación, y esto está mediado por oxígeno electrofílico.

PALOMINO (2007), en su investigación “Estimación del servicio ambiental de captura de CO<sub>2</sub> en la flora de los Humedales de Puerto Viejo- Lima”, se evaluó el contenido de carbono orgánico y se determinó la cantidad de CO<sub>2</sub> que logran fijar las especies presentes en el humedal como la totora, junco; la evaluación se desarrolló mediante la evaluación del carbono orgánico en las especies, hallando el peso de la biomasa arbórea y determinando mediante ecuaciones, obteniendo como resultado que las especies herbáceas constituyen significativamente con la retención de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), siendo la totora la especie

que mayor cantidad de CO<sub>2</sub> registra con 73 tCO<sub>2</sub>/ha, seguido por el junco con 40.6 tCO<sub>2</sub>/ha, estas especies son de alto valor artesanal, es por ello su importancia en la captura de CO<sub>2</sub> y el almacenaje de carbono es directamente proporcional a la captura de CO<sub>2</sub>.

**CÁMARA, Rosa (2012).** Inmovilización de TiO<sub>2</sub> sobre polímeros transparentes en el UV-A para la eliminación foto-catalítica de tricloroetileno en aire. El objetivo de la investigación es el estudio de polímeros orgánicos comerciales como soporte de TiO<sub>2</sub> en fotocatalisis heterogénea y su ensayo para la eliminación de tricloroetileno en aire, donde se ha evaluado sus propiedades ópticas y su resistencia de la fotodegradación, y se ha optimizado la fijación del fotocatalizador para conseguir un recubrimiento homogéneo, duradero y con elevada actividad fotocatalítica en diversas condiciones de operación. Los materiales plásticos ensayados fueron el polietileno (PE), copolímero de etil vinil acetato con distintos aditivos (EVA, EVA-H y EVA-H), polipropileno (PP), polimetil (metacritato) fabricado en cola y extrusión (PMMA-C y PMMA-E), policarbonato compacto y celular (PC-C y PC-Ce), polivinilo rígido y flexible (PVC-R y PVC-F), poliestireno (PS) y poliésteres (PET y PERTG). En base a sus propiedades mostraron un valor de transmitancia superior al 80% en el entorno de la región estudiada; para su síntesis de fotocatalizador se empleó la tecnología sol-gel y la impregnación multicapa de los polímeros por el método de dip-coating con secado intermedio a temperaturas moderadas con el fin de evaluar el envejecimiento bajo la radiación UV; cuyo resultado mostro mayor resistencia PMMA y una degradación mayor en el PS, PVC-R y EVA SH, con pérdida del recubrimiento en todos polímeros. Los resultados fueron: sin tratamiento y con tres capas de óxido de titanio mostro (91%) mejores resultados con PMMA-CA, PET y PS, con tratamiento de plasma se consiguió una mejor mejorabilidad de los soportes y con tratamientos químicos no se obtuve una mejora significativa.

**ELKORO, Ander (2013).** Optimización de la aplicación de nano partículas fotocatalíticas en Morteros. La aplicación de materiales fotocatalíticos, los cuales tienen la capacidad de descomponerlos u transformarlos en compuestos no agresivos, podría resolver la problemática de la calidad del aire. Su uso en materiales de base cementicia resulta sumamente atractiva, tanto por el elevado uso de estos materiales en las ciudades como por resultar inerte al dióxido de titanio, el fotocatalizador de uso más extendido. Se fabrican dos muestras, una de mortero sin fotocatalizador y otro con 5% del peso de cemento de dióxido de titanio. Las muestras se someten a un análisis de compuestos en superficie

mediante espectrometría de fotoelectrones de rayos X. tras analizar la muestra con  $\text{TiO}_2$  esta se somete a pulido por ataque iónico con argón y se vuelve a analizar. El estudio arroja comportamientos desconocidos hasta ahora que pueden favorecer mejoras en la fabricación y mantenimiento de los pavimentos fotocatalíticos con  $\text{TiO}_2$  en materiales de base cementicia. Se muestra una eficiencia fotocatalica tras un año en un 95% pero a la inicial es de 20% a 25% del desarrollo.

**CARCELÉN, Enrique (2014).** En su investigación “Estudio de las emisiones atmosféricas de buses urbanos con motores diesel en Lima y Callao en base a la metodología Copert” La metodología consistió en obtener una base de datos que representa la flota actual de transporte público de Lima y Callao, luego se obtuvieron factores de emisión para estimar los niveles de cada uno de los contaminantes, los cuales fueron seleccionados para cada tipo de vehículo por año de fabricación, por clase y después se aplicó a cada tipo de emisión los factores de corrección que correspondan. Este trabajo consta de cuatro partes. La primera es una investigación sobre el origen de las emisiones en motores diesel, sus parámetros de formación y las tecnologías de reducción de emisiones en el sistema de escape. También se investigaron los Factores de emisión, por medio de los cuales se calculó los niveles de emisión generados de manera global obteniendo como resultados de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCT}$  y  $\text{NO}_x$  que fueron; 220,358 ton/año, 2,034 ton/año, 377 ton/año, 643 ton/año y 7,250 ton/año. Finalmente se describió la legislación actual de Lima y Callao la comercialización del combustible diesel. Se plantea el método de cálculo para estimar los niveles de emisión de cada vehículo según su clasificación por clase y por norma euro a la que pertenece. Dependiendo de cada contaminante se obtienen factores de corrección para llegar a los resultados finales, esto en base a factores de emisión de la metodología COPERT. Finalmente se presentan tres escenarios de reducción del exceso de la flota actual y reemplazo de vehículos antiguos por nuevos fabricados bajo normas de emisión Euro III logrando reducciones de hasta 90%.

ARRIETA, R. y GUERRA, M. (2014). Modelado de un reactor fotocatalítico heterogéneo solar con  $\text{TiO}_2$  para el tratamiento de efluentes contaminados con Residuos farmacéuticos. En este trabajo de grado se presenta el modelado y simulación de un reactor fotocatalítico heterogéneo solar con  $\text{TiO}_2$ , en donde se degradaron aguas contaminadas con dos fármacos, acetaminofén y albendazol. Para ambos, la fotodegradación se llevó a cabo con una carga de catalizador de 0,6 g/L para tres diferentes concentraciones, 150, 90 y 40 ppm

aproximadamente, y pH de 9.0 y 5.0, respectivamente. El reactor con colector parabólico, tipo CPC, operó en régimen turbulento bajo las condiciones solares de la ciudad de Cali, Colombia. El modelado del reactor siguió el enfoque de los Seis Flujos, SFM apoyado en la técnica del ray Tracing para describir la radiación UV reflejada y la cinética de degradación de acuerdo a la expresión de Langmuir- Hinshelwood modificada. Los parámetros ajustables de esta cinética  $k_T$  y  $k_1$ , corresponden respectivamente a  $9,2830 \times 10^{-4} \text{m}^{1.5} \text{ppmW}^{-0.5} \text{s}^{-1}$  y  $3,0685 \times 10^{-2} \text{ppm}^{-1}$ , para el albendazol y  $9,1049 \times 10^{-4} \text{m}^{1.5} \text{ppmW}^{-0.5} \text{s}^{-1}$  y  $9,1269 \times 10^{-3} \text{ppm}^{-1}$  para el acetaminofén, y su independencia con respecto al campo de radiación y la geometría del reactor fotocatalítico, permite el escalado para contaminantes en condiciones similares. El modelo fue validado con los resultados experimentales en las condiciones mencionadas ajustando de manera adecuada para ambas drogas en todos los casos, obteniendo los mejores resultados a las más bajas concentraciones de contaminantes, que para el caso del acetaminofén fue de 38% y para el albendazol de 40%, comprobando así el campo de acción de los Procesos Avanzados de Oxidación. La carga de catalizador también fue evaluada con el fin de determinar el valor en el cual se obtiene la máxima degradación para ambas drogas.

JIMENEZ, Margarita (2015). Desarrollo de nuevas estrategias basadas en fotocátalisis solar para la regeneración de aguas de una industria agro-alimentaria. En el presente trabajo de investigación se propone la aplicación de fotocátalisis heterogénea solar con  $\text{TiO}_2$  inmovilizado en esferas de vidrio como tratamiento terciario de un agua residual industrial procedente de una industria agroalimentaria (Cítricos del Andarax), ubicada en la provincia de Almería (España). En primer lugar, se realizó la caracterización del catalizador inmovilizado en esferas de vidrio utilizando técnicas como la Microscopía Electrónica de Barrido, la Difracción de Rayos X, análisis termogravimétricos e isothermas de adsorción y desorción de  $\text{N}_2$ . Posteriormente se evaluó la actividad fotocatalítica y la estabilidad mecánica del  $\text{TiO}_2$  inmovilizado en esferas de vidrio a escala planta piloto en un fotorreactor solar tipo CPC. La capacidad de degradación de contaminantes químicos persistentes mediante este tratamiento terciario, fue evaluada en diferentes matrices de agua: agua destilada, agua de red sintética, efluente simulado de salida de Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) y efluente real de EDAR, también a escala planta piloto utilizando captadores tipo CPC. Los resultados obtenidos mostraron que el  $\text{TiO}_2$  inmovilizado es fotocatalíticamente activo y mecánicamente estable después de 5 ciclos de



reacción utilizando acetaminofén como compuesto modelo en una matriz de agua real de efluente de EDAR. Por otro lado, se observó que la eficiencia fotocatalítica desciende a medida que se incrementa la complejidad de la matriz en la que se lleva a cabo el tratamiento. A continuación se abordó el estudio de la regeneración del efluente problema de la industria agroalimentaria mediante la combinación de un reactor biológico de lecho fijo (RLF) y un tratamiento terciario basado en fotocátalisis solar con  $\text{TiO}_2$  inmovilizado sobre esferas de vidrio. La identificación inicial de los contaminantes presentes en mayor concentración en el agua residual de esta industria agroalimentaria (imazalil, tiabendazol y acetamiprid) permitió realizar ensayos preliminares añadiendo la mezcla de estos plaguicidas a un efluente real de EDAR con el objetivo de evaluar su degradación mediante fotocátalisis solar con  $\text{TiO}_2$  inmovilizado en un sistema de captadores tipo CPC. Por otro lado, se estudiaron las especies reactivas ( $\text{OH}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{h}^+$ , etc.), que participan en la degradación de la mezcla de plaguicidas seleccionados mediante fotocátalisis solar heterogénea. Además, se evaluó la mejora de la eficiencia en la eliminación de dichos contaminantes al adicionar un aceptor de electrones ( $500 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) al tratamiento fotocatalítico solar mediante  $\text{TiO}_2$  inmovilizado, obteniendo un incremento en el porcentaje de degradación que llegó al 100% en imazalil, 87% en tiabendazol y 40% en acetamiprid, utilizando como matriz un efluente real de EDAR. Otro de los objetivos principales de esta tesis doctoral se centra en el estudio y evaluación de la eficiencia de tratamiento de un sistema biológico basado en un reactor de lecho fijo como alternativa a los sistemas secundarios que convencionalmente se emplean en las EDAR. En este sentido se obtuvo una capacidad máxima de eliminación de carga orgánica de  $0,60 \text{ mg de COD h}^{-1} \text{ L}^{-1}$  ocupado por soportes, en el reactor de lecho fijo alimentando en continuo el agua residual procedente de Cítricos del Andarax. Además, se llevó a cabo el seguimiento de los procesos de nitrificación y desnitrificación mediante la monitorización de la concentración de nitrógeno total, amonio, nitrato y nitrito. La capacidad máxima de nitrificación de este sistema biológico en modo de operación continuo fue de  $0,013 \text{ mg de N-NH}_4\text{+h}^{-1} \text{ L}^{-1}$  ocupado por soportes. La caracterización del efluente del reactor de lecho fijo mostró una concentración residual de aquellos plaguicidas adicionados al inicio del tratamiento biológico, cuya eliminación fue abordada mediante un sistema terciario de fotocátalisis solar con  $\text{TiO}_2$  inmovilizado sobre esferas de vidrio a escala planta piloto en un fotorreactor solar tipo CPC. El sistema combinado RLF/ $\text{TiO}_2$  inmovilizado sobre esferas de vidrio favorece la eliminación parcial de pirimicarb (88%), imazalil (88%), propamocarb (83%)

y pirimetanil (50%), tras una energía acumulada UV de 18 kJ L<sup>-1</sup>. Finalmente, se completó la evaluación de la eficiencia del tratamiento terciario mediante fotocatalisis solar con TiO<sub>2</sub> inmovilizado sobre esferas de vidrio como etapa de desinfección. Este estudio se desarrolló también a escala planta piloto con fotorreactores tipo CPC, utilizando la bacteria *Escherichia coli* como modelo de contaminación microbiana.

QUIÑONES, Diego (2015). Eliminación de contaminantes emergentes del agua mediante ozonación solar fotocatalítica. La detección de contaminantes emergentes, refractarios a las técnicas biológicas y fisicoquímicas de tratamiento que convencionalmente se aplican en las estaciones depuradoras de aguas residuales, representa un riesgo potencial que amenaza la salud de las especies que se benefician del agua. Especialmente, los productos farmacéuticos y de uso agrícola centran mayor atención, puesto que son consumidos en grandes cantidades a nivel mundial y se detectan con mayor frecuencia en el agua. A la mayoría de estos compuestos se les atribuyen efectos de mutación genética, carcinogénesis, defectos congénitos y disrupción del sistema endocrino. En esta Tesis Doctoral se ha estudiado la eliminación de varios compuestos orgánicos, seleccionados como modelos representativos de varios tipos de contaminantes prioritarios y emergentes, y que con frecuencia se detectan en ecosistemas acuosos. Concretamente, los compuestos que se han utilizado en esta investigación son acetaminofeno (analgésico y antiinflamatorio), antipirina (analgésico y antipirético), metoprolol ( $\beta$  bloqueante), cafeína (estimulante), testosterona (hormona esteroide), bisfenol A (aditivo plastificante de uso industrial), diurón (herbicida), MCPA (herbicida), o-fenilfenol (bactericida y fungicida) y terbutilazina (herbicida). Para su eliminación se han empleado algunos procesos avanzados de oxidación basados en el empleo de radiación solar, incluyendo procesos foto-Fenton, oxidación fotocatalítica con hierro o TiO<sub>2</sub>, y ozonación; así como algunas combinaciones de los anteriores. Los ensayos de degradación se han efectuado a escala de laboratorio y piloto. Como fuente de radiación se ha utilizado luz solar, natural y simulada. El proceso más relevante de esta investigación por su carácter novedoso es la ozonación solar fotocatalítica, consistente en el uso simultáneo de ozono, radiación solar y algún catalizador.

AGUILAR, Maria (2015). Desarrollo de estructuras nanoparticuladas dopadas de semiconductores de banda ancha para aplicaciones fotovoltaicas y fotocatalíticas. Los objetivos principales del trabajo de investigación consiste en: (a) evaluar el efecto de los dos tipos de dopados, interno sustitucional y superficial, sobre las propiedades

estructurales, ópticas y electrónicas del  $\text{TiO}_2$ , (b) evaluar el efecto de los distintos dopantes seleccionados sobre las propiedades del  $\text{TiO}_2$ , y comparar los efectos producidos en función de la naturaleza del dopante, (c) correlacionar los resultados experimentales obtenidos con las simulaciones teóricas realizadas para conseguir comprender el efecto del dopante dentro de la estructura cristalina del  $\text{TiO}_2$ , y ahondar en las razones de los cambios en las propiedades fisicoquímicas del  $\text{TiO}_2$  dopado, (d) estudio del uso de los semiconductores sintetizados en aplicaciones tanto fotovoltaicas como fotocatalíticas para poder conocer la potencialidad del material en este tipo de aplicaciones. Desde un punto de vista experimental, se ha desarrollado dos tipos de dopado: (a) uno interno sustitucional, es decir cationes de metales de transición sustituyen a  $\text{Ti}^{4+}$  en su posición en la red, y (b) un dopado superficial, en donde nanopartículas de óxidos de elementos metálicos son depositadas sobre la superficie de las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ . Para cada uno de estos dopados se han empleado tres dopantes, Cu, Al y Tm. Estos han sido elegidos debido a sus propiedades electrónicas sensiblemente diferentes entre sí. Es de esperar que, en función de los orbitales que entran en juego en las interacciones dentro de la estructura cristalina, las propiedades tanto estructurales como electrónicas y ópticas varíen. Por tanto, debido a que la naturaleza electrónica de los elementos elegidos es muy diferente entre sí, las interacciones dentro del cristal también lo serán y, por tanto, los resultados a obtener. La sinergia entre los resultados experimentales y teóricos permitirá establecer comparaciones entre los dopantes seleccionados con el objeto de generar conclusiones globales sobre el dopado del  $\text{TiO}_2$ . Por otra parte, los semiconductores preparados, basados en  $\text{TiO}_2$  dopado, han sido probados en dos aplicaciones diferentes: en DSSCs y en la fotodegradación de azul de metileno, para comprobar si los materiales diseñados pueden ser de interés en aplicaciones fotovoltaicas y fotocatalíticas.

GOSWAMI (2014). Desinfección fotocatalítica del aire interior. Photocatalytic Disinfection of Indoor Air. Journal of Solar Energy Engineering. El presente estudio demostró el efecto antibacteriano de la oxidación fotocatalítica en el aire interior utilizando dióxido de titanio como catalizador. A través de una serie de experimentos, se determinó que el dióxido de titanio mejoraba la velocidad de inactivación de los microorganismos en ciertas condiciones. En estos experimentos, se variaron la velocidad del aire, la humedad relativa y la intensidad de UV (350 nm). Se encontró que las velocidades más altas retardaban la velocidad de destrucción debido al bajo tiempo de retención en el reactor. El

TiO<sub>2</sub> tampoco aceleró la reacción a bajas humedades (30 por ciento). A una humedad relativa del 50 por ciento, hubo una inactivación completa de los organismos, pero a humedades más altas (85 por ciento), el 10 por ciento de los organismos todavía eran viables. Los experimentos mostraron que a mayores intensidades de UV, la mayor parte de la inactivación fue realizada por los fotones UV. Sin embargo, los fotones no fueron capaces de inactivar completamente los microorganismos. En los experimentos de fotocátalisis hubo una inactivación completa de la bacteria.

JIN et al (2015). Construcción de la heteroestructura g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / MIL-88A con actividad fotocatalítica mejorada bajo irradiación de luz visible. Construction of heterostructured g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/MIL-88A with enhanced photocatalytic activity under visible-light irradiation. En esta tesis, el objetivo es diseñar y fabricar fotocatalizadores basados en g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> eficientes con actividades fotocatalíticas mejoradas bajo una irradiación de luz visible. Para lograr este objetivo, se han empleado dos estrategias en la presente tesis. En primer lugar, se usó el g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> obtenido como material huésped para construir fotocatalizadores compuestos alineados escalonados seleccionando semiconductores con posiciones de banda adecuadas. Mediante este método, tres tipos de fotocatalizadores compuestos, tales como g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / nanocage ZnS, g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / m-Ag<sub>2</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>7</sub> y g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / MIL-88A g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-basan se fabricaron con éxito. En segundo lugar, la microestructura del g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> se modificó mediante el tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a una temperatura elevada y a presión ambiente. Para comprender los factores clave en el diseño de nuevos materiales, también dedicamos muchos esfuerzos para dilucidar los mecanismos básicos durante la degradación fotocatalítica del contaminante orgánico. Con base en los resultados de los experimentos de captura de especies activas (AST), se determinaron las principales especies activas en cada sistema fotocatalítico. En el sistema g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / m-Ag<sub>2</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>7</sub> y el sistema g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / MIL-88A, se encontraron tres clases de especies activas de · O<sub>2</sub><sup>-</sup>, h<sup>+</sup> y · OH involucradas en la reacción fotocatalítica. Los resultados en esta tesis confirman claramente que la actividad fotocatalítica del fotocatalizador basado en g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> puede mejorarse de manera eficiente mediante construcciones de materiales compuestos alineados escalonados y mediante la modificación de la microestructura del g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. El rendimiento fotocatalítico mejorado se puede atribuir principalmente a la separación eficiente de los pares de electrón-agujero foto-inducidos y al aumento de los sitios activos para la reacción fotocatalítica.

WANG, J (2015) Investigación del mecanismo fotocatalítico del g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> tratado con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

derivado de urea con actividad fotocatalítica de luz visible superior. Investigation of the photocatalytic mechanism of the  $\text{H}_2\text{O}_2$ -treated g- $\text{C}_3\text{N}_4$  derived from urea with superior visible-light photocatalytic activity. En esta tesis, el objetivo es diseñar y fabricar fotocatalizadores basados en g- $\text{C}_3\text{N}_4$  eficientes con actividades fotocatalíticas mejoradas bajo una irradiación de luz visible. Para lograr este objetivo, se han empleado dos estrategias en la presente tesis. En primer lugar, se usó el g- $\text{C}_3\text{N}_4$  obtenido como material huésped para construir fotocatalizadores compuestos alineados escalonados seleccionando semiconductores con posiciones de banda adecuadas. Mediante este método, tres tipos de fotocatalizadores compuestos, tales como g- $\text{C}_3\text{N}_4$  / nanocage ZnS, g- $\text{C}_3\text{N}_4$  / m- $\text{Ag}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$  y g- $\text{C}_3\text{N}_4$  / MIL-88A g- $\text{C}_3\text{N}_4$ -basan se fabricaron con éxito. En segundo lugar, la microestructura del g- $\text{C}_3\text{N}_4$  se modificó mediante el tratamiento con  $\text{H}_2\text{O}_2$  a una temperatura elevada y a presión ambiente. En este estudio, el g- $\text{C}_3\text{N}_4$  se preparó mediante una simple pirólisis de urea. En cuanto a todos los fotocatalizadores sintetizados, las estructuras, morfologías y propiedades ópticas se caracterizaron cuidadosamente por las siguientes técnicas: XRD, SEM, TEM, FT-IR y DRS. Los resultados mostraron que todos los fotocatalizadores basados en g- $\text{C}_3\text{N}_4$  anteriormente mencionados exhibieron actividades fotocatalíticas mejoradas en comparación con el g- $\text{C}_3\text{N}_4$  prístino. Para el caso de los fotocatalizadores compuestos basados en g- $\text{C}_3\text{N}_4$ , el factor de mejora sobre la prístina g- $\text{C}_3\text{N}_4$  puede alcanzar valores que oscilan entre 2,6 y 3,4. En cuanto al g- $\text{C}_3\text{N}_4$  tratado con  $\text{H}_2\text{O}_2$ , la constante de velocidad de degradación puede ser 4,6 veces mayor que la del g- $\text{C}_3\text{N}_4$  prístino. Los resultados en esta tesis confirman claramente que la actividad fotocatalítica del fotocatalizador basado en g- $\text{C}_3\text{N}_4$  puede mejorarse de manera eficiente mediante construcciones de materiales compuestos alineados escalonados y mediante la modificación de la microestructura del g- $\text{C}_3\text{N}_4$ . El rendimiento fotocatalítico mejorado se puede atribuir principalmente a la separación eficiente de los pares de electrón-agujero foto-inducidos y al aumento de los sitios activos para la reacción fotocatalítica.

BU JING (2016). Diseño racional de cristal de semiconductor para conversión química fotocatalítica eficiente. Rational design of semiconductor crystal for efficient photocatalytic chemical conversion. Esta tesis trata de mejorar la propiedad fotocatalítica del semiconductor mediante varios tipos de modificaciones que incluyen la síntesis de control de  $\text{TiO}_2$  con estructura jerárquica 3D, nanoclusters Pt cargados con niveles discretos de energía y combinación de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Cu}_2\text{O}$  con diferentes planos de cristal expuestos. Las

estructuras jerárquicas de  $\text{TiO}_2$  de rutilo de nano-flor se han sintetizado mediante un método de solvente-térmico. La estructura de las nanoflores se caracterizó cuidadosamente mediante diversas técnicas, tales como XRD, espectros Raman, espectros de reflectancia difusa UV-Vis, XPS et al. encontramos que los bloques de construcción de tales estructuras de nano-flores son nanohilos de  $\text{TiO}_2$  de rutilo monocristalino con su crecimiento a lo largo del eje [001] y la faceta expuesta (110) en las paredes laterales de las nanaroductos. Debido a esta nanoestructura jerárquica, este rutilo  $\text{TiO}_2$  mostró una actividad fotocatalítica mejorada para la oxidación selectiva de Benzylamine a N-BIBL. Esto sugiere el gran potencial de esta estructura jerárquica altamente ordenada en 3D en muchas otras aplicaciones fotocatalíticas, como PEC o DSSC. Está bien aceptado que Pt es el mejor cocatalizador para la generación de  $\text{H}_2$  fotocatalítico a partir de la división del agua. Sin embargo, la mayoría de Pt consumidas son nanopartículas, pero no nanoclusters Pt con niveles de energía discretos que muestran propiedades totalmente diferentes debido al efecto de tamaño cuántico. En esta tesis, nanoclusters Pt protegidos por L-glutatión reducido (GSH) se depositan en la superficie de anatasa  $\text{TiO}_2$  con una mayor actividad fotocatalítica y estabilidad. Se sugiere que el efecto sinérgico de los nanoclusters de  $\text{TiO}_2$  y Pt es crucial para el rendimiento fotocatalítico mejorado. Y el tamaño de nanoclusters Pt preparados muestra una gran influencia en el rendimiento fotocatalítico. Los nanoclusters de Pt abren una puerta para una mejor modificación del  $\text{TiO}_2$  afinando la propiedad del cocatalizador átomo por átomo.  $\text{TiO}_2$  se deposita con éxito en la superficie de  $\text{Cu}_2\text{O}$  con diferentes morfologías que expusieron diferentes planos de cristal. La combinación mejora la actividad fotocatalítica de los nanocompuestos y mejora la estabilidad de los fotocatalizadores  $\text{Cu}_2\text{O}$  híbridos de  $\text{TiO}_2$ . En conclusión, desarrollamos diferentes estrategias de modificación para  $\text{TiO}_2$  prístino para obtener una actividad fotocatalítica mejorada. Estas investigaciones sobre las estrategias de modificación y su influencia positiva en el rendimiento fotocatalítico de los fotocatalizadores basados en  $\text{TiO}_2$  modificados sugieren que el diseño racional de las nanoestructuras de estos catalizadores es crucial para la adquisición de las propiedades catalíticas deseadas de estos catalizadores. Y esta tesis muestra la prometedora perspectiva de las nanoestructuras ordenadas complejas de diseño racional y sus diversas aplicaciones en fotocatalisis.

YU LI (2017). Nanomateriales de semiconductores en la reducción de biperidina fotocatalítica y generación de  $\text{H}_2$ . Semiconductor Nanomaterials in Photocatalytic

Bipyridine Reduction and H<sub>2</sub> Generation. Tesis (Magister de Ciencia). Las nanopartículas de semiconductores se han utilizado en el estudio de la transferencia de electrones acoplados a protones desde puntos cuánticos CdS (QD) a N-heptil-4,4'-bipiridinio (bPYD) y generación de H<sub>2</sub> fotocatalítica con nanorods (NR) de CdS con punta de Pt en soluciones alcalinas. Para el sistema QDs / bPYD, se llevó a cabo la espectroscopía de absorción transitoria (TA) para examinar la dependencia del pH y la dependencia de la concentración de bPYD de la transferencia interfacial de electrones y protones. Los experimentos de dependencia del pH revelaron que la transferencia de electrones ocurrió antes de la transferencia de protones, con las tasas aparentes de transferencia de electrones sin cambios a varios pH que van de 4 a 8. El ajuste global de los datos de dependencia de concentración mostró una tasa ET / PT intrínseca de  $7.51 \pm 0.15 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$  a pH 8 y  $4.39 \pm 0.07 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$  a pH 5, lo que confirma el proceso de transferencia de electrones independientes del pH. Para los NR de CdS con punta de Pt en la generación de H<sub>2</sub> fotocatalítica, se utilizaron aniones de hidroxilo como donadores de electrones para la eliminación rápida y eficiente de los agujeros. Se logró una eficiencia cuántica externa de 29.3% y una tasa de generación de H<sub>2</sub> de 34.9  $\mu\text{mol} / \text{h}$  bajo luz LED de 455 nm.

MUHAMMAD, Ikram (2017). Efecto de diferentes concentraciones de carga de iones de metales Cu y Zr sobre la actividad fotocatalítica de P25. Effect of different loading concentrations of Cu and Zr metals ions on photocatalytic activity of P25. Tesis (Magister). El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de los rayos gamma en el rendimiento estructural, fisicoquímico, óptico y fotocatalítico de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> con diferentes concentraciones de cobre que oscilan entre 0 y 6% en peso. Los polvos se prepararon mediante técnica de sol-gel y se recocieron a 400°C. Se irradiaron mediante rayos gamma con dosis que variaban de 14 a 60 KGy. Estas investigaciones confirmaron la formación de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> de anatasa y la sustitución de iones Cu<sup>2+</sup> por sitios Ti<sup>4+</sup> dentro de la estructura de TiO<sub>2</sub>. Este estudio también muestra que, una vez que la estructura de TiO<sub>2</sub> está saturada con cobre, se forma una segregación de cobre metálico en las superficies cristalinas. Después de la irradiación gamma, las muestras presentan un núcleo cristalino y una estructura de corteza desordenada como resultado de la formación de vacantes de oxígeno. Tales vacantes de oxígeno en la superficie de nanocrystal de TiO<sub>2</sub> conducen a una notable mejora de la actividad fotocatalítica de los catalizadores de TiO<sub>2</sub> dopados con Cu.

RODRÍGUEZ, Rafael (2017). Oxidación fotocatalítica de herbicidas en agua mediante

radiación de baja energía. Aplicación de catalizadores, ozono y promotores peroxídicos. El trabajo de esta tesis proviene de la necesidad de investigar tecnologías emergentes, como los tratamientos basados en Procesos de Oxidación Avanzados, para eliminar contaminantes que no son tratados mediante métodos convencionales. Se realiza una investigación básica sobre la oxidación de herbicidas en agua, basada en procesos fotocatalíticos heterogéneos con radiación UVA que combinan el uso de catalizadores, ozono o monopersulfato. La primera parte se centra en el estudio del proceso de fotocatalisis y ozonación fotocatalítica aplicando titanio comercial, Degussa P25, así como titanio dopado con nitrógeno (N-  $\text{TiO}_2$ ) y sin dopar, sintetizadas en el laboratorio. En la segunda parte se desarrolla el uso de monopersulfato combinado, o no, con el proceso de fotocatalisis o catálisis heterogénea; aplicando dióxido de titanio comercial, perovskita de lantano y cobalto ( $\text{LaCoO}_3$ ), o perovskita de lantano y cobalto acoplada a dióxido de titanio ( $\text{LaCoO}_3\text{-TiO}_2$ ). En los diferentes sistemas considerados se han evaluado la capacidad de oxidación mediante estudios cinéticos de degradación del herbicida, su mineralización, así como el seguimiento de los posibles productos intermedios y finales formados, analizando las posibles variables relativas al proceso. También se incluyen estudios sobre la evolución de la toxicidad y fitotoxicidad en el proceso de oxidación. Las propiedades de los catalizadores sintetizados se han analizado mediante diversas técnicas de caracterización de sólidos y superficies.

LARA, Mayra (2017). Desarrollo de materiales basados en  $\text{TiO}_2$  modificado con funcionalidad fotocatalítica para aplicaciones medioambientales. La Tesis Doctoral está centrada en la síntesis de foto-catalizadores con alta eficiencia en la transformación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el agua. Para evaluar la actividad foto-catalítica de los materiales preparados, se ha utilizado, como moléculas sonda, el Fenol, el Naranja de Metilo y la especie  $\text{Cr(VI)}$ , que están reconocidas por su impacto negativo cuando se encuentran presentes en los vertidos acuosos. Las modificaciones realizadas sobre el material sintetizado  $\text{TiO}_2$ , objeto de estudio de esta Tesis, incluyeron como experiencias: la fluoración mediante disoluciones acuosas de HF, la metalización con Pt, la conformación de óxidos acoplados  $\text{TiO}_2\text{-WO}_3$  y la incorporación de electrolitos en el medio de síntesis. Todo esto con la idea de mejorar las características no solo del material sintetizado sino del  $\text{TiO}_2$  (Degussa, Evonik, P25) comercial considerado como referencia en la foto-catálisis heterogénea. Los materiales obtenidos en los diferentes procedimientos presentaron



características fisicoquímicas y actividades fotocatalíticas, que ponen de manifiesto las mejoras conseguidas, al haber presentado un alto desempeño tanto en la degradación oxidativa de Naranja del Metilo y del Fenol como en la reducción de la especie Cr(VI), lo que amplía las posibilidades de aplicación de los mismos en procesos de descontaminación/desinfección de aguas contaminadas. Adicionalmente, el conocimiento generado a lo largo de la experimentación desarrollada en esta Tesis Doctoral, es de gran valía para entender las relaciones que se establecen entre las variables de síntesis y el control de las propiedades de los materiales en estudio.

**BERMEJO, M. (2018).** En su trabajo de investigación titulado: “Fotocatálisis y su capacidad descontaminante. Aplicación en Gran Vía”, realizado en Madrid - España. En este trabajo se presentan algunos conceptos básicos acerca de la contaminación atmosférica, y posteriormente se realizará una investigación acerca de la fotocatalisis y su aplicación en los materiales de construcción, con el fin de mejorar la calidad del aire, a la vez que se planteará como solución en el centro de Madrid. Para ello, se realizará un análisis de las condiciones en las que se encuentra la ciudad a nivel climatológico, niveles de contaminación y posibles localizaciones para aplicar el estudio teórico. El objetivo de estudio es reducir los contaminantes en la atmósfera de Madrid mediante la fotocatalisis en los materiales de construcción. Las paredes tratadas con TiO<sub>2</sub> reducen contaminantes gaseosos como NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y CO que se puede aplicar a distintas áreas para obtener espacios con aire más puro y descontaminado.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Pintura ecológica**

Las pinturas y barnices convencionales contienen compuestos orgánicos volátiles (COV) que pueden tener efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud. Por esta razón, algunas marcas de pinturas comercializan desde hace años las denominadas "pinturas ecológicas". Estos productos están compuestos por materias primas de origen vegetal y/o mineral que no contaminan ni en su producción ni en su aplicación. Además, estas se crean pinturas y barnices específicamente para usuarios con alergias. Para distinguirlos, hay que buscar la etiqueta ecológica, que garantiza la ausencia de sustancias tóxicas (Bolaños, P. 2012).

- Ventajas del uso de pinturas ecológicas:

Las pinturas consideradas ecológicas están compuestas por materias primas naturales de origen vegetal y/o mineral. Carecen de sustancias dañinas, como los biocidas o plastificantes, y su impacto medioambiental es muy inferior al de los productos sintéticos, basados en derivados del petróleo. Otra ventaja de estas pinturas es que son ignífugas y, lo que es más importante (sobre todo en interiores), debido a su composición mineral no desprenden gases tóxicos en caso de incendio. En cuanto a su mantenimiento, requieren un menor número de intervenciones que los productos plásticos, ya que al no deteriorarse la pintura aguanta más tiempo en buen estado y no necesita decapado.

- Composición de las pinturas comunes:

Son sustancias que sirven para dar a los objetos una tonalidad o matiz distinto al que tenían, normalmente son en forma de polvo e insolubles. Se caracteriza por ser un polvo fino que refleja toda la luz para producir un efecto blanco.

Los pigmentos blancos más corrientes son óxidos inorgánicos, como el óxido de antimonio ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) y el óxido de cinc ( $\text{ZnO}$ ).

Se usan también otros compuestos inorgánicos blancos e insolubles, como el sulfuro de cinc ( $\text{ZnS}$ ), el albayalde (hidroxicarbonato, hidroxisulfato, hidroxifosfito o hidroxisilicato de plomo) y el sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ). Los siguientes óxidos inorgánicos son pigmentos habituales para colores: el óxido de hierro (III),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (amarillo, rojo o color tierra), el óxido de cromo (III),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (verde), y el óxido de plomo (IV),  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  (rojo). Los cromatos de plomo, cinc, estroncio y níquel producen distintas gamas de amarillo y anaranjado. Se utiliza un conjunto de sólidos orgánicos para obtener otros colores.

Composición química:

Las fórmulas de la pintura moderna cuentan con diversas categorías de compuestos químicos. El aglutinante forma el recubrimiento fino adherente.

El pigmento, dispersado en el medio fluido, da a la película terminada su color y su poder cubriente. La pintura al disolverse se evapora inmediatamente. El aglutinante también es conocido como un aceite no saturado formado de un ácido carboxílico de cadena larga

(como el ácido linoleico) con un alcohol viscoso, como la glicerina. Un material de relleno, que contiene componentes en polvo como el caolín o el sulfato de bario, mejora la resistencia de la película seca de pintura.

- Tipos de pinturas:

Existen variedades de tipos de pinturas; las más conocidas son: el temple (pintura de paredes e interiores), pinturas plásticas (se aplican principalmente en paredes de yeso o cemento), esmalte acrílico (ofrece resistencia al agua, lavable, pierde brillo si se expone al sol), esmaltes sintéticos (se utiliza mucho para proteger superficies de metal y de madera, tanto en el exterior como interior), pintura a cal (su alcalinidad tiende a destruir la materia orgánica).

#### 1.3.1.1 Pintura de dióxido de titanio

Compuesto elaborado de forma artesanal, la cual se mezclará el  $\text{TiO}_2$  con la pintura ecológica, a determinado grado de concentración, para adecuarlo al lugar del monitoreo.

- Fotocatálisis: es parte del principio natural de descontaminación de la propia naturaleza. Al igual que la fotosíntesis, gracias a la luz solar, es capaz de eliminar  $\text{CO}_2$  para generar materia orgánica, la fotocatalisis elimina otros contaminantes habituales en la atmósfera, como son los  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{COVs}$ , mediante un proceso de oxidación activado por la energía solar. La fotocatalisis es una reacción fotoquímica que convierte la energía solar en energía química en la superficie de un catalizador o sustrato, consistente en un material semiconductor que acelera la velocidad de reacción. 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. (Mo et al., 2009).
- Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ): este material es conocido en sus tres formas cristalinas: rutilo, anatasa y brookita; todas ellas existentes en la naturaleza con una coordinación octaédrica (Pañuela, 2014). La estructura cristalina más estable es la de rutilo, mientras que la anatasa es una fase metaestable que se puede transformar en rutilo mediante un aumento de temperatura. El  $\text{TiO}_2$ , es económico, insoluble, fotoestable, altamente estable en medios no muy ácidos o básicos, siendo usado para sensibilizar

la fotodegradación de muchos compuestos orgánicos. De entre las formas cristalinas posibles, la anatasa es la que presenta una mayor actividad fotocatalítica.

### 1.3.1.2 Pintura con grafeno

Compuesto elaborado de forma artesanal, la cual se mezclará el grafeno con la pintura ecológica, a determinado grado de concentración, para adecuarlo al lugar del monitoreo.

- Grafeno: El grafeno es un material nanométrico bidimensional, consistente en una sola capa de átomos de carbono fuertemente cohesionados mediante enlaces que presentan hibridación  $sp^2$  y dispuestos en una superficie uniforme, ligeramente ondulada, con una estructura semejante a la de un panal de abejas por su configuración atómica hexagonal. El grafeno es una de las formas alotrópicas del carbono, como lo son también el grafito y el diamante. Así, un milímetro de grafito contiene tres millones de capas de grafeno. Es el material más resistente que se conoce en la naturaleza, más fuerte que el acero estructural con su mismo espesor y más duro que el diamante, y, sin embargo, su grosor oscila entre 1 y 10 átomos de carbono. Al ser tan fino y apreciarse solamente dos de sus dimensiones, se le considera un material bidimensional, el único que es capaz de mantenerse estable hasta con el grosor de un átomo. (Graphenano Nanotechnologies, 2017).
- Obtención del grafeno: El principal problema del grafeno es que es complicado obtenerlo correctamente. Hay unos cuantos modos de obtener grafeno partiendo de grafito. Algunos son bastante sencillos, pero también los hay de complejos, difíciles y realmente sorprendentes.
  - Exfoliación mecánica: Andre Geim y Konstantin Novoselov obtuvieron grafeno por primera vez a partir de exfoliación micromecánica el 2004. Se necesita una superficie limpia de grafito (muchas capas de grafeno unidas; como una mina de lápiz), la cual se raspará suavemente. De aquí se obtienen láminas estrechas de grafito. Con estas láminas obtenidas, se pegan y separan en una cinta adhesiva. El resultado son láminas tridimensionales de grafito y, muy difícil de ver a simple vista, láminas bidimensionales de grafeno.
  - Obtención epitaxial: La obtención de grafeno epitaxial consiste en calentar

carburo de silicio (SiC) a más de 1100°C para reducirlo a grafeno. El grafeno se desarrolla en el sustrato semiconductor, el silicio; formando una estructura cristalina similar. La mayoría de propiedades del grafeno han estado descubiertas a partir de grafeno obtenido de este mismo modo.

- Reducción de óxido de grafito: En 1962 se produjo la primera práctica con este método por parte de P. Boehm. En la lámina de óxido de grafito había la presencia de minúsculas escamas de una sola capa de óxido de grafito (que era óxido de grafeno). Boehm fue reconocido incluso por Andre Geim. Pero hay una pequeña desventaja comparado con el método de exfoliación mecánica; la calidad del grafeno obtenido es menor, ya que se produce una eliminación incompleta de algunos grupos funcionales.
- Sonicación de grafito: Basado en la dispersión de grafito en un medio líquido, el cual recibe ondas sonoras que hacen agitar sus partículas. Después, mediante centrifugación, el grafeno se separa del grafito. Es el método más efectivo; ha conseguido las concentraciones más altas de grafeno y la mayor pureza del material.
- Mediante nanotubos de carbono: Únicamente, gracias a la acción del permanganato de potasio y ácido sulfúrico sobre nanotubos de carbono, estos se consiguen cortar. Sirve para la fabricación de cintas de grafeno.
- Grafeno en polvo: El grafeno en polvo se utiliza en aplicaciones que requieren un material más barato, como composite para construcción. Lo más frecuente es mezclarlo con otros materiales. El proceso de producción de grafeno en polvo básicamente parte del grafito como materia prima y consiste en realizar una oxidación y un proceso de ultrasonificación para separar las pequeñas láminas de grafeno que componen el grafito. Sus propiedades no son tan buenas como el grafeno en lámina y conduce peor la electricidad.
- Grafeno artificial: Este nuevo material es fabricado colocando y moviendo moléculas de óxido de carbono sobre una superficie de cobre, y aunque es más costoso de producir, permite manipular las propiedades del grafeno con mayor precisión, ya que éste cuenta con mayor pureza que la que se obtiene en el grafeno original.

- Grafeno en lámina: Se usa un reactor CVD donde se introduce un gas con carbono, entonces, aplicando una cantidad de energía se depositan los átomos de carbono sobre un substrato metálico, donde posteriormente se transfieren las láminas de grafeno al substrato final que dependerá del uso que se le quiera dar al grafeno (vidrio, silicio, etc.).

### 1.3.2 Concentración de gases contaminantes

La concentración de gases contaminantes, son los elementos que concentrados en altas cantidades en la atmósfera generan riesgos y problemas medio ambientales, así como también para los seres vivos. (Paredes, 2011).

- Calidad de aire: es el valor estimado del nivel de concentración de un contaminante en el aire al cual pueden estar expuestos los seres humanos durante cierto tiempo determinado sin causar daños apreciables para su salud.
- Atmósfera: capa compuesta de gases que rodea la tierra a 30 km de la superficie.
- Contaminante del Aire: cualquier sustancia presente en el aire que por su naturaleza sea capaz de modificar los constituyentes naturales de la atmósfera, alterando sus propiedades físicas o químicas. Su concentración y período de permanencia en la misma puede originar efectos nocivos sobre la salud de las personas y el ambiente. (Normativa de la calidad del aire Minam; 2014).
- Fuente de Emisión: es toda actividad o proceso, realizado por los seres humanos, susceptible de emitir contaminantes al aire.
- Tiempo de Exposición: es el lapso de tiempo de duración ante un evento, la cual se está presente.
- Monóxido de carbono (CO): El CO es un gas incoloro e inodoro que se produce por la combustión incompleta. Los automóviles con motores antiguos son la principal fuente de emisión de CO. Las chimeneas industriales, las calderas, los termotanques, las estufas, las cocinas a kerosene, etc., también emiten CO. La exposición a CO puede contribuir a la disminución del suministro de oxígeno en los tejidos y esto es debido a que la hemoglobina de la sangre, tiene mayor afinidad

con el CO que con el O<sub>2</sub>, lo que da lugar a la formación de carboxihemoglobina (COHb). El efecto a corto plazo es similar a la sensación de fatiga que se experimenta en la altura, después de la ejercitación física cuando se padece de anemia. La exposición al CO en tiempos prolongados puede agudizar las enfermedades del corazón y pulmón de quienes sufren especialmente de enfermedades crónicas.

- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): es un gas incoloro. Se produce especialmente durante la combustión de carbón e hidrocarburos y su concentración está relacionada con el grado de impureza del combustible. Se produce además en procesos industriales tales como la producción de ácido sulfúrico y la del papel. La exposición a SO<sub>2</sub>, en valores por encima de los recomendables disminuye la función pulmonar, agrava enfermedades respiratorias preexistentes (especialmente broquitis) y reduce la capacidad pulmonar para liberarse de las partículas que ingresan al tracto respiratorio.
- Óxidos de Nitrógeno: gases producidos por oxidación a altas temperaturas del nitrógeno del aire. Fórmula NO<sub>x</sub>.

### 1.3.3. Eficiencia y eficacia

La eficacia de la administración de los recursos y los procesos de ejecución, ya que cuenta con actividades programadas necesarias con el fin de satisfacer a los requerimientos de su usuario que necesitan del producto, en esto conlleva la eficiencia del producto para su labor (Lerma y Bárcena, 2012, p. 142).

Así mismo, la eficiencia son las listas de actividades que se realiza para obtener las metas propuestas, utilizando lo menos posible el recurso o esfuerzo. Entonces esto se refiere a lograr las metas con un bajo costo y otros elementos que se pueda reducir (El Fondo Editorial Fca, 2013, p. 25).

## 1.4 Formulación del Problema

### 1.4.1. Problema general

¿Será mayor la eficiencia de la pintura Ecograti (concentrada al 5% de TiO<sub>2</sub> + 5 % de grafeno y concentrada al 10% de TiO<sub>2</sub> + 10 % de grafeno) con respecto a las pinturas de

dióxido de titanio (concentradas al 10% y 20%) y a las pinturas de grafeno (concentradas al 10% y 20%); para reducir la concentración de los gases contaminantes en la atmósfera?

#### **1.4.2. Problemas específicos**

¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con dióxido de titanio concentrado al 10%, para reducir la concentración de gases contaminantes?

¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con grafeno concentrado al 10%, para reducir la concentración de gases contaminantes?

¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura Ecograti concentrada al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5% de grafeno, para reducir la concentración de gases contaminantes?

¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con dióxido de titanio concentrado al 20%, para reducir la concentración de gases contaminantes?

¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con grafeno concentrado al 20%, para reducir la concentración de gases contaminantes?

¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura Ecograti concentrada al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno, para reducir la concentración de gases contaminantes?

### **1.5 Justificación del estudio**

#### 1.5.1 A nivel teórico

“La fotocatalisis es una reacción de oxidación que se produce cuando coinciden tres factores: dióxido de titanio (que actúa como catalizador), oxígeno y luz, ya sea ultravioleta o luz visible. Cuando tiene lugar, la reacción neutraliza los óxidos de nitrógeno (NOX), uno de los gases contaminantes más habituales en las ciudades, que proviene de las emisiones del tráfico. Es similar a la fotosíntesis de las plantas, que cuando reciben luz pueden transformar el dióxido de carbono en oxígeno.” (Benavente, 2014).

#### 1.5.2 A nivel Ambiental

El uso de la técnica pretende reducir la problemática de contaminación ambiental presente en la atmósfera de Comas, causados por la concentración de gases contaminantes que



ocasionan el cambio climático. Buscando demostrar la eficacia del tratamiento para mejorar este problema.

### 1.5.3 A nivel social

En el aspecto social, la implementación de esta técnica ayudará a reducir los gases contaminantes que generan enfermedades respiratorias en la población, de tal manera, que se espera que disminuya el índice de las enfermedades respiratorias y una mejor calidad de vida

### 1.5.4 A nivel económico

La técnica a emplear busca mejorar de manera considerable el problema ambiental presente del lugar, lo cual se requiere de una inversión para lograr los objetivos deseados. Ya que, al producirse esta pintura en gran escala, resultaría económico para combatir el gran problema de contaminación.

### 1.5.5 A nivel práctico

La práctica a realizar busca el mejoramiento de la calidad del aire, así como también una fácil aplicación, se busca también aplicar el Dióxido de titanio y grafeno en pinturas, para mejor retención de los gases contaminantes generados por el parque automotor. De esta manera, se busca mejorar el bienestar social.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

El uso de las pinturas Ecograti (concentrada al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5 % de grafeno y concentrada al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10 % de grafeno respectivamente), son más eficientes que las pinturas solo con Dióxido de Titanio (concentradas al 10% y 20%) para reducir la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.

### **1.6.2 Hipótesis específicos**

- 1) El uso de las pinturas solo con dióxido de titanio concentradas al 10% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.

- 2) El uso de las pinturas solo con grafeno concentradas al 10% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.
- 3) El uso de las pinturas Ecograti concentrada al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5% de grafeno, reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.
- 4) El uso de las pinturas solo con dióxido de titanio concentradas al 20% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.
- 5) El uso de las pinturas solo con grafeno concentradas al 20% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.
- 6) El uso de las pinturas Ecograti concentrada al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno, reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

Determinar si la eficacia en el uso de las pinturas Ecograti (concentradas al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5 % de grafeno y concentrada al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10 % de grafeno) es mejor que las pinturas con Dióxido de titanio (concentradas al 10% y 20%) y pinturas con grafeno (concentradas al 10% y 20%); para mejorar la calidad del aire reduciendo la concentración de gases contaminantes.”

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- 1) “El uso de las pinturas solo con dióxido de titanio concentradas al 10% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto.”
- 2) “El uso de las pinturas solo con grafeno concentradas al 10% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto.”
- 3) “El uso de las pinturas Ecograti concentrada al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5% de grafeno, reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto.”
- 4) “El uso de las pinturas solo con dióxido de titanio concentradas al 20% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto.”

- 5) “El uso de las pinturas solo con grafeno concentradas al 20% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto.”
- 6) “El uso de las pinturas Ecograti concentrada al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno, reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto.”

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Tipo y Diseño de Investigación**

#### **2.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, ya que los principios teóricos se pondrán en práctica en la realidad. La investigación aplicada (activa o dinámica), busca confrontar la teoría con la realidad (Tamayo, p.43; 2004).

#### **2.1.2 Nivel de investigación**

Explicativo, ya que busca demostrar de qué manera la aplicación de la pintura Ecograti, reducirá la concentración de gases contaminantes en la avenida Abancay. “Tienen la finalidad de explicar el comportamiento de una variable en función de otra u otras. Pretenden señalar que la ocurrencia de un fenómeno depende de otro; es decir establecer relación causa-efecto. Estudios explicativos apoyan en criterios de causalidad y requieren de control metodológico y estadístico. Por tanto, se llevan a cabo por medio de estudios experimentales y su estadística es multivariada.” (Martínez; 2012).

#### **2.1.3 Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es experimental, de subtipo cuasi experimental; es experimental, ya que se va a manipular la variable independiente para obtener los resultados esperados en la variable dependiente; y es cuasi experimental porque la muestra que vamos a obtener será no homogénea. “La investigación cuasi experimental es que el investigador controla y manipula deliberadamente las condiciones que determinan los hechos en los que trabaja, para después observar los efectos que se producen por lo tanto los tres elementos esenciales que el científico utiliza al practicar un experimento son: control, manipulación y observación. Es de tipo cuasi experimental.” (Escribano; 2004).

Esquema:

G:  $O_1 - X - O_2$

Dónde:

O<sub>1</sub>: Calidad de aire antes del tratamiento

X: Pintura Ecograti.

O<sub>2</sub>: Calidad de aire durante el tratamiento.

## **2.2 Operacionalización variables**

VARIABLE DEPENDIENTE:

CONCENTRACIÓN DE GASES CONTAMINANTES

Dimensiones: Gases (monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOX) y ozono (O<sub>3</sub>).

Condiciones climáticas (nubosidad, dirección del viento, velocidad del viento, radiación).

VARIABLE INDEPENDIENTE:

USO DE LA PINTURA ECOGRATI

Dimensiones: Pinturas con dióxido de titanio, pinturas con grafeno, pinturas con Ecograti.

**Tabla 1.** Operacionalización de las variables.

<b>MATRIZ DE OPERALIZACIÓN DE VARIABLES</b>					
TÍTULO: Reducción de gases contaminantes utilizando la pintura Ecograti, en la avenida Abancay - Centro de Lima.					
<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medida</b>
Concentración de gases contaminantes en el Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto	La concentración de gases contaminantes, son los elementos que concentrados en altas cantidades en la atmósfera generan riesgos y problemas medio-ambientales, así como también para los seres vivos. (Paredes, 2011).	Los parámetros químicos serán modificados, por el tratamiento, el cual beneficiará la calidad del aire de la zona, ya que estos gases contaminantes se reducirán gradualmente.	Condiciones climáticas	Temperatura máxima	°C
				Temperatura mínima	
				Humedad	%
				Nubosidad	%
				Dirección de los vientos	rosa de vientos
				Velocidad de los vientos	nudos
			Parámetros químicos	SO <sub>2</sub>	ppb
				NO, NO <sub>2</sub>	ppb
				CO	ppm
				Nox	ppb
O <sub>3</sub>	ppb				
Tratamiento a través del uso de pintura Ecograti	La fotocátalisis heterogénea se fundamenta en irradiar la superficie de un semiconductor con la longitud de onda adecuada para que se	Se aplicará estos tratamientos en el mismo lugar, pero en diferentes tiempos, para determinar si la pintura ecograti es más eficiente en adsorción que las otras	Tratamientos con pinturas solo con dióxido de titanio (10% y 20%)	Porcentaje de concentración	%; ó g/L
				Pureza del dióxido de titanio	%
				Volumen tratado	cm <sup>3</sup>
				Área del tratamiento	cm <sup>2</sup>
			Tratamientos con	Porcentaje de concentración	%; ó g/L

<p>generen pares electrón-hueco y que antes de que se produzca su recombinación, propician reacciones de oxidación-reducción con especies adsorbidas superficiales. (Rodríguez, 2008).</p>	<p>dos; se aplicarán sobre planchas de madera, abarcando un total de 30 m<sup>3</sup> de volumen de estudio, en una zona con concentraciones elevadas de estos gases.</p>	<p>pinturas solo con grafeno (10% y 20%)</p>	Pureza del grafeno	%	
			Volumen tratado	cm <sup>3</sup>	
			Área del tratamiento	cm <sup>2</sup>	
		<p>Tratamientos con las pinturas Ecograti (5% TiO<sub>2</sub>+5% grafeno y 10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno)</p>		Porcentaje de concentración	%; ó g/L
				Pureza del dióxido de titanio	%
				Pureza del grafeno	%
				Volumen tratado	cm <sup>3</sup>
				Área del tratamiento	cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

## **2.3 Población, muestra y muestreo**

### 2.3.1 Población

El estudio se realizará en el centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto, ubicado en el distrito de Comas; ya que el lugar presenta concentraciones de gases contaminantes; y esto es debido a la constante circulación de transporte vehicular. Está ubicado en un lugar estratégico, ya que los valores que se van a obtener son representativos para el distrito de Comas.

### 2.3.2 Muestra

La muestra analizada será medida en  $\text{cm}^3$ , dentro del centro de salud; aproximadamente 28,000  $\text{cm}^3$ . Dentro de la cual se harán las mediciones correspondientes de la concentración de gases contaminantes (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NOX, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) dentro de esa atmósfera, respetando los estándares de medición y toma de datos

### 2.3.3 Muestreo

En esta investigación de tipo muestreo simple: las muestras de concentración de gases contaminantes tendrán la misma probabilidad de ser elegidos. Ya que la elección de la muestra de concentración (ppm) podrá ejecutarse a través de cualquier mecanismo en el que todos los componentes tengan las mismas opciones de ser considerados. Para ello se ha seleccionado el sistema foto-catalítico Grafeno/ TiO<sub>2</sub>/UV, el cual consta de una foto reactor, elaborado por placas de madera, las cuales se pintarán con la pintura Ecograti (mezclada con grafeno y TiO<sub>2</sub>).

## **2.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### 2.4.1 Técnicas de instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se utilizó el método propuesto por el Dr. Jhonny Valverde Flores para la obtención de la pintura “Ecograti”. En primer lugar se realizó la obtención de la materia prima (dióxido de titanio, grafeno y pintura) para luego elaborar los seis diferentes tratamientos (pintura con TiO<sub>2</sub> concentrado al 10%, pintura con grafeno concentrado al 10%, pintura con “Ecograti” con una concentración de 5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno, pintura con TiO<sub>2</sub> concentrado al 20%, pintura con grafeno concentrado al



20%, pintura con “Ecograti” con una concentración de 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno), que fueron colocados en diferentes tiempos pero durante un mismo día; en el lugar donde se realizó el estudio; en donde posteriormente se analizó la eficiencia que estos tienen para reducir la concentración de gases contaminantes. Se hicieron cinco repeticiones, es decir se monitoreó en el mismo lugar, pero en cinco días distintos.

Se aplicó una observación experimental directa, ya que se realizó un registro de datos mediante 04 instrumentos: “Formato general de características del punto de muestreo”, “Formato de análisis inicial”, “Formato de recolección de datos en el punto de muestreo” y el “Formato de análisis final”.

En la investigación se emplea la técnica de medición directa y toma de datos de las diversas concentraciones de diferentes gases contaminantes (pre y post tratamiento) presentes en el lugar, aplicando los tratamientos ya mencionados.

ETAPA 1: Compra del Dióxido de Titanio ( $\text{TiO}_2$ ).

En esta etapa, el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), fue adquirido en el centro de abastecimientos químicos “Ciatex S.A.C” (lugar acreditado para la venta de insumos químicos).

ETAPA 2: Elaboración del Grafeno (Ver Anexo 3).

En esta etapa, se recolectó la mayor cantidad de pilas de diferentes tipos y marcas, para luego obtener la barra de grafito que se encuentran dentro en la parte central de la pila; este grafito pasó por varios procesos, como el triturado, sonicación, filtrado y secado.

Materiales:

Pilas, alicates, desarmador, lija, balanza, tajador de escritorio, envases de vidrio, vasos precipitados, luna de reloj, embudo, probeta, papel filtro, agua destilada, bagueta y espátula.

Equipos:

Horno, balanza, sonicador, bomba de vacío, agitador magnético.

Reactivos:

Peróxido de Hidrógeno (30%), Ácido clorhídrico concentrado, nitrato de amonio.

ETAPA 3: Análisis en laboratorio de las características del Grafeno.

En esta etapa, se envió unas muestras del grafeno obtenido (descrito en la etapa anterior), al laboratorio de Materiales de la “Pontificia Universidad Católica del Perú”; para que sea analizado por Espectros de corrimiento micro Raman y así se determinó que la muestra presentaba grafeno en multicapas. (Ver Anexo 4)

ETAPA 4: Obtención de pintura y materiales a utilizar.

En esta etapa, se compró la pintura de la marca American Colors; planchas de Nordex sin pintado (que posteriormente fueron cortadas a las medidas convenientes para realizar los tratamientos); brocha, rodillo, espátula y bagueta (varilla de agitación). (Ver Anexo 5).

ETAPA 5: Elaboración de los seis tratamientos en Pinturas. (Ver Anexo 5)

En esta etapa, se prepararon los seis (06) tratamientos (pinturas) en placas de Nordex (madera con 3 mm de espesor) a diferentes concentraciones (pintura con  $\text{TiO}_2$  concentrado al 10%, pintura con grafeno concentrado al 10%, pintura con “Ecograti” con una concentración de 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5% de grafeno, pintura con  $\text{TiO}_2$  concentrado al 20%, pintura con grafeno concentrado al 20%, pintura con “Ecograti” con una concentración de 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno), las cuales pasaron por etapas como pesaje de  $\text{TiO}_2$  y pesaje de grafeno, mezclado, pintado y secado.

ETAPA 6: Delimitación del área de estudio y monitoreo.

En esta etapa, se determinó el área de estudio ubicado en la parte más alta del Centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto en Comas. (Ver Anexo 6).

ETAPA 7: Aplicación de los tratamientos y toma de resultados en el monitoreo.

En esta etapa (la más importante de todo el estudio), se recolectaron los resultados obtenidos en el “Tren de muestreo”, pre y post tratamientos de la concentración de los gases contaminantes presentes en el lugar (en total seis (06): CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>). Para posteriormente determinar la eficacia que obtuvo cada uno de los seis (06)

diferentes tratamientos durante los cinco (05) días que se desarrolló el estudio.

Los instrumentos de recolección de datos que se usarán son (Anexo 02. Instrumentos de recolección de datos):

- Instrumento 01. Formato general de características del punto de muestreo.
- Instrumento 02. Formato de análisis inicial. (El cual se tomarán los datos antes de aplicar algún tipo de tratamiento)
- Instrumento 03. Formato de recolección de datos, durante los tratamientos en el punto de monitoreo.
- Instrumento 04. Formato de análisis final.

#### 2.4.2 Validez y confiabilidad

La validación de los instrumentos, que se aplicaron para medir las variables, valores y resultados; se trabajó con tres expertos especializados sobre el tema tratado, quienes evaluaron los indicadores que se desarrollan en la investigación para responder a las características del estudio.

El formato de validación de instrumentos se puede observar en el Anexo 02 y se obtiene un promedio general de evaluación de un 85 %. Así mismo se observa todos los formatos validados por tres expertos del tema.

#### 2.4.3 Metodología del proyecto

##### 2.4.3.1 Ubicación

El área de estudio está ubicada en la calle 30, Comas 15316.

- Departamento: Lima
- Provincia: Lima
- Distrito: Comas
- Dirección: calle 30, Comas 15316

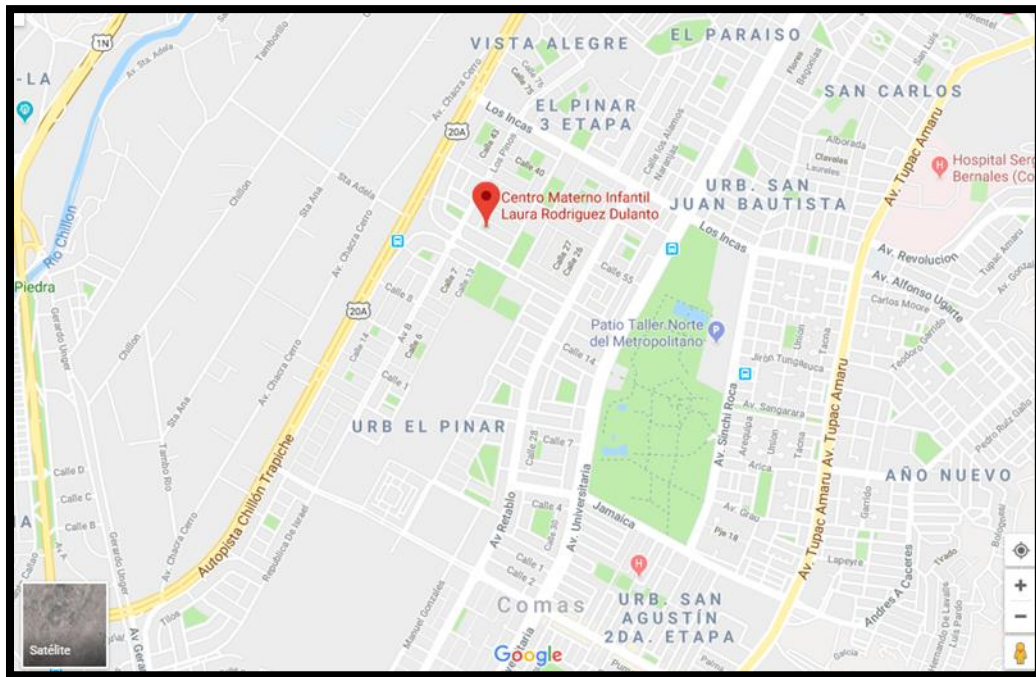


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Fuente: Google maps

#### 2.4.3.2 Tratamiento

Los tratamientos se realizarán en tres partes, las cuales se tomarán las mediciones correspondientes a cada tratamiento. Donde se tomará la muestra de calidad de aire antes y después de los tratamientos, para verificar la eficacia de los tratamientos:

- Tratamiento 1: pintura solo con dióxido de titanio 10%
- Tratamiento 2: pintura solo con grafeno 10%
- Tratamiento 3: pintura con Ecograti (5% grafeno +5% titanio).
- Tratamiento 4: pintura solo con dióxido de titanio 20%
- Tratamiento 5: pintura solo con grafeno 20%
- Tratamiento 6: pintura con Ecograti (10% grafeno +10% titanio).

#### 2.4.3.3 Materiales

Para realizar el tratamiento:

- Planchas de madera

- Pintura ecológica
- Dióxido de titanio
- Grafeno
- Brochas
- Bolsas plásticas

Material de personal:

- Guantes de jebe
- Mascarilla
- Lentes

Material y equipo de muestreo:

- Equipo muestreador de calidad de aire
- Instrumentos de recolección de datos
- Análisis de los parámetros requeridos

#### 2.4.3.4 Procedimiento general

Se realizó en el centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto; en donde se colocaron las planchas de maderas pintadas previamente con el  $\text{TiO}_2$ , con el grafeno y con Ecograti (mezcla de  $\text{TiO}_2$  y titanio); una por una, tomando mediciones distintas para cada una.

- 1) Elaboración de los tratamientos de pintura solamente con  $\text{TiO}_2$  (10% y 20% de concentración).
- 2) Elaboración de los tratamientos de pintura solamente con grafeno (10% y 20%)
- 3) Elaboración de los tratamientos con la pintura Ecograti (5% de  $\text{TiO}_2$  + 5% de grafeno y 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno).
- 4) Toma de mediciones a la calidad del aire del lugar, antes de aplicar cualquier tipo de tratamiento.
- 5) Toma de mediciones durante el tratamiento.
- 6) Resultados obtenidos después del tratamiento y cálculo del porcentaje de reducción de cada tratamiento (Eficacia).

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

Para analizar los datos, se consideraron los estándares de calidad ambiental del aire, el protocolo para el procedimiento de la ubicación del punto de muestreo, y considerar la calibración de los equipos de monitoreo. Se utilizó el diseño de muestra de probabilidad que dará a cada elemento de la población la posibilidad de ser seleccionada, por el programa Spss.

## **2.6 Aspectos éticos**

El presente trabajo de investigación “Reducción de gases contaminantes utilizando la pintura ECOGRATI” se ejecutó en base a una lista física y virtual de estudios acatando los derechos de autor y del código de ética. La cual debe ser utilizada para futuras investigaciones.

Así mismo la presente tesis de investigación está conforme a lo citado, respetando la propiedad del autor.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados de datos en la etapa de monitoreo

Luego de haber realizado los monitoreos durante 05 días en el centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto en Comas, se obtuvieron los siguientes valores de concentraciones de los diferentes gases contaminantes analizados con el Tren de muestreo, pre y post tratamientos:

El día sábado 24 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Tratamiento con la “pintura con  $\text{TiO}_2$  al 10% de concentración”:

**Tabla 2.** *Tratamiento con  $\text{TiO}_2$  (10%).*

Día 1	Tratamiento con $\text{TiO}_2$ (10%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.13	4.08	4.15	4.04
NO (ppb)	2.4	2.4	2.1	1.8
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.8	5.4	5.8	5.6
NO <sub>x</sub> (ppb)	8.2	8.1	7.8	7.6
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	1.4	1.4	1.2
O <sub>3</sub> (ppb)	17.1	18.3	16.1	15

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°2, se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.13 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (5.8 ppb), NO<sub>x</sub> (8.2 ppb), SO<sub>2</sub> (1.6 ppb) y O<sub>3</sub> (17.1 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con  $\text{TiO}_2$  (10%) se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.04 ppm), NO (1.8 ppb), NO<sub>2</sub> (5.6 ppb), NO<sub>x</sub> (7.6 ppb), SO<sub>2</sub> (1.2 ppb) y O<sub>3</sub> (15 ppb).

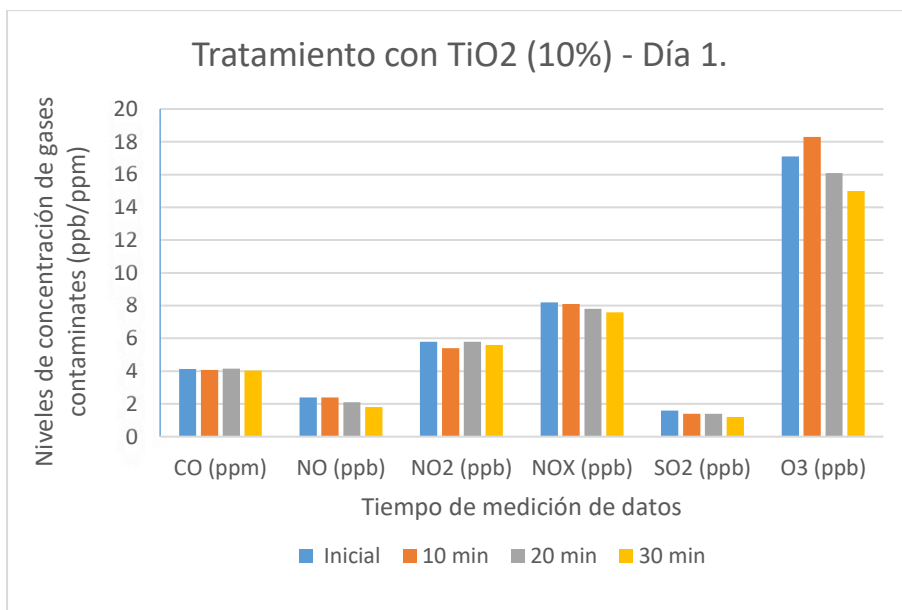


Figura 2. Tratamiento con TiO<sub>2</sub> (10%) - día 1.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>X</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Dióxido de titanio al 10% de concentración.

- Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”:

Tabla 3. Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10%.

Día 1	Tratamiento con grafeno (10%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.18	4.15	4.12	4.01
NO (ppb)	2.6	2.2	2.5	2.3
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.8	7.6	7.7	7.1
NO <sub>X</sub> (ppb)	10.2	9.8	9.6	9.7
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.8	1.3	0.6	0.4
O <sub>3</sub> (ppb)	15.1	16.2	14.2	14.2

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°3 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los



seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.18 ppm), NO (2.6 ppb), NO<sub>2</sub> (7.8 ppb), NO<sub>x</sub> (10.2 ppb), SO<sub>2</sub> (1.8 ppb) y O<sub>3</sub> (15.1 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.01 ppm), NO (2.3 ppb), NO<sub>2</sub> (7.1 ppb), NO<sub>x</sub> (9.7 ppb), SO<sub>2</sub> (0.4 ppb) y O<sub>3</sub> (14.2 ppb).

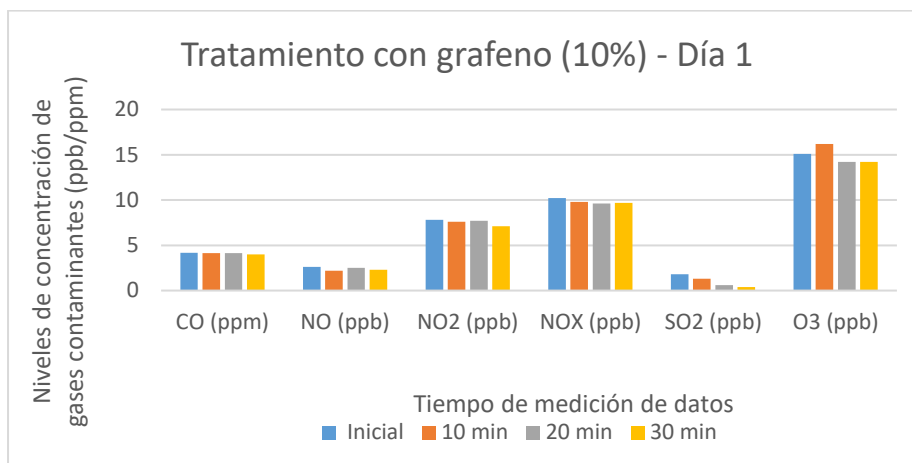


Figura 3. Tratamiento con grafeno (10 %) - día 1.

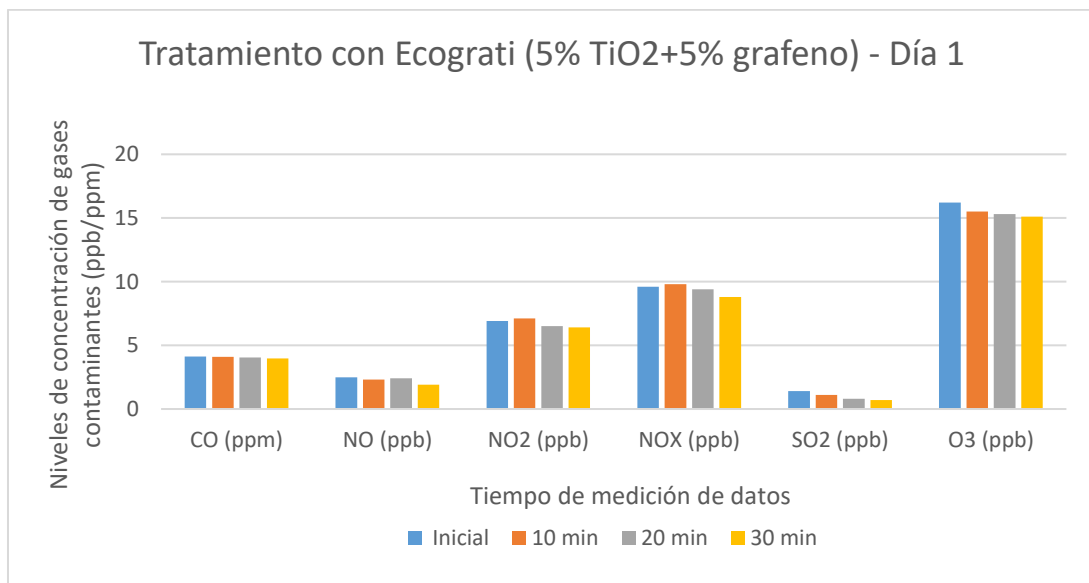
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 10% de concentración.

Tabla 4. Tratamiento con la "pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>).

Día 1	Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% grafeno)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.11	4.09	4.04	3.98
NO (ppb)	2.5	2.3	2.4	1.9
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.9	7.1	6.5	6.4
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.6	9.8	9.4	8.8
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	1.1	0.8	0.7
O <sub>3</sub> (ppb)	16.2	15.5	15.3	15.1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°4 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.11 ppm), NO (2.5 ppb), NO<sub>2</sub> (6.9 ppb), NO<sub>x</sub> (9.6 ppb), SO<sub>2</sub> (1.4 ppb) y O<sub>3</sub> (16.2 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.98 ppm), NO (1.9 ppb), NO<sub>2</sub> (6.4 ppb), NO<sub>x</sub> (8.8 ppb), SO<sub>2</sub> (0.7 ppb) y O<sub>3</sub> (15.1 ppb).



*Figura 4.* Tratamiento con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> +5% grafeno) - Día 1.

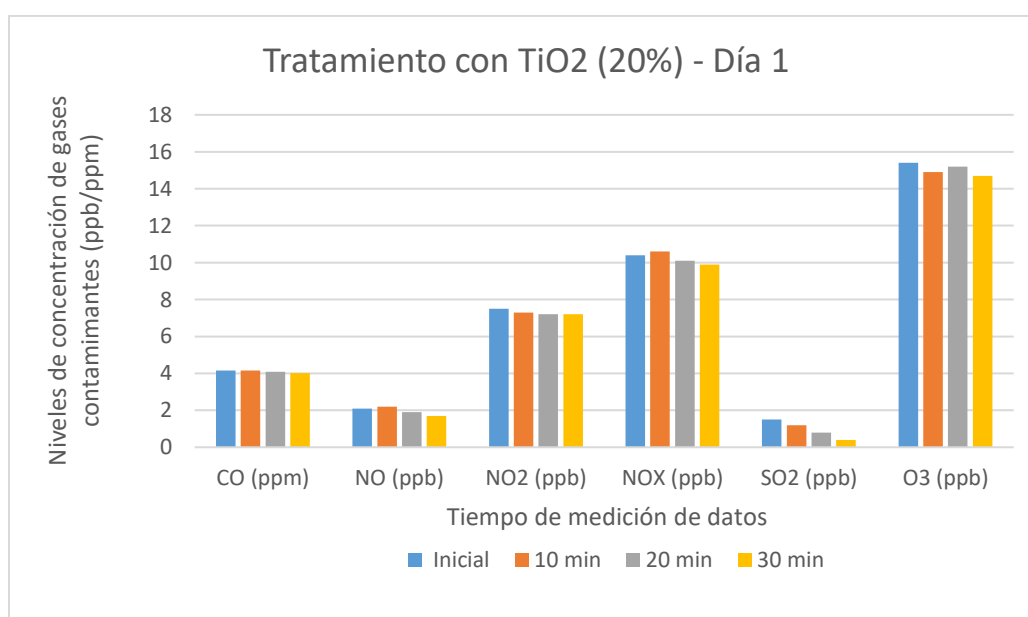
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno).

**Tabla 5.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20.

Día 1	Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.15	4.16	4.09	4.02
NO (ppb)	2.1	2.2	1.9	1.7
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.5	7.3	7.2	7.2
NO <sub>X</sub> (ppb)	10.4	10.6	10.1	9.9
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.5	1.2	0.8	0.4
O <sub>3</sub> (ppb)	15.4	14.9	15.2	14.7

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°5 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.15 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (7.5 ppb), NO<sub>X</sub> (10.4 ppb), SO<sub>2</sub> (1.5 ppb) y O<sub>3</sub> (15.4 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con TiO<sub>2</sub> (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.02 ppm), NO (1.7 ppb), NO<sub>2</sub> (7.2 ppb), NO<sub>X</sub> (9.9 ppb), SO<sub>2</sub> (0.4 ppb) y O<sub>3</sub> (14.7 ppb).



**Figura 5.** Tratamiento con TiO<sub>2</sub> (20%) - Día 1.

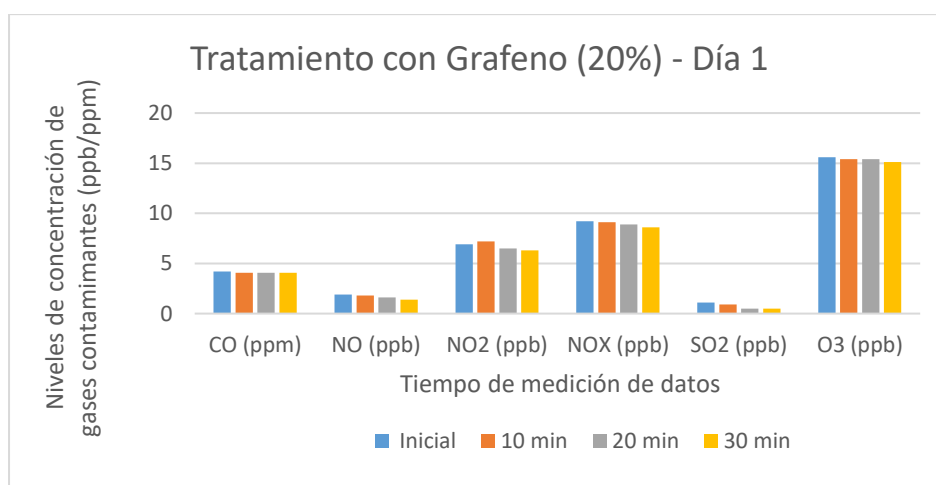
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con dióxido de titanio al 20%.

**Tabla 6.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración.

Día 1	Tratamiento con grafeno (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.19	4.08	4.07	4.06
NO (ppb)	1.9	1.8	1.6	1.4
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.9	7.2	6.5	6.3
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.2	9.1	8.9	8.6
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.1	0.9	0.5	0.5
O <sub>3</sub> (ppb)	15.6	15.4	15.4	15.1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°6 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.19 ppm), NO (1.9 ppb), NO<sub>2</sub> (6.9 ppb), NO<sub>x</sub> (9.2 ppb), SO<sub>2</sub> (1.1 ppb) y O<sub>3</sub> (15.6 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.06 ppm), NO (1.4 ppb), NO<sub>2</sub> (6.3 ppb), NO<sub>x</sub> (8.6 ppb), SO<sub>2</sub> (0.5 ppb) y O<sub>3</sub> (15.1 ppb).



**Figura 6.** Tratamiento con Grafeno (20%) – Día 1.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 20%.

**Tabla 7.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>).

Día 1	Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% grafeno)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.12	4.1	4.11	3.97
NO (ppb)	2.2	2.1	1.8	1.9
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.5	7.2	6.9	6.5
NO <sub>x</sub> (ppb)	8.7	8.3	8.5	8.2
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.2	0.9	0.5	0.4
O <sub>3</sub> (ppb)	15.4	14.7	14.5	14.6

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°7 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.12 ppm), NO (2.2 ppb), NO<sub>2</sub> (7.5 ppb), NO<sub>x</sub> (8.7 ppb), SO<sub>2</sub> (1.2 ppb) y O<sub>3</sub> (15.4 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.97 ppm), NO (1.9 ppb), NO<sub>2</sub> (6.5 ppb), NO<sub>x</sub> (8.2 ppb), SO<sub>2</sub> (0.4 ppb) y O<sub>3</sub> (14.6 ppb).

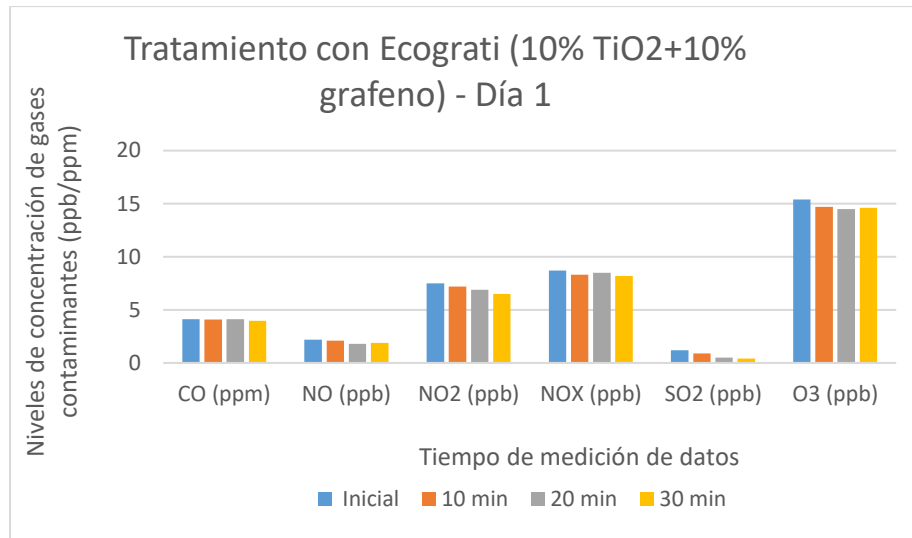


Figura 7. Tratamiento con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub>+10% grafeno) - Día 1.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>X</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno).

El día lunes 26 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 8.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 10% de concentración.

Día 2	Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (10%)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.21	4.18	4.14	4.11
NO (ppb)	2.7	2.5	2.5	2.2
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.6	5.5	5.3	5.2
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.3	8.1	7.9	7.8
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.7	1.5	1.5	1.4
O <sub>3</sub> (ppb)	16.8	17.6	16.7	16.4

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°8 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.21 ppm), NO (2.7 ppb), NO<sub>2</sub> (5.6 ppb), NO<sub>X</sub> (8.3 ppb), SO<sub>2</sub> (1.7 ppb) y O<sub>3</sub> (16.8 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con TiO<sub>2</sub> (10%), se tomaron los valores obtenidos de las

concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.11 ppm), NO (2.2 ppb), NO<sub>2</sub> (5.2 ppb), NO<sub>x</sub> (7.8 ppb), SO<sub>2</sub> (1.4 ppb) y O<sub>3</sub> (16.4 ppb).

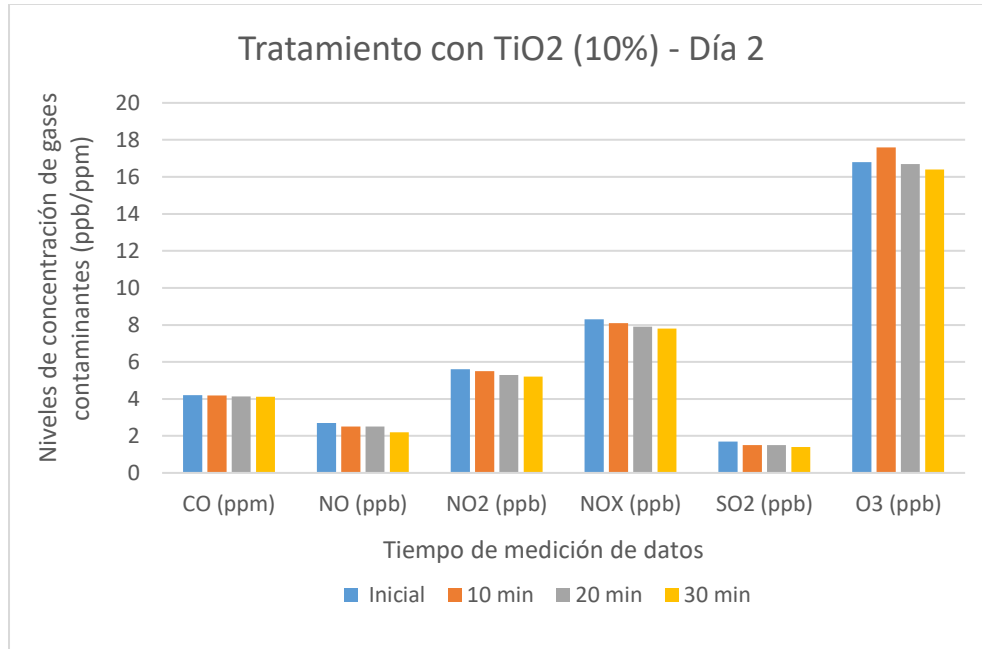


Figura 8. Tratamiento con TiO<sub>2</sub> (10%) - Día 2.

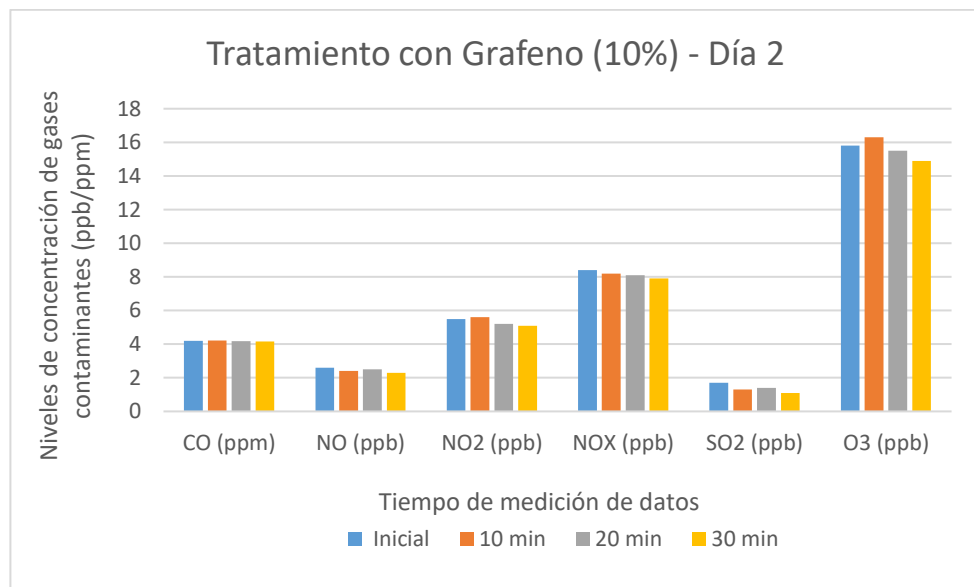
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Dióxido de titanio al 10% de concentración.

Tabla 9. Tratamiento con la "pintura con grafeno al 10% de concentración.

Día 2	Tratamiento con grafeno (10%)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.19	4.21	4.17	4.15
NO (ppb)	2.6	2.4	2.5	2.3
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.5	5.6	5.2	5.1
NO <sub>x</sub> (ppb)	8.4	8.2	8.1	7.9
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.7	1.3	1.4	1.1
O <sub>3</sub> (ppb)	15.8	16.3	15.5	14.9

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°9 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.19 ppm), NO (2.6 ppb), NO<sub>2</sub> (5.5 ppb), NO<sub>x</sub> (8.4 ppb), SO<sub>2</sub> (1.7 ppb) y O<sub>3</sub> (15.8 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.15 ppm), NO (2.3 ppb), NO<sub>2</sub> (5.1 ppb), NO<sub>x</sub> (7.9 ppb), SO<sub>2</sub> (1.1 ppb) y O<sub>3</sub> (14.9 ppb).



*Figura 9.* Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 2.

En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 10% de concentración.

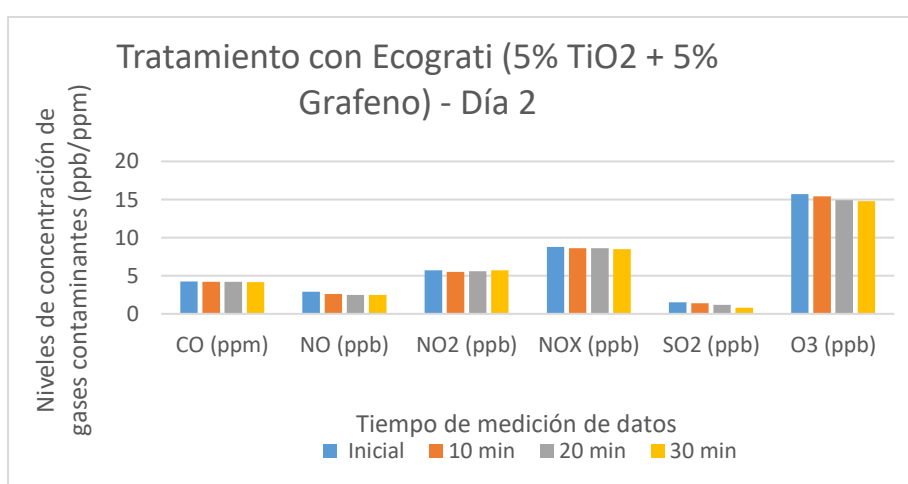


**Tabla 10.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>).

Día 2	Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% grafeno)			
	Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min
CO (ppm)	4.24	4.22	4.19	4.16
NO (ppb)	2.9	2.6	2.5	2.5
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.7	5.5	5.6	5.7
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.8	8.6	8.6	8.5
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.5	1.4	1.2	0.8
O <sub>3</sub> (ppb)	15.7	15.4	14.9	14.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°10 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.24 ppm), NO (2.9 ppb), NO<sub>2</sub> (5.7 ppb), NO<sub>x</sub> (8.8 ppb), SO<sub>2</sub> (1.5 ppb) y O<sub>3</sub> (15.7 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.16 ppm), NO (2.5 ppb), NO<sub>2</sub> (5.7 ppb), NO<sub>x</sub> (8.5 ppb), SO<sub>2</sub> (0.8 ppb) y O<sub>3</sub> (14.8 ppb).



**Figura 10.** Tratamiento con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 2.

En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno).

**Tabla 11.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración.

Día 2	Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.28	4.23	4.2	4.21
NO (ppb)	2.5	2.5	2.4	2.1
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.8	7.6	7.6	7.5
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.9	9.6	9.6	9.5
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	1.1	1.0	0.8
O <sub>3</sub> (ppb)	14.8	13.8	13.9	14.7

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°11 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.28 ppm), NO (2.5 ppb), NO<sub>2</sub> (7.8 ppb), NO<sub>x</sub> (9.9 ppb), SO<sub>2</sub> (1.4 ppb) y O<sub>3</sub> (14.8 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con TiO<sub>2</sub> (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.21 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (7.5 ppb), NO<sub>x</sub> (9.5 ppb), SO<sub>2</sub> (0.8 ppb) y O<sub>3</sub> (14.7 ppb).

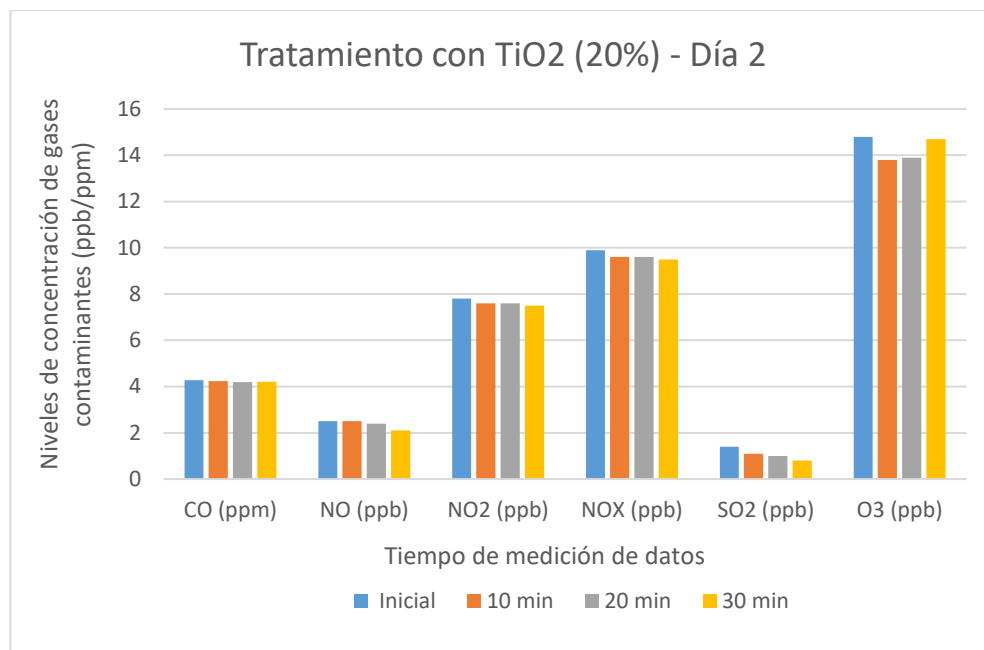


Figura 11. Tratamiento con  $TiO_2$  (20%) - Día 2.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con dióxido de titanio al 20%.

**Tabla 12.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

Día 2	Tratamiento con grafeno (20%)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.22	4.2	4.18	4.06
NO (ppb)	2.4	2.3	2.6	2.4
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	6.9	6.7	6.5
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.3	9.1	8.9	8.9
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	1.2	0.9	0.6
O <sub>3</sub> (ppb)	15.6	16.1	15.2	14.9

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°12 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.22 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (7.1 ppb), NO<sub>x</sub> (9.3 ppb), SO<sub>2</sub> (1.6 ppb) y O<sub>3</sub> (15.6 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (20%), se tomaron los valores obtenidos de las

concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.06 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (6.5 ppb), NO<sub>x</sub> (8.9 ppb), SO<sub>2</sub> (0.6 ppb) y O<sub>3</sub> (14.9 ppb).

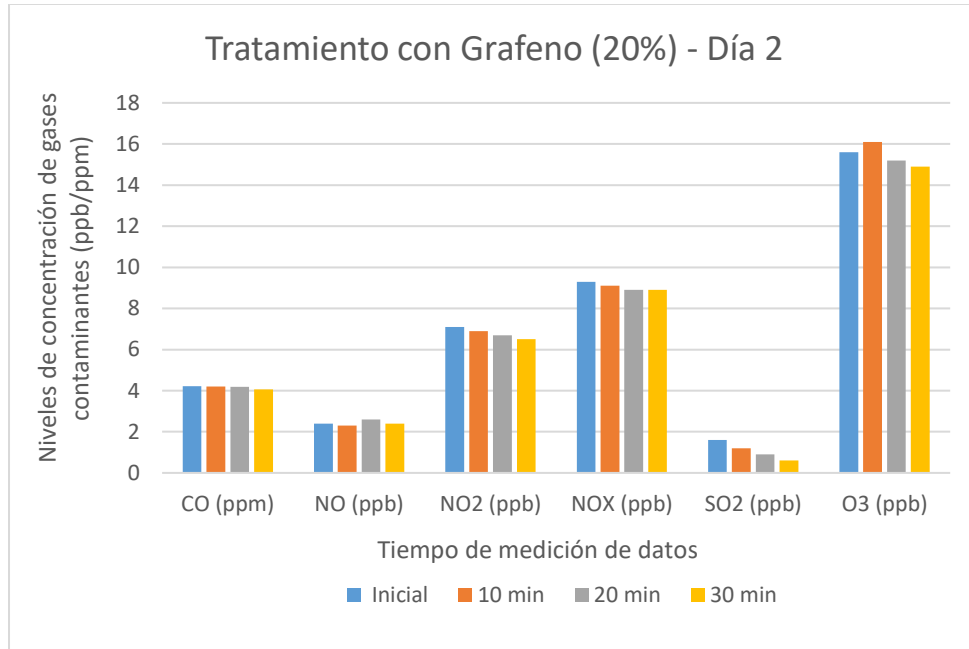


Figura 12. Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 2.

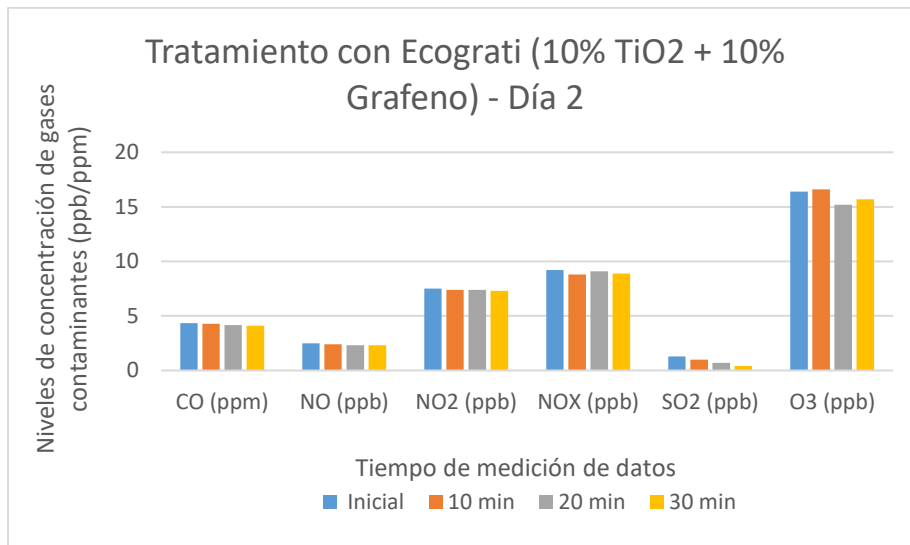
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 20%.

Tabla 13. Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

Día 2	Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% grafeno)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.35	4.29	4.16	4.11
NO (ppb)	2.5	2.4	2.3	2.3
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.5	7.4	7.4	7.3
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.2	8.8	9.1	8.9
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.3	1	0.7	0.4
O <sub>3</sub> (ppb)	16.4	16.6	15.2	15.7

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°13 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.35 ppm), NO (2.5 ppb), NO<sub>2</sub> (7.5 ppb), NO<sub>x</sub> (9.2 ppb), SO<sub>2</sub> (1.3 ppb) y O<sub>3</sub> (16.4 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.11 ppm), NO (2.3 ppb), NO<sub>2</sub> (7.3 ppb), NO<sub>x</sub> (8.9 ppb), SO<sub>2</sub> (0.4 ppb) y O<sub>3</sub> (15.7 ppb)



*Figura 13.* Tratamiento con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% Grafeno) - Día 2.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno).

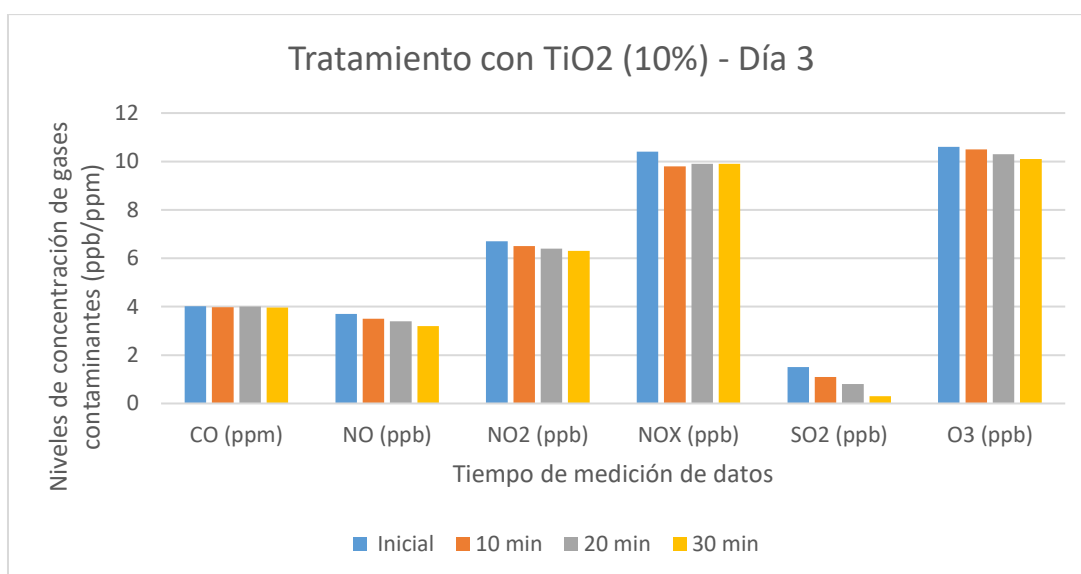
El día martes 27 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 14.** Tratamiento con la “pintura con  $TiO_2$  al 10% de concentración”.

Día 3	Tratamiento con $TiO_2$ (10%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.02	3.98	4.01	3.97
NO (ppb)	3.7	3.5	3.4	3.2
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.7	6.5	6.4	6.3
NO <sub>x</sub> (ppb)	10.4	9.8	9.9	9.9
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.5	1.1	0.8	0.3
O <sub>3</sub> (ppb)	10.6	10.5	10.3	10.1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°14 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.02 ppm), NO (3.7 ppb), NO<sub>2</sub> (6.7 ppb), NO<sub>x</sub> (10.4 ppb), SO<sub>2</sub> (1.5 ppb) y O<sub>3</sub> (10.6 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con  $TiO_2$  (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.97 ppm), NO (3.2 ppb), NO<sub>2</sub> (6.3 ppb), NO<sub>x</sub> (9.9 ppb), SO<sub>2</sub> (0.3 ppb) y O<sub>3</sub> (10.1 ppb).



**Figura 14.** Tratamiento con  $TiO_2$  (10%) - Día 3.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Dióxido de titanio al 10% de concentración.

**Tabla 15.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.

Día 3		Tratamiento con grafeno (10%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min	
CO (ppm)	4.25	4.19	4.17	4.09	
NO (ppb)	3.6	3.5	3.3	3.1	
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	6.9	6.8	6.5	
NO <sub>x</sub> (ppb)	10.5	10.3	10.3	10.1	
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	1.1	0.9	0.5	
O <sub>3</sub> (ppb)	12.5	12.2	11.9	12.3	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°15 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.25 ppm), NO (3.6 ppb), NO<sub>2</sub> (7.1 ppb), NO<sub>x</sub> (10.5 ppb), SO<sub>2</sub> (1.6 ppb) y O<sub>3</sub> (12.5 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.09 ppm), NO (3.1 ppb), NO<sub>2</sub> (6.5 ppb), NO<sub>x</sub> (10.1 ppb), SO<sub>2</sub> (0.5 ppb) y O<sub>3</sub> (12.3 ppb).

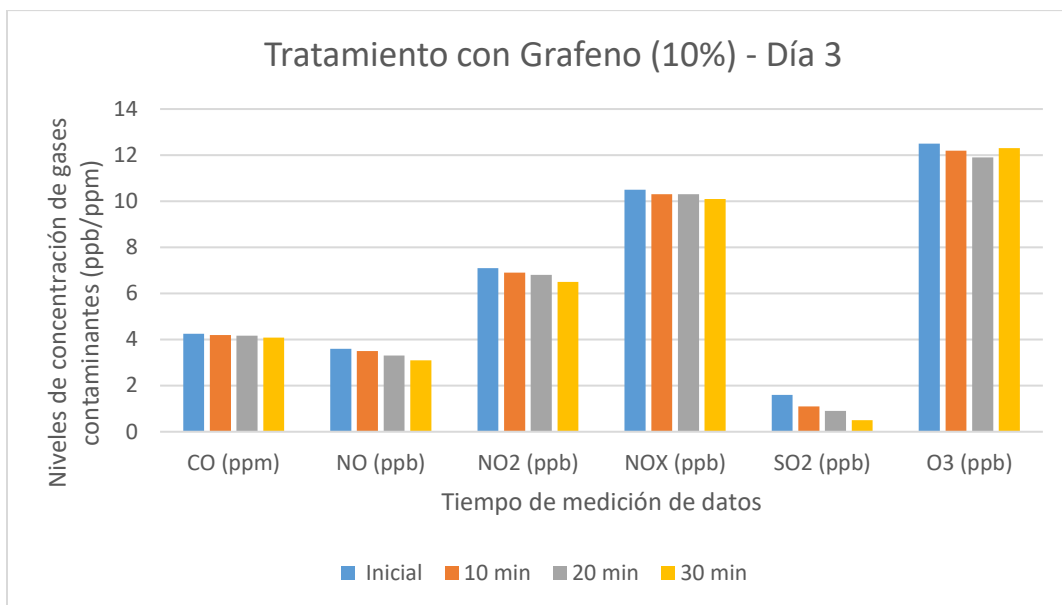


Figura 15. Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 3.

En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 10% de concentración.

Tabla 16. Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”.

Día 3	Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% grafeno)			
	Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min
CO (ppm)	4.21	4.19	4.18	4.17
NO (ppb)	2.9	2.7	2.7	2.6
NO2 (ppb)	8.2	8	7.9	7.9
NOX (ppb)	9.7	9.5	9.4	9.4
SO2 (ppb)	1.3	0.8	0.6	0.5
O3 (ppb)	14.5	14.2	14	13.9

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°16 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.21 ppm), NO (2.9 ppb),



NO<sub>2</sub> (8.2 ppb), NO<sub>x</sub> (9.7 ppb), SO<sub>2</sub> (1.3 ppb) y O<sub>3</sub> (14.5 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.17 ppm), NO (2.6 ppb), NO<sub>2</sub> (7.9 ppb), NO<sub>x</sub> (9.4 ppb), SO<sub>2</sub> (0.5 ppb) y O<sub>3</sub> (13.9 ppb).

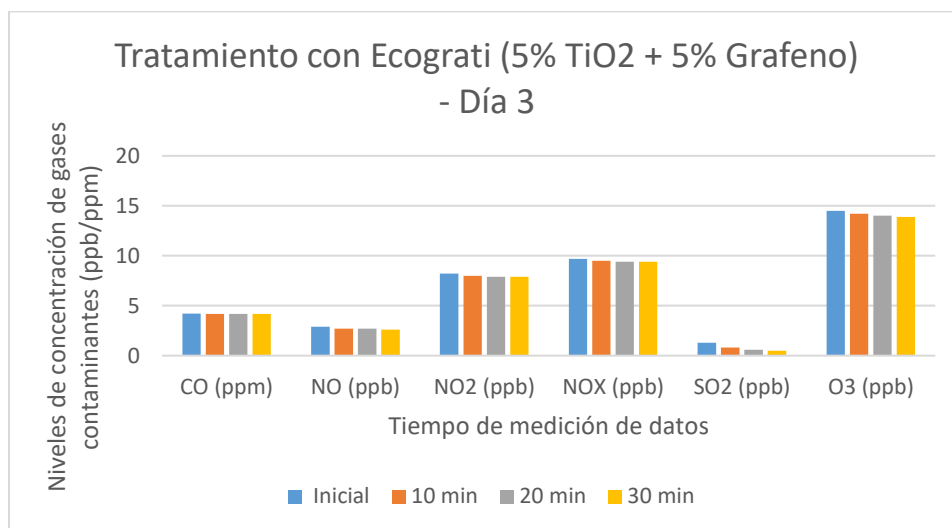


Figura 16. Tratamiento con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 3.

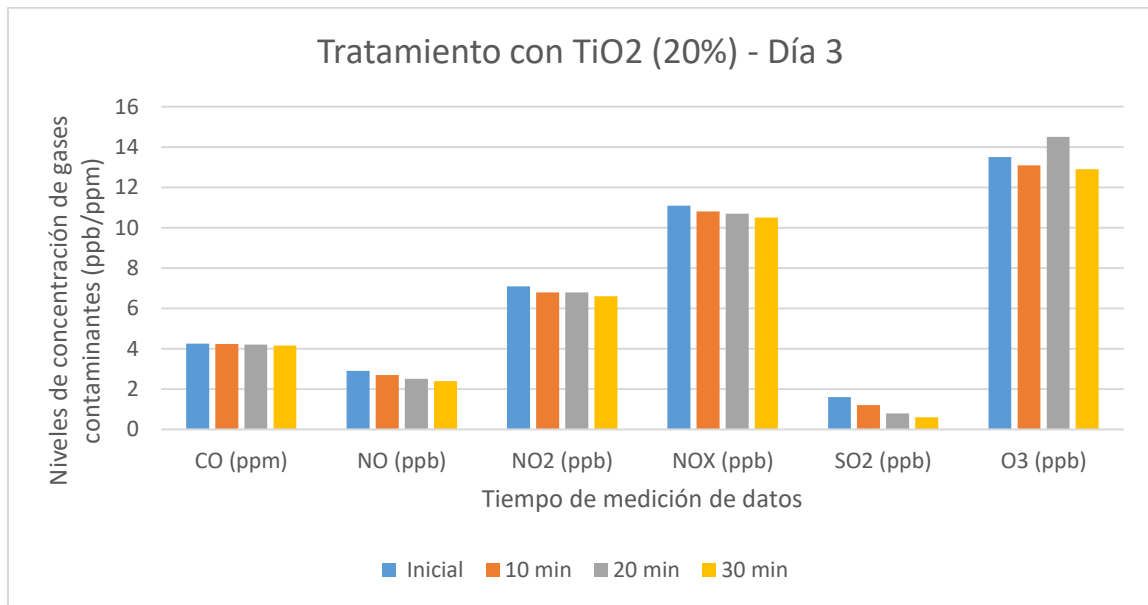
En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno).

Tabla 17. Tratamiento con la "pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración".

Día 3	Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.25	4.23	4.21	4.16
NO (ppb)	2.9	2.7	2.5	2.4
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	6.8	6.8	6.6
NO <sub>x</sub> (ppb)	11.1	10.8	10.7	10.5
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	1.2	0.8	0.6
O <sub>3</sub> (ppb)	13.5	13.1	14.5	12.9

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°17 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.25 ppm), NO (2.9 ppb), NO<sub>2</sub> (7.1 ppb), NO<sub>x</sub> (11.1 ppb), SO<sub>2</sub> (1.6 ppb) y O<sub>3</sub> (13.5 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con TiO<sub>2</sub> (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.16 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (6.6 ppb), NO<sub>x</sub> (10.5 ppb), SO<sub>2</sub> (0.6 ppb) y O<sub>3</sub> (12.9 ppb).



*Figura 17. Tratamiento con TiO<sub>2</sub> (20%) - Día 3.*

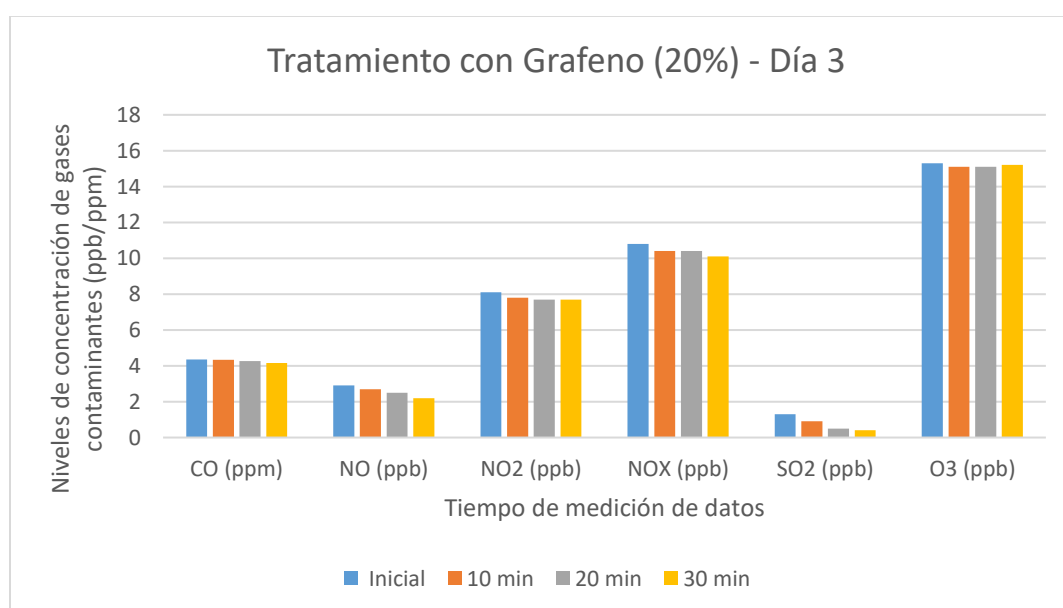
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con dióxido de titanio al 20%.

**Tabla 18.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

Día 3		Tratamiento con grafeno (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min	
CO (ppm)	4.35	4.33	4.27	4.16	
NO (ppb)	2.9	2.7	2.5	2.2	
NO <sub>2</sub> (ppb)	8.1	7.8	7.7	7.7	
NO <sub>x</sub> (ppb)	10.8	10.4	10.4	10.1	
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.3	0.9	0.5	0.4	
O <sub>3</sub> (ppb)	15.3	15.1	15.1	15.2	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°18 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.35 ppm), NO (2.9 ppb), NO<sub>2</sub> (8.1 ppb), NO<sub>x</sub> (10.8 ppb), SO<sub>2</sub> (1.3 ppb) y O<sub>3</sub> (15.3 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.16 ppm), NO (2.2 ppb), NO<sub>2</sub> (7.7 ppb), NO<sub>x</sub> (10.1 ppb), SO<sub>2</sub> (0.4 ppb) y O<sub>3</sub> (15.2 ppb).



**Figura 18.** Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 3.

En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 20%.

**Tabla 19.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

Día 3	Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% grafeno)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.15	4.12	4.11	4.11
NO (ppb)	2.4	2.2	2.1	2
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.8	7.6	7.7	7.6
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.8	9.6	9.5	9.5
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.1	0.8	0.5	0.6
O <sub>3</sub> (ppb)	13.8	13.7	13.6	13.5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°19 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.15 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (7.8 ppb), NO<sub>x</sub> (9.8 ppb), SO<sub>2</sub> (1.1 ppb) y O<sub>3</sub> (13.8 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.11 ppm), NO (2.0 ppb), NO<sub>2</sub> (7.6 ppb), NO<sub>x</sub> (9.5 ppb), SO<sub>2</sub> (0.6 ppb) y O<sub>3</sub> (13.5 ppb).

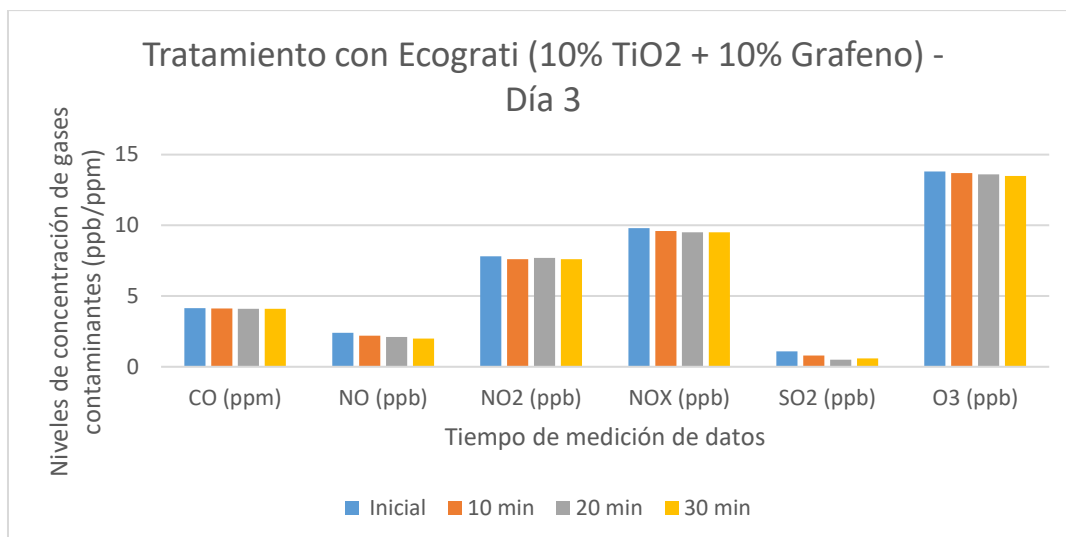


Figura 19. Tratamiento con Ecograti (10%  $TiO_2$  + 10% Grafeno) - Día 3.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Ecograti (10%  $TiO_2$  + 10% grafeno).

El día miércoles 28 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20. Tratamiento con la "pintura con  $TiO_2$  al 10% de concentración".

Día 4	Tratamiento con $TiO_2$ (10%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.12	4.08	4.08	4.06
NO (ppb)	3.7	3.5	3.5	3.3
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.7	6.5	6.3	6.1
NO <sub>x</sub> (ppb)	10.4	10.1	9.8	9.6
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.9	1.5	1.6	1.1
O <sub>3</sub> (ppb)	8.9	10.3	10.1	9.5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°20 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.12 ppm), NO (3.7 ppb), NO<sub>2</sub> (6.7 ppb), NO<sub>x</sub> (10.4 ppb), SO<sub>2</sub> (1.9 ppb) y O<sub>3</sub> (8.9 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con  $TiO_2$  (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos,

se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.06 ppm), NO (3.3 ppb), NO<sub>2</sub> (6.1 ppb), NO<sub>x</sub> (9.6 ppb), SO<sub>2</sub> (1.1 ppb) y O<sub>3</sub> (9.5 ppb).

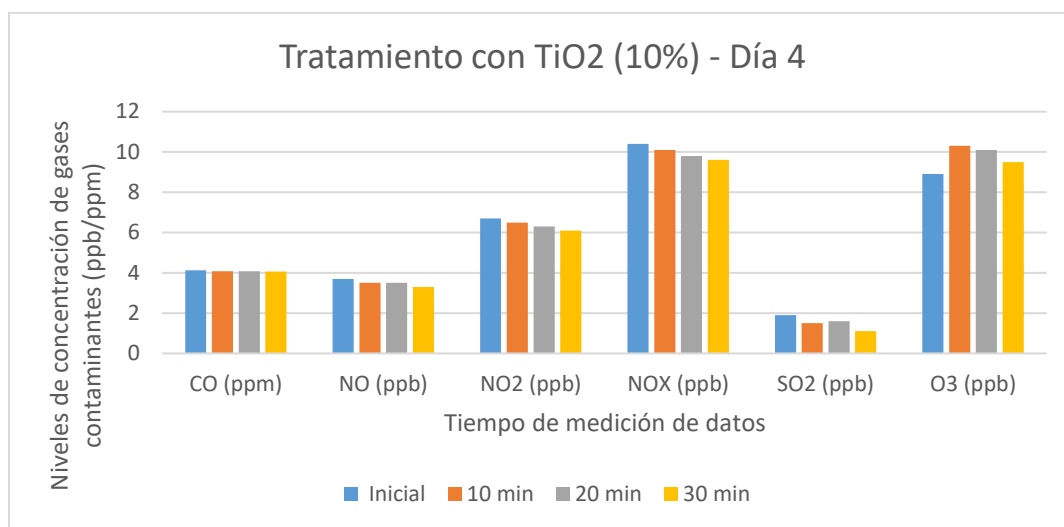


Figura 20. Tratamiento con TiO<sub>2</sub> (10%) - Día 4.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Dióxido de titanio al 10% de concentración.

Tabla 21. Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.

Día 4	Tratamiento con grafeno (10%)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.17	4.11	4.06	3.99
NO (ppb)	2.9	2.6	2.5	2.5
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	6.9	6.8	6.6
NO <sub>x</sub> (ppb)	8.7	8.6	8.4	8.4
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	1.3	1.1	1.1
O <sub>3</sub> (ppb)	14.7	14.2	13.8	13.9

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°21 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.17 ppm), NO (2.9 ppb), NO<sub>2</sub> (7.1 ppb), NO<sub>x</sub> (8.7 ppb), SO<sub>2</sub> (1.6 ppb) y O<sub>3</sub> (14.7 ppb); para luego de aplicar el

tratamiento de pintura con grafeno (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.99 ppm), NO (2.5 ppb), NO<sub>2</sub> (6.6 ppb), NO<sub>x</sub> (8.4 ppb), SO<sub>2</sub> (1.1 ppb) y O<sub>3</sub> (13.9 ppb).

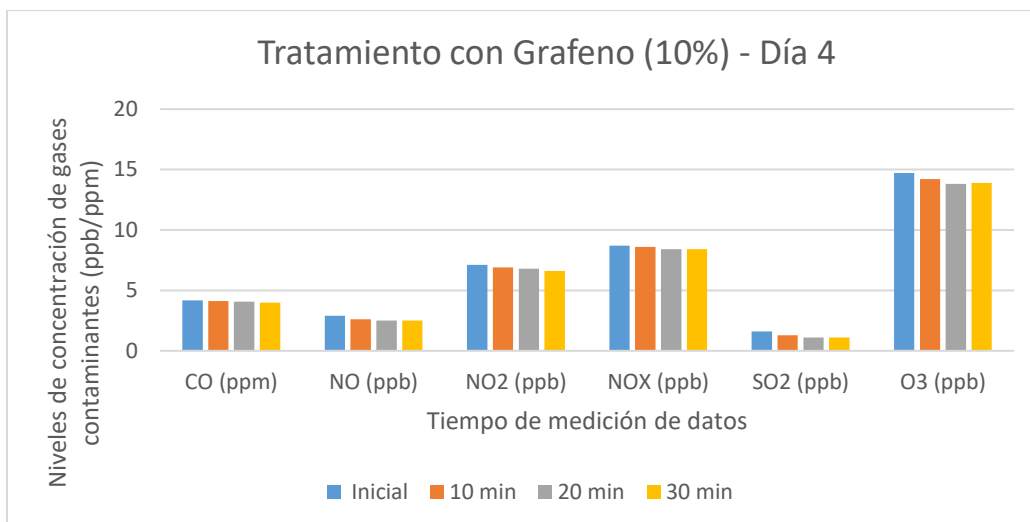


Figura 21. Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 4.

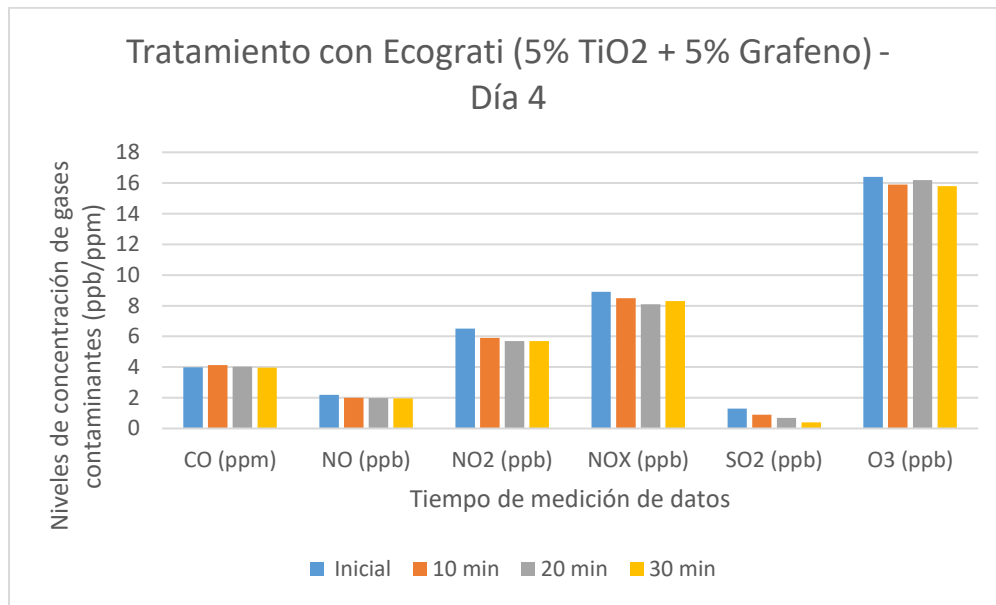
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 10% de concentración.

**Tabla 22.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”.

Día 4	Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% grafeno)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	3.98	4.13	4.02	3.97
NO (ppb)	2.2	2	1.9	1.9
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.5	5.9	5.7	5.7
NO <sub>x</sub> (ppb)	8.9	8.5	8.1	8.3
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.3	0.9	0.7	0.4
O <sub>3</sub> (ppb)	16.4	15.9	16.2	15.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°22 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (3.98 ppm), NO (2.2 ppb), NO<sub>2</sub> (6.5 ppb), NO<sub>x</sub> (8.9 ppb), SO<sub>2</sub> (1.3 ppb) y O<sub>3</sub> (16.4 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.97 ppm), NO (1.96 ppb), NO<sub>2</sub> (5.7 ppb), NO<sub>x</sub> (8.3 ppb), SO<sub>2</sub> (0.4 ppb) y O<sub>3</sub> (15.8 ppb).



*Figura 22.* Tratamiento con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 4.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno).

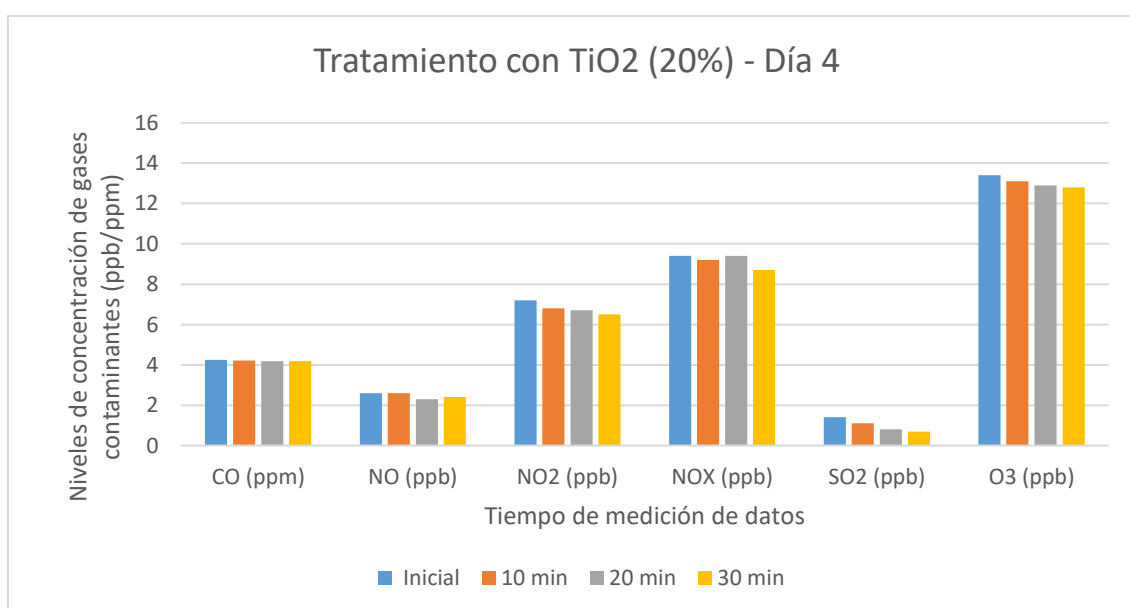


**Tabla 23.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración”.

Día 4	Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.25	4.21	4.19	4.18
NO (ppb)	2.6	2.6	2.3	2.4
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.2	6.8	6.7	6.5
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.4	9.2	9.4	8.7
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	1.1	0.8	0.7
O <sub>3</sub> (ppb)	13.4	13.1	12.9	12.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°23 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.25 ppm), NO (2.6 ppb), NO<sub>2</sub> (7.2 ppb), NO<sub>x</sub> (9.4 ppb), SO<sub>2</sub> (1.4 ppb) y O<sub>3</sub> (13.4 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con TiO<sub>2</sub> (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.18 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (6.5 ppb), NO<sub>x</sub> (8.7 ppb), SO<sub>2</sub> (0.7 ppb) y O<sub>3</sub> (12.8 ppb).



**Figura 23.** Tratamiento con TiO<sub>2</sub> (20%) - Día 4.

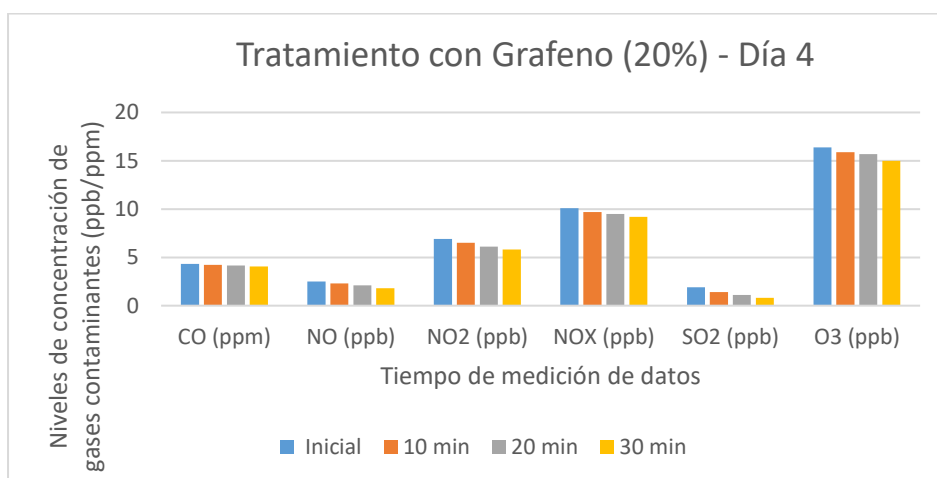
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con dióxido de titanio al 20%.

**Tabla 24.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

Día 4	Tratamiento con grafeno (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.31	4.21	4.16	4.07
NO (ppb)	2.5	2.3	2.1	1.8
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.9	6.5	6.1	5.8
NO <sub>x</sub> (ppb)	10.1	9.7	9.5	9.2
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.9	1.4	1.1	0.8
O <sub>3</sub> (ppb)	16.4	15.9	15.7	15

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°24 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.31 ppm), NO (2.5 ppb), NO<sub>2</sub> (6.9 ppb), NO<sub>x</sub> (10.1 ppb), SO<sub>2</sub> (1.9 ppb) y O<sub>3</sub> (16.4 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.07 ppm), NO (1.8 ppb), NO<sub>2</sub> (5.8 ppb), NO<sub>x</sub> (9.2 ppb), SO<sub>2</sub> (0.8 ppb) y O<sub>3</sub> (15.0 ppb).



**Figura 24.** Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 4.

En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 20%.

**Tabla 25.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

Día 4	Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% grafeno)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.16	4.11	3.98	3.87
NO (ppb)	2.4	2.1	1.8	1.9
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.4	6.2	5.9	5.9
NO <sub>x</sub> (ppb)	9.5	9.3	9.1	8.9
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	0.9	0.4	0.5
O <sub>3</sub> (ppb)	14.3	14.1	14.6	14.1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°25 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.16 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (6.4 ppb), NO<sub>x</sub> (9.5 ppb), SO<sub>2</sub> (1.4 ppb) y O<sub>3</sub> (14.3 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.87 ppm), NO (1.9 ppb), NO<sub>2</sub> (5.9 ppb), NO<sub>x</sub> (8.9 ppb), SO<sub>2</sub> (0.5 ppb) y O<sub>3</sub> (14.1 ppb).

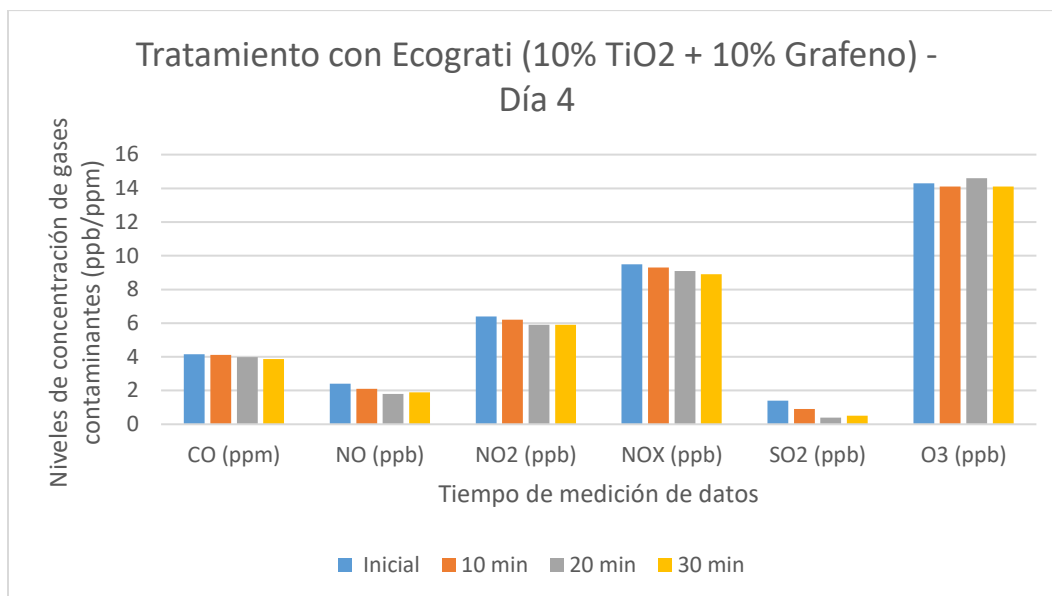


Figura 25. Tratamiento con Ecograti (10%  $TiO_2$  + 10% Grafeno) - Día 4.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Ecograti (10%  $TiO_2$  + 10% grafeno).

El día jueves 29 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 26.** Tratamiento con la “pintura con  $TiO_2$  al 10% de concentración”.

Día 5	Tratamiento con $TiO_2$ (10%)			
	Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min
CO (ppm)	4.13	4.09	4.05	3.98
NO (ppb)	1.8	1.7	1.6	1.7
NO2 (ppb)	5.8	5.6	5.7	5.4
NOX (ppb)	7.6	7.4	7.2	7.1
SO2 (ppb)	1.3	0.9	0.7	0.6
O3 (ppb)	15	14.7	15.2	14.2

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°26 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.13 ppm), NO (1.8 ppb), NO<sub>2</sub> (5.8 ppb), NO<sub>x</sub> (7.6 ppb), SO<sub>2</sub> (1.3 ppb) y O<sub>3</sub> (15.0 ppb); para luego de aplicar el

tratamiento de pintura con  $\text{TiO}_2$  (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.98 ppm), NO (1.7 ppb),  $\text{NO}_2$  (5.4 ppb),  $\text{NO}_x$  (7.1 ppb),  $\text{SO}_2$  (0.6 ppb) y  $\text{O}_3$  (14.2 ppb).

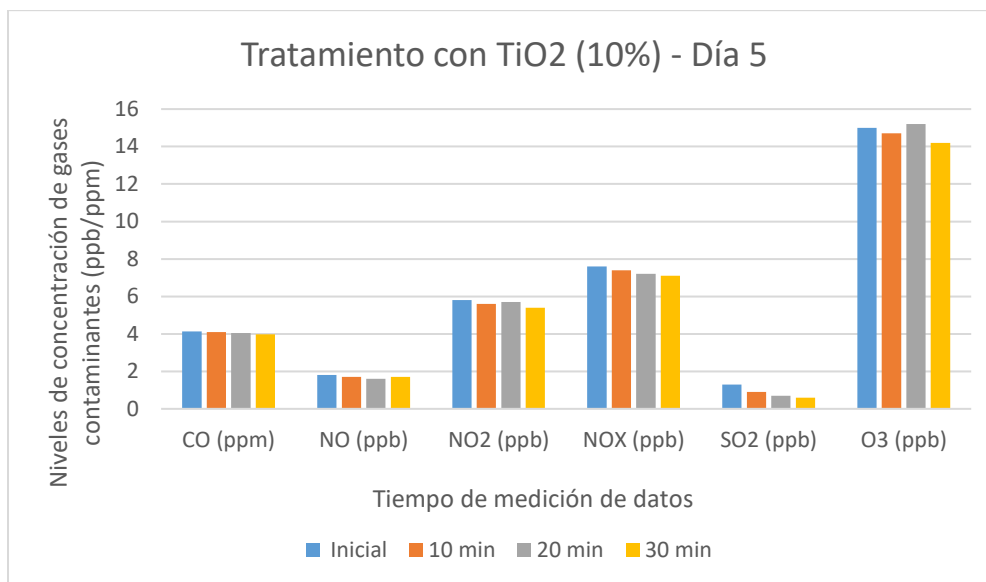


Figura 26. Tratamiento con  $\text{TiO}_2$  (10%) - Día 5.

Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_3$  en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Dióxido de titanio al 10% de concentración.

Tabla 27. Tratamiento con la "pintura con grafeno al 10% de concentración".

Día 5	Tratamiento con grafeno (10%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.29	4.18	4.13	3.92
NO (ppb)	2.1	1.9	1.7	1.6
$\text{NO}_2$ (ppb)	5.7	5.4	5.1	5.2
$\text{NO}_x$ (ppb)	8.6	8.3	8.2	7.9
$\text{SO}_2$ (ppb)	1.2	0.8	0.6	0.4
$\text{O}_3$ (ppb)	14.3	13.9	13.5	12.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°27 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.29 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (5.7 ppb), NO<sub>x</sub> (8.6 ppb), SO<sub>2</sub> (1.2 ppb) y O<sub>3</sub> (14.3 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (10%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.92 ppm), NO (1.6 ppb), NO<sub>2</sub> (5.2 ppb), NO<sub>x</sub> (7.9 ppb), SO<sub>2</sub> (0.4 ppb) y O<sub>3</sub> (12.8 ppb).

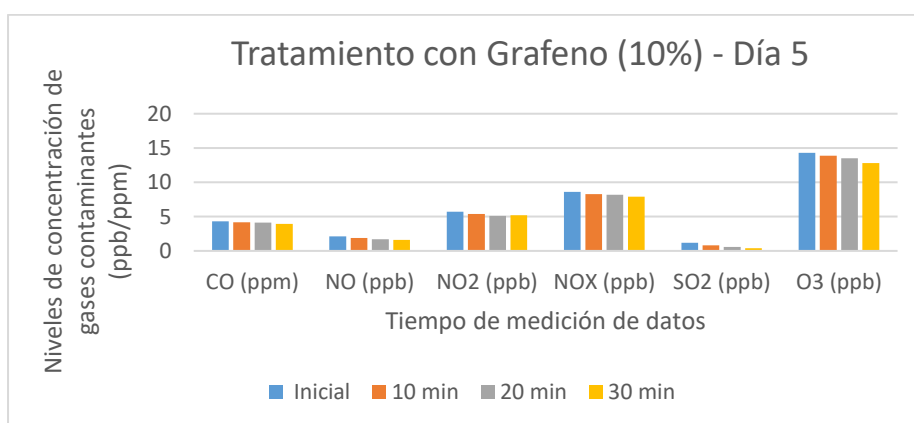


Figura 27. Tratamiento con Grafeno (10%) - Día 5.

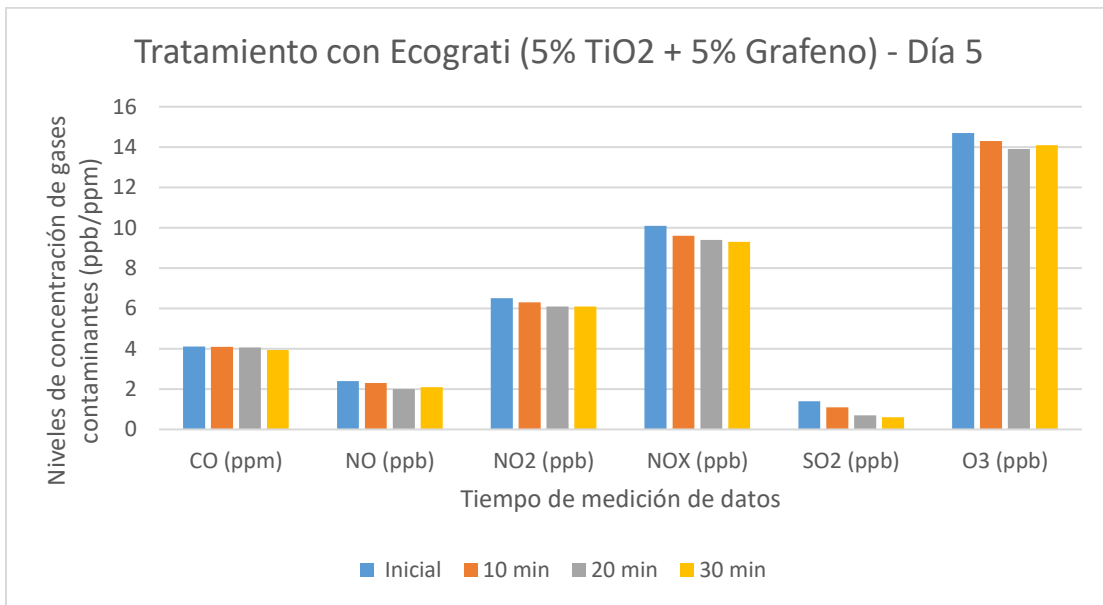
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 10% de concentración.

**Tabla 28.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”:

Día 5	Tratamiento con Ecograti (5% TiO <sub>2</sub> + 5% grafeno)			
	Inicial	10 min	20 min	30 min
Concentración de gases contaminantes				
CO (ppm)	4.11	4.1	4.06	3.94
NO (ppb)	2.4	2.3	2	2.1
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.5	6.3	6.1	6.1
NO <sub>x</sub> (ppb)	10.1	9.6	9.4	9.3
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	1.1	0.7	0.6
O <sub>3</sub> (ppb)	14.7	14.3	13.9	14.1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°28 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.11 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (6.5 ppb), NO<sub>x</sub> (10.1 ppb), SO<sub>2</sub> (1.4 ppb) y O<sub>3</sub> (14.7 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (3.94 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (6.1 ppb), NO<sub>x</sub> (9.3 ppb), SO<sub>2</sub> (0.6 ppb) y O<sub>3</sub> (14.1 ppb).



*Figura 28.* Tratamiento con Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% Grafeno) - Día 5.

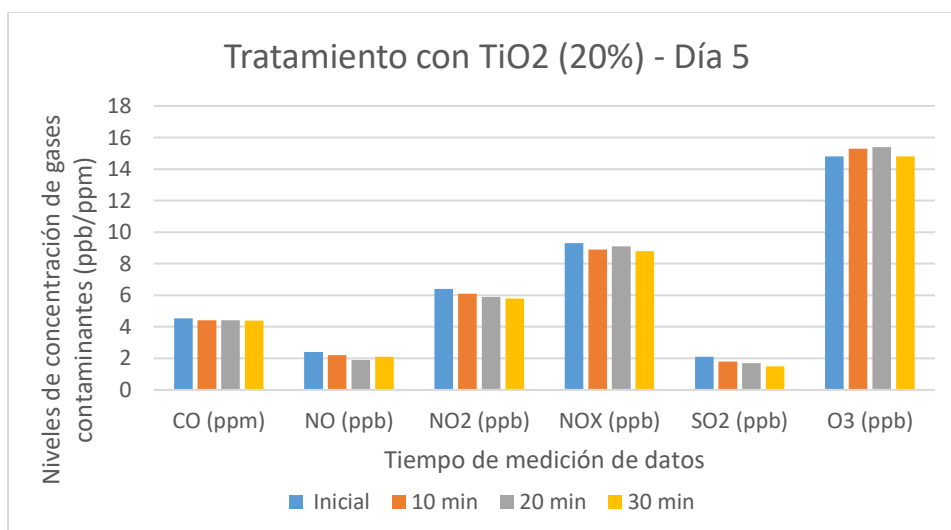
Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura Ecograti (5% TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno).

**Tabla 29.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración”.

Día 5	Tratamiento con TiO <sub>2</sub> (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.53	4.42	4.42	4.39
NO (ppb)	2.4	2.2	1.9	2.1
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.4	6.1	5.9	5.8
NO <sub>X</sub> (ppb)	9.3	8.9	9.1	8.8
SO <sub>2</sub> (ppb)	2.1	1.8	1.7	1.5
O <sub>3</sub> (ppb)	14.8	15.3	15.4	14.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°29 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.53 ppm), NO (2.4 ppb), NO<sub>2</sub> (6.4 ppb), NO<sub>x</sub> (9.3 ppb), SO<sub>2</sub> (2.1 ppb) y O<sub>3</sub> (14.8 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con TiO<sub>2</sub> (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.39 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (5.8 ppb), NO<sub>x</sub> (8.8 ppb), SO<sub>2</sub> (1.5 ppb) y O<sub>3</sub> (14.8 ppb).



*Figura 29.* Tratamiento con TiO<sub>2</sub> (20%) - Día 5.



Se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con dióxido de titanio al 20%.

**Tabla 30.** *Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.*

Día 5	Tratamiento con grafeno (20%)			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.45	4.39	4.26	4.11
NO (ppb)	2.3	2.1	1.9	1.8
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.1	5.9	5.9	5.6
NO <sub>x</sub> (ppb)	8.9	8.4	8.6	8.2
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.2	0.8	0.5	0.2
O <sub>3</sub> (ppb)	14.8	12.8	13.7	14.4

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°30 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.45 ppm), NO (2.3 ppb), NO<sub>2</sub> (6.1 ppb), NO<sub>x</sub> (8.9 ppb), SO<sub>2</sub> (1.2 ppb) y O<sub>3</sub> (14.8 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con grafeno (20%), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.11 ppm), NO (1.8 ppb), NO<sub>2</sub> (5.6 ppb), NO<sub>x</sub> (8.2 ppb), SO<sub>2</sub> (0.2 ppb) y O<sub>3</sub> (14.4 ppb).

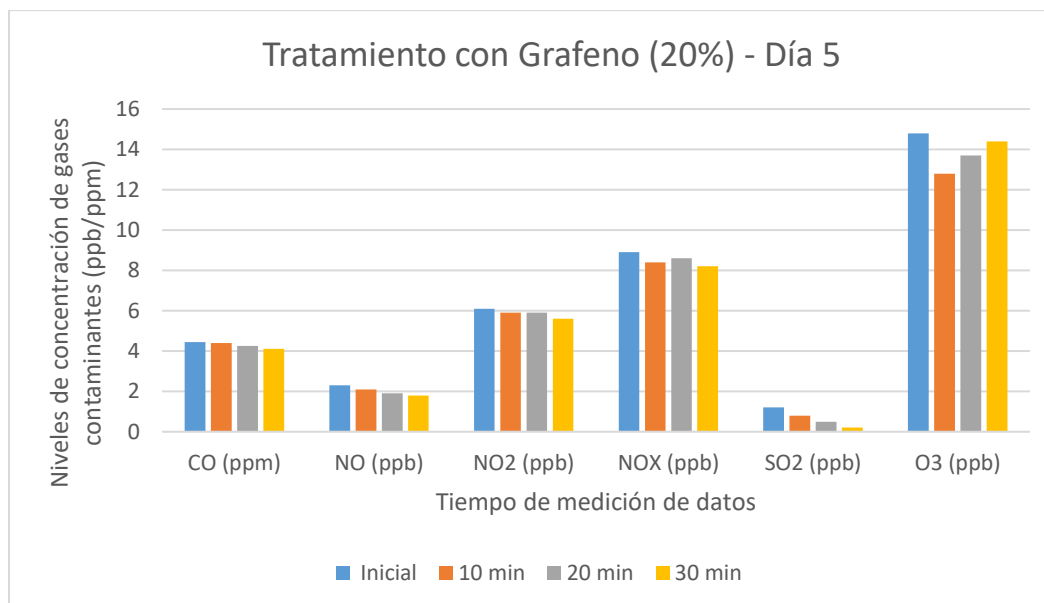


Figura 30. Tratamiento con Grafeno (20%) - Día 5.

En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con grafeno al 20%.

Tabla 31. Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

Día 5	Tratamiento con Ecograti (10% TiO <sub>2</sub> + 10% grafeno)			
	Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min
CO (ppm)	4.15	4.11	4.06	4.04
NO (ppb)	2.1	1.9	1.8	1.6
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.9	5.4	5.2	5.2
NO <sub>x</sub> (ppb)	8.5	8.3	7.9	8.1
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	0.8	0.5	0.7
O <sub>3</sub> (ppb)	14.5	14.1	15.6	14.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla N°31 se muestran los valores iniciales (pretratamiento) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.15 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (5.9 ppb), NO<sub>x</sub> (8.5 ppb), SO<sub>2</sub> (1.4 ppb) y O<sub>3</sub> (14.5 ppb); para luego de aplicar el tratamiento de pintura con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno), se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con

intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.04 ppm), NO (1.6 ppb), NO<sub>2</sub> (5.2 ppb), NO<sub>x</sub> (8.1 ppb), SO<sub>2</sub> (0.7 ppb) y O<sub>3</sub> (14.8 ppb).

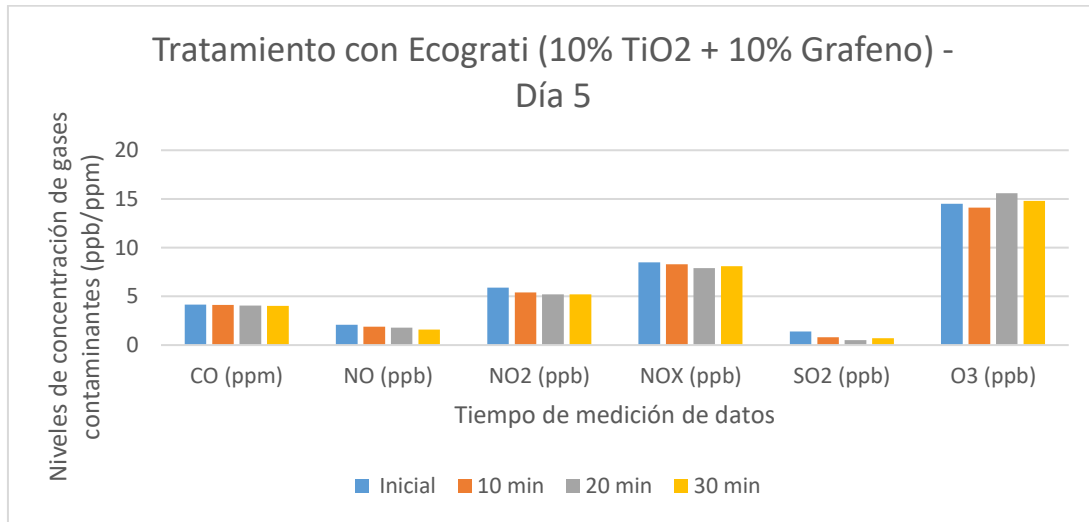


Figura 31. Tratamiento con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% Grafeno) - Día 5.

En el gráfico se muestran los valores de niveles de concentraciones de los gases contaminantes en estudio tales como CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los diferentes tiempos de la toma de muestras, durante el tratamiento con la pintura solo con Ecograti (10% TiO<sub>2</sub> + 10% grafeno).

### 3.2. Determinación del porcentaje de eficiencia para cada tratamiento

De los valores obtenidos en cada día de los monitoreos, se determinó el porcentaje de reducción de cada gas contaminante con cada uno de los diferentes tratamientos realizados respectivamente.

Para determinar la eficiencia de reducción de los gases se realizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ef.} = \frac{(\text{inicial} - \text{final})}{\text{inicial}} * 100$$

Dónde:

- %Ef. = eficiencia, porcentaje de eficacia de reducción del gas contaminante.
- Inicial = valor inicial de concentración del gas contaminante previo al tratamiento.
- Final = valor de concentración luego de aplicar el tratamiento por 30 minutos.

El día sábado 24 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 32.** *Tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> (10%).*

DÍA 1	TiO <sub>2</sub> (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.13	4.04	2.18
NO (ppb)	2.4	1.8	25.00
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.8	5.6	3.45
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.2	7.6	7.32
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	1.2	25.00
O <sub>3</sub> (ppb)	17.1	15	12.28

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 10% durante el primer día de monitoreo. Se puede observar que en el SO<sub>2</sub> y NO hubo una reducción de gases de 25% de eficiencia.

**Tabla 33.** *Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.*

DÍA 1	GRAFENO (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.18	4.01	4.07
NO (ppb)	2.6	2.3	11.54
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.8	7.1	8.97
NO <sub>X</sub> (ppb)	10.2	9.7	4.90
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.8	0.4	77.78
O <sub>3</sub> (ppb)	15.1	14.2	5.96

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 10% durante el primer día de monitoreo. En este tratamiento el SO<sub>2</sub> tiene una eficiencia de 77.78 de reducción.

**Tabla 34.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 1	ECOGRATI (5% TiO <sub>2</sub> + 5% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.11	3.98	3.16
NO (ppb)	2.5	1.9	24.00
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.9	6.4	7.25
NO <sub>X</sub> (ppb)	9.6	8.8	8.33
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	0.7	50.00
O <sub>3</sub> (ppb)	16.2	15.1	6.79

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub> durante el primer día de monitoreo, donde el SO<sub>2</sub> tiene un 50% de eficiencia.

**Tabla 35.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración”.

DÍA 1	TiO <sub>2</sub> (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.15	4.02	3.13
NO (ppb)	2.1	1.7	19.05
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.5	7.2	4.00
NO <sub>X</sub> (ppb)	10.4	9.9	4.81
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.5	0.4	73.33
O <sub>3</sub> (ppb)	15.4	14.7	4.55

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 20% durante el primer día de monitoreo, siendo con más eficiencia en su reducción en SO<sub>2</sub> con un 73.33%

**Tabla 36.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

DÍA 1	GRAFENO (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.19	4.06	3.10
NO (ppb)	1.9	1.4	26.32
NO2 (ppb)	6.9	6.3	8.70
NOX (ppb)	9.2	8.6	6.52
SO2 (ppb)	1.1	0.5	54.55
O3 (ppb)	15.6	15.1	3.21

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 20% durante el primer día de monitoreo. Obteniendo un 54.55% con mayor eficiencia en el gas de SO<sub>2</sub>.

**Tabla 37.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 1	ECOGRATI (10% TiO <sub>2</sub> + 10% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.12	3.97	3.64
NO (ppb)	2.2	1.9	13.64
NO2 (ppb)	7.5	6.5	13.33
NOX (ppb)	8.7	8.2	5.75
SO2 (ppb)	1.2	0.4	66.67
O3 (ppb)	15.4	14.6	5.19

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada con 10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno; durante el primer día de monitoreo. El SO<sub>2</sub> es el gas con más reducción obteniendo una eficiencia de 66.67%.

El día lunes 26 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 38.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 10% de concentración”.

DÍA 2	TiO <sub>2</sub> (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.21	4.11	2.38
NO (ppb)	2.7	2.2	18.52
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.6	5.2	7.14
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.3	7.8	6.02
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.7	1.4	17.65
O <sub>3</sub> (ppb)	16.8	16.4	2.38

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 10% durante el segundo día de monitoreo. El NO es el gas que más se ha reducido en este presente tratamiento siendo de 18.52%.

**Tabla 39.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.

DÍA 2	GRAFENO (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.19	4.15	0.95
NO (ppb)	2.6	2.3	11.54
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.5	5.1	7.27
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.4	7.9	5.95
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.7	1.1	35.29
O <sub>3</sub> (ppb)	15.8	14.9	5.70

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 10% durante el segundo día de monitoreo. Cuyo gas de SO<sub>2</sub> obtiene la mayor eficiencia de reducción con un 35.29%.

**Tabla 40.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 2	ECOGRATI (5% TiO <sub>2</sub> + 5% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.24	4.16	1.89
NO (ppb)	2.9	2.5	13.79
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.7	5.7	0.00
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.8	8.5	3.41
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.5	0.8	46.67
O <sub>3</sub> (ppb)	15.7	14.8	5.73

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub> durante el segundo día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 46.67% siendo el SO<sub>2</sub> en la Tabla 40-.

**Tabla 41.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración”.

DÍA 2	TiO <sub>2</sub> (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.28	4.21	1.64
NO (ppb)	2.5	2.1	16.00
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.8	7.5	3.85
NO <sub>X</sub> (ppb)	9.9	9.5	4.04
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	0.8	42.86
O <sub>3</sub> (ppb)	14.8	14.7	0.68

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 20% durante el segundo día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 42.86%, siendo el SO<sub>2</sub>.



**Tabla 42.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

DÍA 2	GRAFENO (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.22	4.06	3.79
NO (ppb)	2.4	2.4	0.00
NO2 (ppb)	7.1	6.5	8.45
NOX (ppb)	9.3	8.9	4.30
SO2 (ppb)	1.6	0.6	62.50
O3 (ppb)	15.6	14.9	4.49

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 20% durante el segundo día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 62.50%, siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 43.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 2	ECOGRATI (10% TiO <sub>2</sub> + 10% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.35	4.11	5.52
NO (ppb)	2.5	2.3	8.00
NO2 (ppb)	7.5	7.3	2.67
NOX (ppb)	9.2	8.9	3.26
SO2 (ppb)	1.3	0.4	69.23
O3 (ppb)	16.4	15.7	4.27

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub> durante el segundo día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 69.23% siendo el SO<sub>2</sub>.

El día martes 27 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 44.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 10% de concentración”.

DÍA 3	TiO <sub>2</sub> (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.02	3.97	1.24
NO (ppb)	3.7	3.2	13.51
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.7	6.3	5.97
NOX (ppb)	10.4	9.9	4.81
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.5	0.3	80.00
O <sub>3</sub> (ppb)	10.6	10.1	4.72

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 10% durante el tercer día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 80% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 45.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.

DÍA 3	GRAFENO (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.25	4.09	3.76
NO (ppb)	3.6	3.1	13.89
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	6.5	8.45
NOX (ppb)	10.5	10.1	3.81
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	0.5	68.75
O <sub>3</sub> (ppb)	12.5	12.3	1.60

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 10% durante el tercer día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 68.75% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 46.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 3	ECOGRATI (5% TiO <sub>2</sub> + 5% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.21	4.17	0.95
NO (ppb)	2.9	2.6	10.34
NO <sub>2</sub> (ppb)	8.2	7.9	3.66
NO <sub>X</sub> (ppb)	9.7	9.4	3.09
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.3	0.5	61.54
O <sub>3</sub> (ppb)	14.5	13.9	4.14

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub> durante el tercer día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 61.54% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 47.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración”.

DÍA 3	TiO <sub>2</sub> (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.25	4.16	2.12
NO (ppb)	2.9	2.4	17.24
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	6.6	7.04
NO <sub>X</sub> (ppb)	11.1	10.5	5.41
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	0.6	62.50
O <sub>3</sub> (ppb)	13.5	12.9	4.44

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 20% durante el tercer día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 62.50% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 48.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

DÍA 3	GRAFENO (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.35	4.16	4.37
NO (ppb)	2.9	2.2	24.14
NO <sub>2</sub> (ppb)	8.1	7.7	4.94
NOX (ppb)	10.8	10.1	6.48
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.3	0.4	69.23
O <sub>3</sub> (ppb)	15.3	15.2	0.65

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 20% durante el tercer día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 69.23% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 49.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 3	ECOGRATI (10% TiO <sub>2</sub> + 10% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.15	4.11	0.96
NO (ppb)	2.4	2	16.67
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.8	7.6	2.56
NOX (ppb)	9.8	9.5	3.06
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.1	0.6	45.45
O <sub>3</sub> (ppb)	13.8	13.5	2.17

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub> durante el tercer día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 45.45% siendo el SO<sub>2</sub>.

El día miércoles 28 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 50.** *Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 10% de concentración”.*

DÍA 4	TiO <sub>2</sub> (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.12	4.06	1.46
NO (ppb)	3.7	3.3	10.81
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.7	6.1	8.96
NO <sub>X</sub> (ppb)	10.4	9.6	7.69
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.9	1.1	42.11
O <sub>3</sub> (ppb)	8.9	9.5	-

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 10% durante el cuarto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 42.11% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 51.** *Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.*

DÍA 4	GRAFENO (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.17	3.99	4.32
NO (ppb)	2.9	2.5	13.79
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	6.6	7.04
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.7	8.4	3.45
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.6	1.1	31.25
O <sub>3</sub> (ppb)	14.7	13.9	5.44

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 10% durante el cuarto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 31.25% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 52.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 4	ECOGRATI (5% TiO <sub>2</sub> + 5% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	3.98	3.97	0.25
NO (ppb)	2.2	1.96	10.91
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.5	5.7	12.31
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.9	8.3	6.74
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.3	0.4	69.23
O <sub>3</sub> (ppb)	16.4	15.8	3.66

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub> durante el cuarto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 69.50% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 53.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración”.

DÍA 4	TiO <sub>2</sub> (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.25	4.18	1.65
NO (ppb)	2.6	2.4	7.69
NO <sub>2</sub> (ppb)	7.2	6.5	9.72
NO <sub>X</sub> (ppb)	9.4	8.7	7.45
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	0.7	50.00
O <sub>3</sub> (ppb)	13.4	12.8	4.48

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 20% durante el cuarto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 50% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 54.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

DÍA 4	GRAFENO (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.31	4.07	5.57
NO (ppb)	2.5	1.8	28.00
NO2 (ppb)	6.9	5.8	15.94
NOX (ppb)	10.1	9.2	8.91
SO2 (ppb)	1.9	0.8	57.89
O3 (ppb)	16.4	15	8.54

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 20% durante el cuarto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 57.89% siendo el SO2.

**Tabla 55.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 4	ECOGRATI (10% TiO <sub>2</sub> + 10% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.16	3.87	6.97
NO (ppb)	2.4	1.9	20.83
NO2 (ppb)	6.4	5.9	7.81
NOX (ppb)	9.5	8.9	6.32
SO2 (ppb)	1.4	0.5	64.29
O3 (ppb)	14.3	14.1	1.40

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub> durante el cuarto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 64.29% siendo el SO2.

El día jueves 29 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 56.** *Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 10% de concentración”.*

DÍA 5	TiO <sub>2</sub> (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.13	3.98	3.63
NO (ppb)	1.8	1.7	5.56
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.8	5.4	6.90
NO <sub>X</sub> (ppb)	7.6	7.1	6.58
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.3	0.6	53.85
O <sub>3</sub> (ppb)	15	14.2	5.33

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 10% durante el quinto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 53.85% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 57.** *Tratamiento con la “pintura con grafeno al 10% de concentración”.*

DÍA 5	GRAFENO (10%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.29	3.92	8.62
NO (ppb)	2.1	1.6	23.81
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.7	5.2	8.77
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.6	7.9	8.14
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.2	0.4	66.67
O <sub>3</sub> (ppb)	14.3	12.8	10.49

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 10% durante el quinto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 66.67% siendo el SO<sub>2</sub>.



**Tabla 58.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 5	ECOGRATI (5% TiO <sub>2</sub> + 5% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.11	3.94	4.14
NO (ppb)	2.4	2.1	12.50
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.5	6.1	6.15
NO <sub>X</sub> (ppb)	10.1	9.3	7.92
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.4	0.6	57.14
O <sub>3</sub> (ppb)	14.7	14.1	4.08

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 5% de grafeno + 5% de TiO<sub>2</sub> durante el quinto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 57.14% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 59.** Tratamiento con la “pintura con TiO<sub>2</sub> al 20% de concentración”.

DÍA 5	TiO <sub>2</sub> (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.53	4.39	3.09
NO (ppb)	2.4	2.1	12.50
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.4	5.8	9.38
NO <sub>X</sub> (ppb)	9.3	8.8	5.38
SO <sub>2</sub> (ppb)	2.1	1.5	28.57
O <sub>3</sub> (ppb)	14.8	14.8	0.00

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura de TiO<sub>2</sub> concentrado al 20% durante el quinto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 28.57% siendo el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 60.** Tratamiento con la “pintura con grafeno al 20% de concentración”.

DÍA 5	GRAFENO (20%)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.45	4.11	7.64
NO (ppb)	2.3	1.8	21.74
NO2 (ppb)	6.1	5.6	8.20
NOX (ppb)	8.9	8.2	7.87
SO2 (ppb)	1.2	0.2	83.33
O3 (ppb)	14.8	14.4	2.70

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura con grafeno concentrado al 20% durante el quinto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 83.33% siendo el SO2.

**Tabla 61.** Tratamiento con la “pintura con Ecograti (10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub>)”.

DÍA 5	ECOGRATI (10% TiO <sub>2</sub> + 10% GRAFENO)		
GASES	INICIAL	FINAL	EFICIENCIA (%)
CO (ppm)	4.15	4.04	2.65
NO (ppb)	2.1	1.6	23.81
NO2 (ppb)	5.9	5.2	11.86
NOX (ppb)	8.5	8.1	4.71
SO2 (ppb)	1.4	0.7	50.00
O3 (ppb)	14.5	14.8	-

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el porcentaje de eficiencia en la reducción de cada gas contaminante, durante el tratamiento con la pintura Ecograti concentrada al 10% de grafeno + 10% de TiO<sub>2</sub> durante el quinto día de monitoreo. La eficiencia de mayor reducción de gas es de 50% siendo el SO2.

### 3.1. Análisis de eficiencia en cada día de monitoreo

Luego de obtener los valores de eficacia durante cada tratamiento para cada una de las

diferentes concentraciones de gases contaminantes, se analizó cuál fue el mejor tratamiento para la reducción de los gases; por cada día monitoreado.

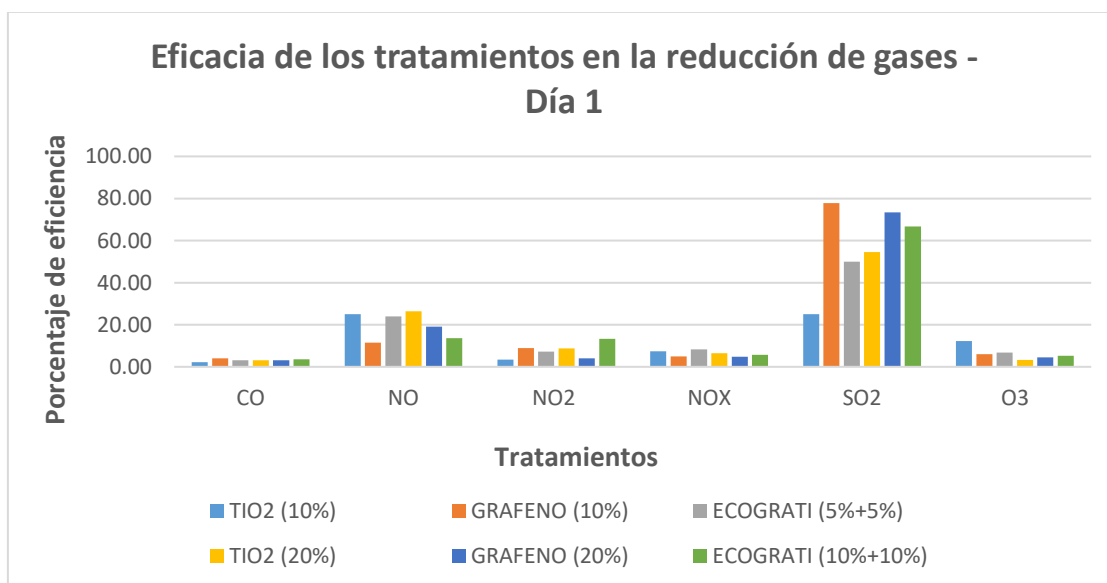
El día sábado 24 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 62.** Eficiencia (%) en el día 1.

TABLA DE EFICIENCIA (%) EN EL DÍA 1						
TRATAMIENTOS	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3
TiO <sub>2</sub> (10%)	2.18	25.00	3.45	7.32	25.00	12.28
GRAFENO (10%)	4.07	11.54	8.97	4.90	77.78	5.96
ECOGRATI (5%+5%)	3.16	24.00	7.25	8.33	50.00	6.79
TiO <sub>2</sub> (20%)	3.10	26.32	8.70	6.52	54.55	3.21
GRAFENO (20%)	3.13	19.05	4.00	4.81	73.33	4.55
ECOGRATI (10%+10%)	3.64	13.64	13.33	5.75	66.67	5.19

Fuente: elaboración propia.

Se muestran los valores obtenidos de la eficiencia de cada tratamiento realizado, en cuanto a la reducción de la concentración de los gases contaminantes estudiados (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), durante el primer día de monitoreo. Se puede observar que el tratamiento más eficiente es el grafeno (10%) con un 77.78% en reducción del SO<sub>2</sub>.



*Figura 32.* Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 1.

Se observa, el porcentaje de eficiencia de cada uno de los tratamientos para cada gas contaminante monitoreado durante el día 24 de noviembre del 2018, en la cual se observa

que los tratamientos tuvieron mejores resultados con el gas Dióxido y Monóxido de Nitrógeno. En la figura

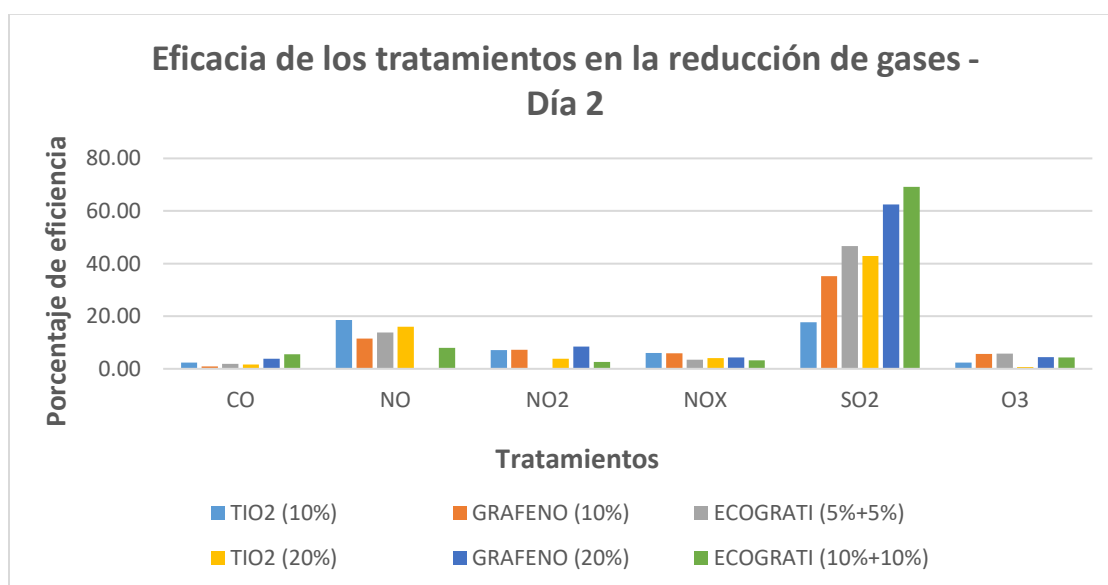
El día lunes 26 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 63.** Eficiencia (%) en el día 2.

TABLA DE EFICIENCIA (%) EN EL DÍA 2						
TRATAMIENTOS	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3
TiO <sub>2</sub> (10%)	2.38	18.52	7.14	6.02	17.65	2.38
GRAFENO (10%)	0.95	11.54	7.27	5.95	35.29	5.70
ECOGRATI (5%+5%)	1.89	13.79	0.00	3.41	46.67	5.73
TiO <sub>2</sub> (20%)	1.64	16.00	3.85	4.04	42.86	0.68
GRAFENO (20%)	3.79	0.00	8.45	4.30	62.50	4.49
ECOGRATI (10%+10%)	5.52	8.00	2.67	3.26	69.23	4.27

Fuente: elaboración propia.

Se muestran los valores obtenidos de la eficiencia de cada tratamiento realizado, en cuanto a la reducción de la concentración de los gases contaminantes estudiados (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), durante el segundo día de monitoreo. Se puede observar que el tratamiento más eficiente es el EcoGrati (10% + 10%) con un 69.23% en reducción del SO<sub>2</sub>.



**Figura 33.** Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 2.

Se observa en el presente gráfico, el porcentaje de eficiencia de cada uno de los tratamientos para cada gas contaminante monitoreado durante el día 26 de noviembre del 2018, en la cual

se observa que los tratamientos tuvieron mejores resultados con el gas Dióxido de azufre y Monóxido de Nitrógeno.

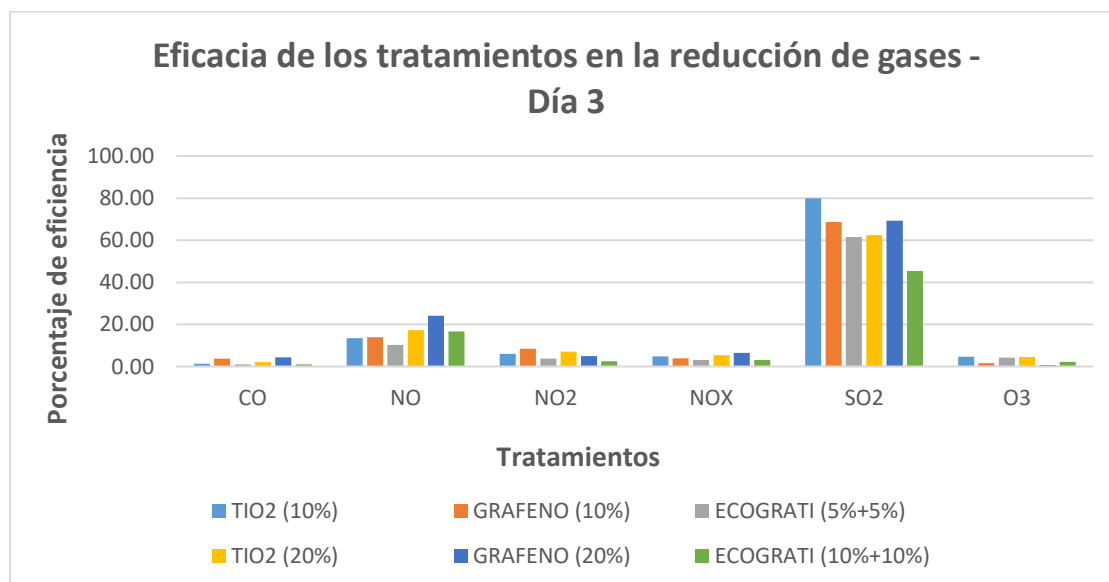
- El día martes 27 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 64.** Eficiencia (%) en el día 3.

TABLA DE EFICIENCIA (%) EN EL DÍA 3						
TRATAMIENTOS	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3
TiO <sub>2</sub> (10%)	1.24	13.51	5.97	4.81	80.00	4.72
GRAFENO (10%)	3.76	13.89	8.45	3.81	68.75	1.60
ECOGRATI (5%+5%)	0.95	10.34	3.66	3.09	61.54	4.14
TiO <sub>2</sub> (20%)	2.12	17.24	7.04	5.41	62.50	4.44
GRAFENO (20%)	4.37	24.14	4.94	6.48	69.23	0.65
ECOGRATI (10%+10%)	0.96	16.67	2.56	3.06	45.45	2.17

Fuente: elaboración propia.

Se muestran los valores obtenidos de la eficiencia de cada tratamiento realizado, en cuanto a la reducción de la concentración de los gases contaminantes estudiados (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), durante el tercer día de monitoreo. Se puede observar que el tratamiento más eficiente es el TiO<sub>2</sub> (10%) con un 80% en reducción del SO<sub>2</sub>.



*Figura 34.* Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 3.

Se observa en el presente gráfico, el porcentaje de eficiencia de cada uno de los tratamientos para cada gas contaminante monitoreado durante el día 27 de noviembre del 2018, en la cual

se observa que los tratamientos tuvieron mejores resultados con el gas Dióxido de azufre y Monóxido de Nitrógeno.

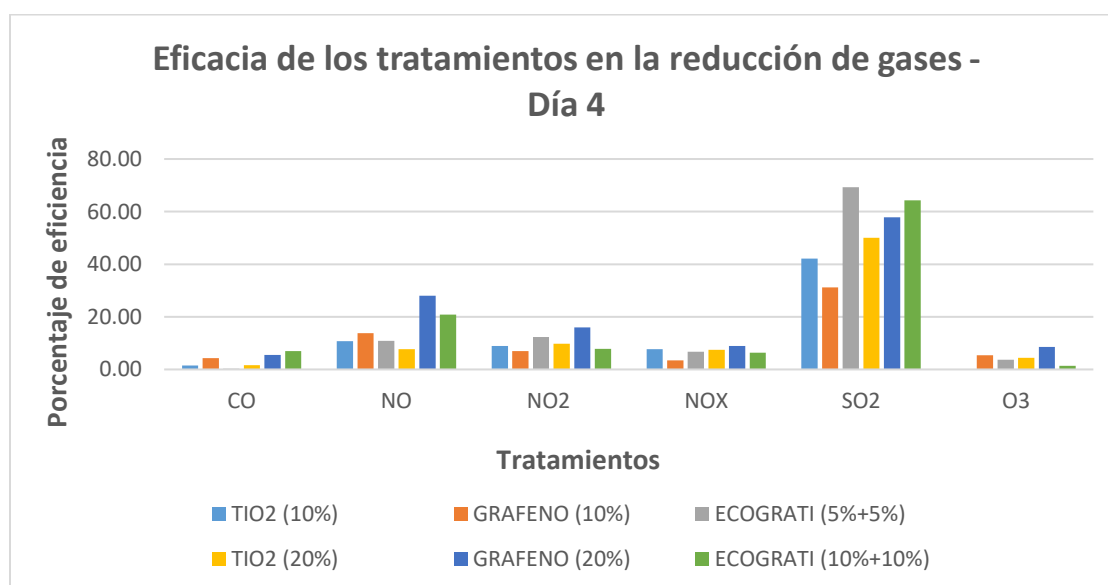
- El día miércoles 28 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 65.** Eficiencia en el día 4.

TABLA DE EFICIENCIA EN EL DÍA 4						
TRATAMIENTOS	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3
TiO <sub>2</sub> (10%)	1.46	10.81	8.96	7.69	42.11	6.17
GRAFENO (10%)	4.32	13.79	7.04	3.45	31.25	5.44
ECOGRATI (5%+5%)	0.25	10.91	12.31	6.74	69.23	3.66
TiO <sub>2</sub> (20%)	1.65	7.69	9.72	7.45	50.00	4.48
GRAFENO (20%)	5.57	28.00	15.94	8.91	57.89	8.54
ECOGRATI (10%+10%)	6.97	20.83	7.81	6.32	64.29	1.40

Fuente: elaboración propia.

Se muestran los valores obtenidos de la eficiencia de cada tratamiento realizado, en cuanto a la reducción de la concentración de los gases contaminantes estudiados (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), durante el cuarto día de monitoreo. Se puede observar que el tratamiento más eficiente es el Ecograti (5%+5%) con un 69.23% en reducción del SO<sub>2</sub>.



*Figura 35.* Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 4.

Se observa en el presente gráfico, el porcentaje de eficiencia de cada uno de los tratamientos para cada gas contaminante monitoreado durante el día 28 de noviembre del 2018, en la cual

se observa que los tratamientos tuvieron mejores resultados con el gas Dióxido de azufre y Monóxido de Nitrógeno.

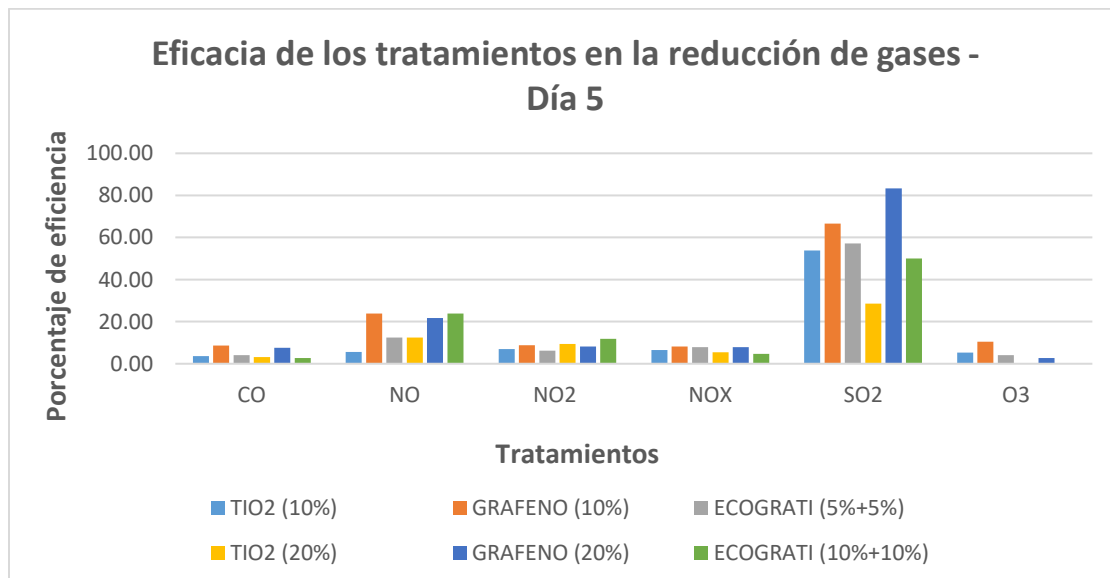
- El día jueves 29 de noviembre del 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 66.** Eficiencia en el día 5.

TABLA DE EFICIENCIA EN EL DÍA 5						
TRATAMIENTOS	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3
TiO <sub>2</sub> (10%)	3.63	5.56	6.90	6.58	53.85	5.33
GRAFENO (10%)	8.62	23.81	8.77	8.14	66.67	10.49
ECOGRATI (5%+5%)	4.14	12.50	6.15	7.92	57.14	4.08
TiO <sub>2</sub> (20%)	3.09	12.50	9.38	5.38	28.57	0.00
GRAFENO (20%)	7.64	21.74	8.20	7.87	83.33	2.70
ECOGRATI (10%+10%)	2.65	23.81	11.86	4.71	50.00	3.27

Fuente: elaboración propia.

Se muestran los valores obtenidos de la eficiencia de cada tratamiento realizado, en cuanto a la reducción de la concentración de los gases contaminantes estudiados (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), durante el quinto día de monitoreo. Se puede observar que el tratamiento más eficiente es el grafeno (20%) con un 50% en reducción del SO<sub>2</sub>.



**Figura 36.** Eficacia de los tratamientos en la reducción de gases - Día 5.

Se observa en el presente gráfico, el porcentaje de eficiencia de cada uno de los tratamientos

para cada gas contaminante monitoreado durante el día 29 de noviembre del 2018, en la cual se observa que los tratamientos tuvieron mejores resultados con el gas Dióxido de azufre y Monóxido de Nitrógeno.

### 3.3. Análisis general de la eficacia de los tratamientos durante los días de estudio y monitoreo

Después de haber finalizado toda la recolección de datos durante los 5 días monitoreos, empleando los 6 diferentes tipos de tratamientos, para reducir las diferentes concentraciones de los 6 gases contaminantes estudiados, se realizó la presente tabla (Tabla N°67) que muestran los valores de la eficacia (%) que los tratamientos realizaron a cada concentración de gases contaminantes diferentes; en cada uno de los días de estudio.

**Tabla 67.** *Tabla general de la eficacia de los tratamientos en los días de estudio.*

PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES - EFICIENCIA (%)							
TRATAMIENTOS	REPETICIONES (Días)	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3
TiO <sub>2</sub> (10%)	1	2.18	25.00	3.45	7.32	25.00	12.28
	2	2.38	18.52	7.14	6.02	17.65	2.38
	3	1.24	13.51	5.97	4.81	80.00	4.72
	4	1.46	10.81	8.96	7.69	42.11	6.17
	5	3.63	5.56	6.90	6.58	53.85	5.33
	<b>Promedio</b>	<b>2.18</b>	<b>14.68</b>	<b>6.48</b>	<b>6.48</b>	<b>43.72</b>	<b>6.18</b>
GRAFENO (10%)	1	4.07	11.54	8.97	4.90	77.78	5.96
	2	0.95	11.54	7.27	5.95	35.29	5.70
	3	3.76	13.89	8.45	3.81	68.75	1.60
	4	4.32	13.79	7.04	3.45	31.25	5.44
	5	8.62	23.81	8.77	8.14	66.67	10.49



	<b>Promedio</b>	<b>4.34</b>	<b>14.9</b>	<b>8.1</b>	<b>5.25</b>	<b>55.95</b>	<b>5.84</b>
ECOGRATI (5%+5%)	1	3.16	24.00	7.25	8.33	50.00	6.79
	2	1.89	13.79	0.00	3.41	46.67	5.73
	3	0.95	10.34	3.66	3.09	61.54	4.14
	4	0.25	10.91	12.31	6.74	69.23	3.66
	5	4.14	12.50	6.15	7.92	57.14	4.08
	<b>Promedio</b>	<b>2.08</b>	<b>14.31</b>	<b>5.87</b>	<b>5.9</b>	<b>56.92</b>	<b>4.88</b>
TiO <sub>2</sub> (20%)	1	3.10	26.32	8.70	6.52	54.55	3.21
	2	1.64	16.00	3.85	4.04	42.86	0.68
	3	2.12	17.24	7.04	5.41	62.50	4.44
	4	1.65	7.69	9.72	7.45	50.00	4.48
	5	3.09	12.50	9.38	5.38	28.57	0.00
	<b>Promedio</b>	<b>2.32</b>	<b>15.25</b>	<b>7.74</b>	<b>5.76</b>	<b>47.7</b>	<b>2.56</b>
GRAFENO (20%)	1	3.13	19.05	4.00	4.81	73.33	4.55
	2	3.79	0.00	8.45	4.30	62.50	4.49
	3	4.37	24.14	4.94	6.48	69.23	0.65
	4	5.57	28.00	15.94	8.91	57.89	8.54
	5	7.64	21.74	8.20	7.87	83.33	2.70
	<b>Promedio</b>	<b>4.9</b>	<b>18.59</b>	<b>8.31</b>	<b>6.47</b>	<b>69.26</b>	<b>4.19</b>
ECOGRATI (10%+10%)	1	3.64	13.64	13.33	5.75	66.67	5.19
	2	5.52	8.00	2.67	3.26	69.23	4.27
	3	0.96	16.67	2.56	3.06	45.45	2.17
	4	6.97	20.83	7.81	6.32	64.29	1.40
	5	2.65	23.81	11.86	4.71	50.00	3.27
	<b>Promedio</b>	<b>3.95</b>	<b>16.59</b>	<b>7.65</b>	<b>4.62</b>	<b>59.13</b>	<b>3.26</b>

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 67 se muestran los valores de eficiencia (%) de cada tratamiento, en cuanto a la reducción de los gases contaminantes (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), durante todos los días de monitoreo, donde cada día está detallado por los valores 1, 2, 3, 4, 5; que corresponden al primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día respectivamente. Donde se demuestra que los gases de SO<sub>2</sub> y NO han sido de mayor eficiencia en su reducción; siendo el mejor tratamiento para el primer gas el Grafeno (20%) con un 69.26% de eficiencia y en el segundo gas el mismo tratamiento con un 18.59% de eficiencia.

### 3.4. Recolección de datos durante el monitoreo con pintura común (sin tratamientos)

Se hicieron monitoreos evaluando una pintura común (sin añadir elementos fotocatalizadores), durante tres días en el Centro de Salud Materno Laura Rodríguez Dulanto en Comas, se obtuvieron los siguientes valores de concentraciones de los diferentes gases contaminantes (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) analizados por la Estación fija de Calidad de Aire, con los equipos automáticos de la marca Thermo Scientific modelos 42i (analizador de NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), 43i (analizador de SO<sub>2</sub>), 48i (analizador de CO), 49i (analizador de O<sub>3</sub>); donde se obtuvieron los siguientes resultados):

- El día miércoles 2 de enero del 2019, se instaló las láminas pintadas con la pintura común comercial, obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 68.** *Pintura común día 02/01/2019.*

<b>Día 02/01/2019</b>	<b>Pintura común</b>			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.25	4.27	4.26	4.26
NO (ppb)	2.3	2.2	2.2	2.1
NO <sub>2</sub> (ppb)	6.4	6.3	6.5	6.3
NO <sub>x</sub> (ppb)	7.8	7.7	7.8	7.9
SO <sub>2</sub> (ppb)	2.1	2.2	2.2	2.2
O <sub>3</sub> (ppb)	14.9	14.8	15.2	14.7

Fuente: elaboración propia.

En tabla se muestran los valores iniciales (antes de colocar las planchas pintadas con pintura

común) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.25 ppm), NO (2.3 ppb), NO<sub>2</sub> (6.4 ppb), NO<sub>x</sub> (7.8 ppb), SO<sub>2</sub> (2.1 ppb) y O<sub>3</sub> (14.9 ppb); se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.26 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (6.3 ppb), NO<sub>x</sub> (7.9 ppb), SO<sub>2</sub> (2.2 ppb) y O<sub>3</sub> (14.7 ppb).

- El día jueves 3 de enero del 2019, se instaló las láminas pintadas con la pintura común comercial, obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 69.** *Pintura común día 03/01/2019*

<b>Día 03/01/2019</b>	<b>Pintura común</b>			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.17	4.16	4.17	4.15
NO (ppb)	2.1	2.2	2.1	2.3
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.8	5.7	6.1	6.2
NO <sub>x</sub> (ppb)	6.9	7.4	7.2	7.1
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.8	1.6	1.7	1.7
O <sub>3</sub> (ppb)	13.8	14.1	14.2	14.1

Fuente: elaboración propia.

En tabla se muestran los valores iniciales (antes de colocar las planchas pintadas con pintura común) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.17 ppm), NO (2.1 ppb), NO<sub>2</sub> (5.8 ppb), NO<sub>x</sub> (6.9 ppb), SO<sub>2</sub> (1.8 ppb) y O<sub>3</sub> (13.8 ppb); se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.15 ppm), NO (2.3 ppb), NO<sub>2</sub> (6.2 ppb), NO<sub>x</sub> (7.1 ppb), SO<sub>2</sub> (1.7 ppb) y O<sub>3</sub> (14.1 ppb).

- El día viernes 4 de enero del 2019, se instaló las láminas pintadas con la pintura común comercial, obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 70.** *Pintura común día 04/01/2019.*

<b>Día 04/01/2019</b>	<b>Pintura común</b>			
Concentración de gases contaminantes	Inicial	10 min	20 min	30 min
CO (ppm)	4.01	3.98	3.98	4.08
NO (ppb)	3.2	3.3	2.9	3.1
NO <sub>2</sub> (ppb)	5.9	5.9	6.1	6.3
NO <sub>X</sub> (ppb)	8.1	8	7.8	8.2
SO <sub>2</sub> (ppb)	1.8	1.9	2.1	2.3
O <sub>3</sub> (ppb)	14.5	14.4	14.6	14.6

Fuente: elaboración propia.

En tabla se muestran los valores iniciales (antes de colocar las planchas pintadas con pintura común) de concentraciones de los seis (06) gases contaminantes en estudio, los cuales fueron CO (4.01 ppm), NO (3.2 ppb), NO<sub>2</sub> (5.9 ppb), NO<sub>X</sub> (8.1 ppb), SO<sub>2</sub> (1.8 ppb) y O<sub>3</sub> (14.5 ppb); se tomaron los valores obtenidos de las concentraciones de dichos gases en tres (03) tiempos diferentes con intervalos de 10 minutos, se consideró el análisis final al tiempo 3 (30 minutos), en donde los resultados fueron los siguientes: CO (4.08 ppm), NO (3.1 ppb), NO<sub>2</sub> (6.3 ppb), NO<sub>X</sub> (8.2 ppb), SO<sub>2</sub> (2.3 ppb) y O<sub>3</sub> (14.6 ppb).

## IV. CONTRANSTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 4.1. Prueba de normalidad de los datos de eficacia de los tratamientos realizados

- $H_0$ : Los datos siguen una distribución normal.
- $H_1$ : Los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 71.** Pruebas de normalidad.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CO	,138	28	,182	,939	28	,102
NO	,143	28	,150	,973	28	,669
NO2	,117	28	,200*	,965	28	,464
NOX	,081	28	,200*	,956	28	,278
SO2	,125	28	,200*	,956	28	,274
O3	,151	28	,102	,929	28	,057

Fuente: Realizado en el programa Spss

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se emplea Shapiro – Wilk ya que el valor de los datos es menor a 50.

- Valor  $p > \alpha$ : no se puede rechazar la  $H_0$ .

Si el valor  $p$  es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, los datos siguen una distribución normal.

### 4.2. Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecograti (5% de $TiO_2$ + 5% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con dióxido de titanio al 10%.

Se empleó a usar una prueba no paramétrica, ya que los datos son normales.

Se empleó la prueba T-Student, ya que se realizó la comparación entre dos muestras, y los datos de la población estudiada sigue una distribución normal.

- Para concentración de CO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 72. Prueba de muestras independientes de CO.**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
CO	Se asumen varianzas iguales	2,016	,193	,121	8	,907
	No se asumen varianzas iguales			,121	6,505	,907

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 73. Pruebas de muestras independientes de NO.**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)
NO	Se asumen varianzas iguales	,581	,468	,089	8	,931
	No se asumen varianzas iguales			,089	7,427	,931

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 74.** Prueba de muestras independientes de NO<sub>2</sub>.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)
NO <sub>2</sub>	Se asumen varianzas iguales	1,802	,216	,274	8	,791
	No se asumen varianzas iguales			,274	5,508	,794

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>x</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 75.** Pruebas de muestras independientes NO<sub>x</sub>.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
NO <sub>x</sub>	Se asumen varianzas iguales	8,242	,021	,479	8	,645
	No se asumen varianzas iguales			,479	5,602	,650

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de SO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 76.** Prueba de muestras independientes SO<sub>2</sub>.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
SO2	Se asumen varianzas iguales	3,342	,105	-1,120	8	,295
	No se asumen varianzas iguales			-1,120	5,045	,313

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de O<sub>3</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 77.** Prueba de muestras independientes O<sub>3</sub>.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
O3	Se asumen varianzas iguales	3,396	,108	,596	7	,570
	No se asumen varianzas iguales			,535	3,457	,625

Fuente: Realizado en el programa Spss



Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

**4.3.Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecograti (5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con grafeno al 10%.**

- Para concentración de CO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 78.** Prueba de muestras independientes de CO.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
CO	Se asumen varianzas iguales	,231	,644	1,596	8	,149
	No se asumen varianzas iguales			1,596	6,400	,158

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 79. Prueba de Muestras independientes de NO.**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
NO	Se asumen varianzas iguales	,022	,885	,179	8	,862
	No se asumen varianzas iguales			,179	7,936	,862

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 80. Prueba de muestras independientes de NO<sub>2</sub>.**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)
NO <sub>2</sub>	Se asumen varianzas iguales	3,998	,081	1,074	8	,314
	No se asumen varianzas iguales			1,074	4,303	,339

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>x</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 81.** Prueba de muestras independientes de NO<sub>x</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		Sig. (bilateral)
			F	Sig.	t	gl	
NO X	Se asumen varianzas iguales		1,474	,259	-,464	8	,655
	No se asumen varianzas iguales				-,464	7,460	,656

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de SO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 82.** Prueba de muestras independientes de SO<sub>2</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		Sig. (bilateral)
			F	Sig.	t	gl	
SO2	Se asumen varianzas iguales		10,744	,011	-,094	8	,927
	No se asumen varianzas iguales				-,094	5,408	,928

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de O<sub>3</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 83.** Prueba de muestras independientes de O<sub>3</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		Sig. (bilateral)
			F	Sig.	t	gl	
O3	Se asumen varianzas iguales		,577	,469	,626	8	,549
	No se asumen varianzas iguales				,626	5,374	,557

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

#### 4.4. Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecogradi (10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con dióxido de titanio al 20%.

- Para concentración de CO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 84.** Prueba de muestras independientes de CO.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
CO	Se asumen varianzas iguales	5,240	,051	-1,472	8	,179
	No se asumen varianzas iguales			-1,472	4,765	,204

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 85.** Prueba de muestras independientes de NO.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
NO	Se asumen varianzas iguales	,001	,979	-,155	8	,881
	No se asumen varianzas iguales			-,155	7,909	,881

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 86.** Prueba de muestras independientes de NO<sub>2</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)
NO <sub>2</sub>	Se asumen varianzas iguales		3,683	,091	,037	8	,971
	No se asumen varianzas iguales				,037	5,747	,972

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>x</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 87.** Prueba de muestras independientes de NO<sub>x</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
NO <sub>X</sub>	Se asumen varianzas iguales		,202	,665	1,311	8	,226
	No se asumen varianzas iguales				1,311	7,888	,227

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de SO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 88.** Prueba de muestras independientes de SO<sub>2</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)
SO2	Se asumen varianzas iguales		,018	,897	-1,530	8	,165
	No se asumen varianzas iguales				-1,530	7,740	,166

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de O<sub>3</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 89.** Prueba de muestras independientes de O<sub>3</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
O3	Se asumen varianzas iguales		,546	,484	-,527	7	,615
	No se asumen varianzas iguales				-,538	6,954	,607

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

**4.5. Comparación de eficiencia entre el tratamiento de pintura ecograti (10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno), con el tratamiento de pintura solo con grafeno al 20%.**

- Para concentración de CO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 90. Prueba de muestras independientes de CO.**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
CO	Se asumen varianzas iguales	,514	,494	,721	8	,492
	No se asumen varianzas iguales			,721	7,426	,493

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.



- Para concentración de NO:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 91.** Prueba de muestras independientes de NO.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		Sig. (bilateral)
		F	Sig.	t	gl	
NO	Se asumen varianzas iguales	,649	,444	,356	8	,731
	No se asumen varianzas iguales			,356	6,329	,733

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		Sig. (bilateral)
		F	Sig.	t	gl	
NO <sub>2</sub>	Se asumen varianzas iguales	,281	,611	,215	8	,835
	No se asumen varianzas iguales			,215	7,965	,835

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de

concentración de este contaminante.

- Para concentración de NO<sub>x</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 92.** Prueba de muestras independientes de NO<sub>x</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
NO X	Se asumen varianzas iguales		,516	,493	1,698	8	,128
	No se asumen varianzas iguales				1,698	7,378	,131

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de SO<sub>2</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 93.** Prueba de muestras independientes de SO<sub>2</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
SO2	Se asumen varianzas iguales		,418	,536	1,558	8	,158
	No se asumen varianzas iguales				1,558	7,951	,158

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

- Para concentración de O<sub>3</sub>:

Ho: Los valores son iguales.

**Tabla 94.** Prueba de muestras independientes de O<sub>3</sub>.

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)
O3	Se asumen varianzas iguales	,310	,595	,557	7	,595	
	No se asumen varianzas iguales			,590	6,655	,575	

Fuente: Realizado en el programa Spss

Conclusión: Se acepta ya hipótesis nula, ya que el  $p > 0.05$ .

Por lo tanto, se dice que no existe diferencia entre ambos tratamientos en la reducción de concentración de este contaminante.

## V. DISCUSIÓN

Al procesar los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes tratamientos (T): pintura con dióxido de titanio 10% ( $\text{TiO}_2$  10%) (T1), pintura solo con grafeno 10% (T2), en la pintura con Ecograti (5% grafeno +5% titanio) (T3), pintura con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$  20% ) (T4), pintura con grafeno 20 % y pintura con Ecograti (10% grafeno +10% titanio) (T5), se denota que cuando se aplican las diferentes dosis, todas logran una remoción considerable en los gases monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Todas las concentraciones de pinturas se asemejan en cuanto a su eficacia, y esto se debe a la poca cantidad que se realizó ya que, durante la etapa de obtención de grafeno, la cantidad de este material obtenido, era muy poca. Se obtuvo como resultados en la eficiencia de la disminución de gases contaminantes como el tratamiento 1 ( $\text{TiO}_2$  10%) con el  $\text{SO}_2$  en un 43.72% y NO en un 14.68%, en el tratamiento 2 (grafeno 10) con el  $\text{SO}_2$  en un 55.95% y NO en un 14.9%, en el tratamiento 3 (Ecograti 5% grafeno +5% titanio) con el  $\text{SO}_2$  en un 56.92% y NO en un 14.31%, en el tratamiento 4 ( $\text{TiO}_2$  20%) con el  $\text{SO}_2$  en un 47.7% y NO en un 15.25%, en el tratamiento 5 (grafeno 20%) con el  $\text{SO}_2$  en un 69.26% y NO en un 18.59% y en el tratamiento 6 (Ecograti 10% grafeno +10% titanio) con el  $\text{SO}_2$  en un 59.13% y NO en un 16.59%, durante los días monitoreados; es decir, respecto a la mejor eficiencia en la reducción del dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y del monóxido de nitrógeno (NO) fue el tratamiento 4 (grafeno 20%).

Carcelén (2014) señala que entre los años 1997 y 2012 se presencia una disminución en emisiones de 88.15% por el reemplazo de vehículos que generan menos gases; sin embargo, en el 2012 estos generan 377 ton/año en el de CO y 7250 ton/año en el NOx con los tratamientos 1 y 4 se podría disminuir un 6.48 % ( $\text{TiO}_2$  10%) del NOx que equivaldría 352.57 ton/año y 4.9% (grafeno 20 %) CO que equivaldría a 6894.75 ton/año. Asimismo, Bermejo (2018) asegura que la fotocatalisis pintados en las paredes con el  $\text{TiO}_2$  que reducen contaminantes gaseosos como NOx,  $\text{SO}_2$  y CO que se puede obtener aire más puro y descontaminado en distintas áreas, esto conlleva que los tratamientos con el compuesto si sean efectivos.

Otra forma del control de emisiones mediante la fotocatalisis es la absorción mediante el carbón activado; es decir, el grafeno (Brunet, 1999) que es capaz de reducir los contaminantes de emisiones tóxicos aún 90% aproximadamente. En el presente estudio se

presenta concentración de 10% y 20% del compuesto que por ello su eficacia se reduce considerablemente en el gas de SO<sub>2</sub>: en la primera concentración a 55.95% mientras que en el segundo 69.26%.

Las nano partículas de fotocatalíticas con TiO<sub>2</sub> tienen la capacidad de descomponer compuestos agresivos que podría mejorar la calidad de aire como sucede esta aplicación en Morteros, cuyos resultados en un año obtiene una eficiencia de 95%; sin embargo, a la inicial este es de 20% a 25% (Elkoro, 2013), en esta tesis el tratamiento 1 (TiO<sub>2</sub> 10%) en cinco días entre sus gases contaminantes como el SO<sub>2</sub> tuvo una reducción de eficiencia a 43.72 %, mientras que en el tratamiento 4 (TiO 20%) es de 47.7% de eficiencia. Se comprende que la capacidad de este compuesto a la inicial es doblemente más eficiente del presente estudio. Pero Cámara (2012) realizó con este compuesto en su tratamiento con 3 capas obteniendo un 91% de eficiencia en el polietileno y sus derivas.

La presente investigación a de acuerdo a la tesis de JIN et al (2015) en su tesis, el objetivo es diseñar y fabricar fotocatalizadores basados en g- C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> eficientes con actividades fotocatalíticas mejoradas bajo una irradiación de luz visible. Para lograr este objetivo, se han empleado dos estrategias para dilucidar los mecanismos básicos durante la degradación fotocatalítica del contaminante orgánico, como óxidos de nitrógeno. Con base en los resultados de los experimentos de captura de especies activas (AST), se determinaron las principales especies activas en cada sistema fotocatalítico; y esto guarda relación con el objetivo de la presente investigación de remover gases contaminantes, y sí se demostró que la fotocatalisis remueve el monóxido de carbono y el dióxido de azufre de manera eficiente.

## VI. CONCLUSIONES

Después de haber realizado las pruebas de hipótesis, se concluye que los tratamientos realizados con la pintura Ecograti concentradas al 5% de  $\text{TiO}_2$  + 5% de grafeno obtuvieron una eficacia similar a los tratamientos realizados con la pintura de Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) concentrada al 10% y con la pintura realizada con grafeno concentrada al 10%. De la misma manera ocurrió con los tratamientos realizados con la pintura Ecograti concentradas al 10% de  $\text{TiO}_2$  + 10% de grafeno obtuvieron una eficacia similar a los tratamientos realizados con la pintura de Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) concentrada al 20% y con la pintura realizada con grafeno concentrada al 20%.

La pintura de dióxido de titanio concentrada al 10% fue eficaz en la reducción del gas contaminante Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) en un 43.72%, durante los días monitoreados; y también redujo en un 14.68% la concentración de Monóxido de Nitrógeno ( $\text{NO}$ ).

La pintura de grafeno concentrada al 10% redujo la concentración del contaminante dióxido de azufre en un 55.95% y también redujo en un 14.9% la concentración de monóxido de nitrógeno; durante los días monitoreados.

La pintura Ecograti concentrada al 5% de dióxido de titanio + 5% de grafeno; redujo la concentración del contaminante Dióxido de azufre en un 56.92% y también redujo en un 14.31% la concentración de monóxido de nitrógeno; durante los días monitoreados.

La pintura de dióxido de titanio concentrada al 20% redujo la concentración del contaminante Dióxido de azufre en un 47.7% y también redujo en un 15.25% la concentración de monóxido de nitrógeno; durante los días monitoreados.

La pintura de grafeno concentrada al 20% redujo la concentración del contaminante Dióxido de azufre en un 69.26% y también redujo en un 18.59% la concentración de monóxido de nitrógeno; durante los días monitoreados.

La pintura Ecograti concentrada al 10% de dióxido de titanio + 10% de grafeno; redujo la concentración del contaminante dióxido de azufre en un 59.13% y también redujo en un 16.59% la concentración de monóxido de nitrógeno; durante los días monitoreados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda considerar el factor meteorológico, ya que los datos son alterados cuando se presenta una fuerte corriente de viento. Si fuese posible para obtener mejores resultados, se debe llevar a cabo la investigación en una zona donde no se presenten fuertes vientos.

Se recomienda analizar y realizar los tratamientos de preferencia en un día soleado y despejado; ya que la presencia de la luz solar, mejora la eficacia de los tratamientos.

Durante el proceso de la elaboración de las pinturas (tratamientos), se recomienda emplear un agitador especial de pintura, para que la solución con los químicos como grafeno y  $\text{TiO}_2$ , esté a menor tiempo. También de realizar el secado con una secadora de cabello, para que los tratamientos se encuentren listos en menor tiempo.

Durante la etapa de obtención de grafeno, también se recomienda tener mucha precaución con la manipulación y preparación de las soluciones con los reactivos químicos (peróxido de hidrógeno, ácido clorhídrico y amoníaco).

Se recomienda guardar el grafeno obtenido en un envase totalmente limpio y adecuado, para evitar la contaminación de este material y mantener su pureza.

## VIII. REFERENCIAS

AGUILAR, Maria. Desarrollo de estructuras nanoparticuladas dopadas de semiconductores de banda ancha para aplicaciones fotovoltaicas y fotocatalíticas. Tesis (Doctorado). España: Universidad de Cádiz, 2015.

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=51136>

ALMAZÁN, D., y G. Rovito. Evaluación del comportamiento de los pavimentos descontaminantes. VII Jornada Nacional, ASEFMA, Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas, 2012.

ANPO, M., y M. Takeuchi. «The design and development of highly reactive titanium oxide photocatalysts operating under visible light irradiation.» *Journal of Catalysis*, Vol. 216, 2003: 505-516.

AO, C.H., S.C. Lee, C.L. Mak, y L.Y. Chan. «Photodegradation of volatile organic compounds (VOCs) and NO for indoor air purification using TiO<sub>2</sub>: promotion versus inhibition effect of NO.» *Applied Catalysis B: Environmental* Vol.42, 2003: 119-129. Ao, C.H., S.C. Lee, J.Z. Yu, y J.H. and Xu. «Photodegradation of formaldehyde by photocatalyst TiO<sub>2</sub>: effects on the presences of NO, SO<sub>2</sub> and VOCS.» *Applied Catalysis B: Environmental*, Vol.54, 2004: 41-50.

ARRIETA, R. y GUERRA, M. Modelado de un reactor fotocatalítico heterogéneo solar Con TiO<sub>2</sub> para el tratamiento de efluentes contaminados con Residuos farmacéuticos. Tesis (Ingeniero Químico). Colombia: Universidad de Cartagena, Ingeniería Química, 2012. Disponible en <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/136/1/Tesis%20Final.pdf>

BEELDENS, A. Air purification by pavement blocks: final results of the research at the BRRC. Ljubljana: Transport Research Arena, Europe - TRA, 2008.

Beeldens, A. An environmental friendly solution for air purification and selfcleaning effect: the application of TiO<sub>2</sub> as photocatalyst in concrete. Göteborg, Sweden: Transport Research Arena, Europe -TRA, 2006.

BERDAHL, P., y H. Akbari. Evaluation of titanium dioxide as a photocatalyst for removing air pollutants. PIER Energy-Related Environmental Research Program., California Energy Commission, , CEC-500-2007-112., 2008.

BOLAÑO, Pablo. Pinturas ecológicas, decorativas y seguras [en línea]. ECOticias.com.12



de octubre de 2012 [Fecha de consulta: 06 de enero de 2019].

Disponible en: <https://www.ecoticias.com/bio-construccion/71543/Pinturas-ecologicas-decorativas-seguras>

BU, Jing. Rational design of semiconductor crystal for efficient photocatalytic chemical conversion. Tesis. [s.l]: Nanyang Technological University, School of Materials Science and Engineering, 2015.

Disponible en <https://repository.ntu.edu.sg/bitstream/handle/10356/65912/Thesis-final-0107.pdf;jsessionid=96F0A1DD0C6AF38DC18DE17A104D58EF?sequence=1>

CÁMARA, Rosa. Inmovilización de TiO<sub>2</sub> sobre polímetros transparentes en el UV-A para la eliminación fotocatalítica de trocloretoileno en aire. Tesis (Doctoral). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingenieros de Montes, 2012.

Disponible en [http://oa.upm.es/14911/1/ROSA\\_MARIA\\_CAMARA\\_HURTADO.pdf](http://oa.upm.es/14911/1/ROSA_MARIA_CAMARA_HURTADO.pdf)

ELKORO, Ander. Optimización de la aplicación de nano partículas fotocatalíticas en Morteros. Tesis (Master en Ingeniería Estructural y de la Construcción). Barcelona: Escola de Camins, 2013.

Disponible en <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26094/TFM-Ander-Elkoro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GOSWAMI et al. Photocatalytic Disinfection of Indoor Air. Journal of Solar Energy Engineering [en línea]. Febrero 2008. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2018].

Disponible en

<http://solarenergyengineering.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1455673> DOI:10.1115/1.2871871

GREAVES et al. Photocatalytic methanol reforming on Au/ TiO<sub>2</sub> for hydrogen production. Tesis. Reino Unido: Cardiff University, 2006.

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03215557>

JIMENEZ, Margarita. Desarrollo de nuevas estrategias basadas en fotocátalisis solar para la regeneración de aguas de una industria agro-alimentaria. Tesis (Doctoral). España: Universidad de Almería, Departamento de Ingeniería, 2015.

Disponible en [https://www.psa.es/es/areas/tsa/docs/Tesis\\_Margarita\\_Jimenez.pdf](https://www.psa.es/es/areas/tsa/docs/Tesis_Margarita_Jimenez.pdf)

JIN et al. Construction of heterostructured g- C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/MIL-88A with enhanced photocatalytic

activity under visible-light irradiation Diva [en línea]. Setiembre de 2015. [Fecha de consulta: 10 de Junio de 2018].

Disponible en

<http://www.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A852465&dswid=-6146>

ISBN: 978-91-7595-675-6

LARA, Mayra. Desarrollo de materiales basados en TiO<sub>2</sub> modificado con funcionalidad fotocatalítica para aplicaciones medioambientales. Tesis (Doctoral). España: Universidad de Sevilla, 2017.

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=112752>

LERMA, Alejandro y BÁRCENA, Sergio. Planeación estratégica por áreas funcionales: guía práctica. México: Grupo editor, S.A de C.V, 2012.

ISBN: 9786077074274

MUHAMMAD, Ikram. Effect of different loading concentrations of Cu and Zr metals ions on photocatalytic activity of P25. Tesis (Magister). [s.l]: University of Nova Gorica, 2017.

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03215557>

QUIÑONES, Diego. Eliminación de contaminantes emergentes del agua mediante ozonación solar fotocatalítica. Tesis (Químico). España: Universidad de Extremadura, 2015.

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=44652>

RODRÍGUEZ, Rafael. Oxidación fotocatalítica de herbicidas en agua mediante radiación de baja energía. Aplicación de catalizadores, ozono y promotores peroxídicos. Tesis (Doctoral). España: Universidad de Extremadura, 2017.

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=148577>

WANG, J et al. Investigation of the photocatalytic mechanism of the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-treated g- C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> derived from urea with superior visible-light photocatalytic activity. DIVA [en línea]. Setiembre de 2015. [Fecha de consulta: 10 de Junio de 2018].

Disponible en

<http://www.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A852467&dswid=9341>

ISBN: 978-91-7595-675-6

YU LI. Semiconductor Nanomaterials in Photocatalytic Bipyridine Reduction and H<sub>2</sub> Generation. Tesis (Magister de Ciencia). [s.l]: Peking University, 2017.

## **IX. ANEXOS**

### **ANEXO 01. Matriz de consistencia**

Problemas de Investigación	Objetivos de Investigación	Hipótesis de Investigación	Variable(s)	Metodología
<p><b>GENERAL:</b></p> <p>¿Cuánto es la eficacia de la pintura Ecograti con respecto a las pinturas de dióxido de titanio y a las pinturas con grafeno para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>Problema específico 1.</p> <p>¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con dióxido de</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>¿Cuánto es la eficacia de la pintura Ecograti (concentrada al 5% de TiO<sub>2</sub> + 5 % de grafeno y concentrada al 10% de TiO<sub>2</sub> + 10 % de grafeno) con respecto a las pinturas de dióxido de titanio (concentradas al 10% y 20%) y a las pinturas de grafeno (concentradas al 10% y 20%); para reducir la concentración de los gases contaminantes en la atmósfera?</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con dióxido de titanio concentrado al 10%, para</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>“El uso de las pinturas Ecograti (concentrada al 5% de TiO<sub>2</sub> + 5 % de grafeno y concentrada al 10% de TiO<sub>2</sub> + 10 % de grafeno respectivamente), son más eficientes que las pinturas solo con Dióxido de Titanio (concentradas al 10% y 20%) para reducir la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.”</p> <p><b>HIPÓTESIS</b></p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p><b>CONCENTRACIÓN DE GASES CONTAMINANTES</b></p> <p><b>Dimensiones:</b> Dióxido de azufre, Sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono; etc.</p> <p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p><b>USO DE LA PINTURA ECOGRATI</b></p> <p><b>Dimensiones:</b> Dióxido de titanio, grafeno.</p> <p>Fotocatálisis: La fotocatalisis heterogénea se fundamenta en irradiar la superficie de un semiconductor con la longitud de onda adecuada para que se generen pares electrón-hueco y que, antes de que se produzca su recombinación, propician reacciones de oxidación-reducción con especies</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>La investigación es de tipo cuantitativo-aplicada ya que mediante la obtención de datos se puede confirmar o negar la hipótesis, basándonos en la medición y el análisis estadístico como menciona Hernández Sampieri (2014, p.4).</p> <p><b>NIVEL</b></p> <p>Explicativo, ya que busca demostrar de qué manera la aplicación de la pintura ecograti, reducirá la concentración de gases contaminantes en el centro de Lima.</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p>Cuasi experimental.</p> <p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Calidad del aire en el centro de</p>

<p>titanio concentrado al 10%, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>Problema específico 2.</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura solo con grafeno concentrado al 10%, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>Problema específico 3.</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura Ecograti concentrada al 5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno, para reducir la</p>	<p>reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura solo con grafeno concentrado al 10%, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura Ecograti concentrada al 5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con</p>	<p><b>ESPECÍFICAS</b></p> <p>“El uso de las pinturas solo con dióxido de titanio concentradas al 10% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.”</p> <p>“El uso de las pinturas solo con grafeno concentradas al 10% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.”</p> <p>“El uso de las pinturas Ecograti concentrada al 5% de TiO<sub>2</sub> + 5% de grafeno, reducirá la</p>	<p>adsorbidas superficiales. La oxidación fotocatalítica de contaminantes en aires requiere la disposición del catalizador (TiO<sub>2</sub>) sobre sustratos, con el fin de evitar la fluidización del material en polvo y la etapa de separación del fotocatalizador de la corriente de aire.</p>	<p>Salud Laura Rodríguez Dulanto.</p>
--	--	--	--	---

<p>concentración de gases contaminantes?</p> <p>Problema específico 4.</p> <p>¿Cuánto es la eficiencia al emplear la pintura solo con dióxido de titanio concentrado al 20%, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>Problema específico 5.</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura solo con grafeno concentrado al 20%, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p>	<p>dióxido de titanio concentrado al 20%, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura solo con grafeno concentrado al 20%, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura Ecograti concentrada al 10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p>	<p>concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.”</p> <p>“El uso de las pinturas solo con dióxido de titanio concentradas al 20% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.”</p> <p>“El uso de las pinturas solo con grafeno concentradas al 20% reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.”</p>		
---	---	--	--	--

<p>Problema específico 6.</p> <p>¿Cuánto es la eficacia al emplear la pintura Ecograti concentrada al 10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno, para reducir la concentración de gases contaminantes?</p>		<p>“El uso de las pinturas Ecograti concentrada al 10% de TiO<sub>2</sub> + 10% de grafeno, reducirá la concentración de gases contaminantes presentes en el lugar.”</p>		
--	--	--	--	--

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO 02. Instrumentos de recolección de datos firmados**

**Formato general de características del punto de muestreo.**

**UBICACIÓN:**

- LUGAR: \_\_\_\_\_
- DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_
- REFERENCIA: \_\_\_\_\_
- COORDENADAS UTM:  
X: \_\_\_\_\_ Y: \_\_\_\_\_ Z: \_\_\_\_\_

**CONDICIONES CLIMÁTICAS:**

- Temperatura máxima: \_\_\_\_\_
- Temperatura mínima: \_\_\_\_\_
- Humedad: \_\_\_\_\_
- Precipitación: \_\_\_\_\_
- Velocidad de los vientos: \_\_\_\_\_
- Dirección de los vientos: \_\_\_\_\_
- Nubosidad: \_\_\_\_\_
- Características generales durante el periodo de muestreo:
  - Nublado
  - Parcialmente nublado
  - Soleado
  - Parcialmente soleado

**PERSONA ENCARGADA DE LA TOMA DE MUESTRAS:**

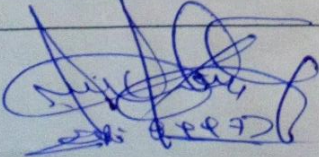
Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

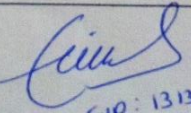
DNI: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma

**OBSERVACIONES:**

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

  
CIP: 131344

  
CIP: 131344



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ BOLVER, JUAN JOSE  
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato general de características del punto de muestreo.  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Luis Felipe Poico Moreno

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 21 de 06 del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 80447309 Telf. 5281688

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Johnny  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato General de Guía de Observación por parte de maestro  
 1.4. Área(A) de Instrumento: Luis Felipe Pizarro, Psicología

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MEDIANAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible												✓
2. OBJETIVIDAD	Está adaptado a los tipos y principios científicos												✓
3. ACTUALIDAD	Está adaptado a los objetivos e las necesidades reales de la investigación												✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos necesarios												✓
6. INTENCIONALIDAD	Está adaptado para validar las variables de la hipótesis												✓
7. CONSISTENCIA	Se respaldó en fundamentos teóricos y/o científicos												✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores												✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño adecuados para lograr probar las hipótesis												✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico												✓

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
---

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

70 %

Lima, ..... del 2018

*Johnny Valverde Flores*

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8120213      Tel. 474592872

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Guise Delgado Fátima Yamendo
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formulario General de Caracterización del Instrumento
- 1.4. Autor(A) de instrumento: Leon Felipe Perico Moreno

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.									/				
2. OBJETIVIDAD	Esta adherente a las leyes y principios científicos.									/				
3. ACTUALIDAD	Esta adherente a los cambios y las necesidades reales de la investigación.									/				
4. ORGANIZACIÓN	Esta una organización lógica.									/				
5. SUFICIENCIA	Esta en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									/				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuada para valorar las variables de la Hipótesis.									/				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y/o científicos.									/				
8. COHERENCIA	Existe adherencia entre las problemáticas, hipótesis, variables e indicadores.									/				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									/				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									/				

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

50

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %
------

Lima, \_\_\_\_\_ del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 4331190 Tel: \_\_\_\_\_

## FORMATO DE ANÁLISIS INICIAL

Equipo de monitoreo: \_\_\_\_\_

Número de registro : \_\_\_\_\_

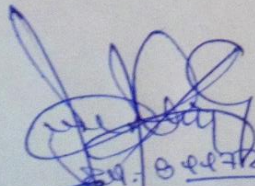
Última calibración : \_\_\_\_\_

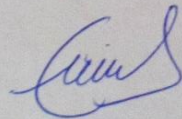
Fecha de monitoreo : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

### DATOS OBTENIDOS:

Gases contaminantes presentes en el lugar	Concentración del contaminante (ppm)
SO <sub>2</sub>	
CO <sub>2</sub>	
CO	
NO <sub>X</sub>	
O <sub>3</sub>	

  
CIP: 04472

  
CIP: 131344

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: PERDOMO ESCOBAR, JUAN ROLDO  
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de Análisis Inicial  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Luis Felipe Paico Moreno

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APPLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

**85 %**

Lima, 12 de 10 del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8001709 Telf. 5261048

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valencia Flores Arana
- 1.2. Cargo e institución desde la cual: Docente
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Exercita de Pedagogía Juvenil
- 1.4. Autor(A) de instrumento: Luis Torres Flores Navarro

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje conciso y preciso.												✓
2. OBJETIVIDAD	Está alineado a las leyes y principios constitucionales.												✓
3. ACTUALIDAD	Está alineado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓
5. SUFICIENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos necesarios.												✓
6. INTENCIONALIDAD	Está elaborado para evaluar las variables de la hipótesis.												✓
7. CONSISTENCIA	No existen ni contradicciones internas ni confusiones.												✓
8. COHERENCIA	Existen relaciones entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su vinculación al Método Científico.												✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 13 de Enero de 2018

*[Firma manuscrita]*

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 5110253 Tel: 944553922

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y nombres: Quiro, César, Froyla Yaneza  
 12. Cargo e institución donde labora: Docente  
 13. Nombre del instrumento sujeto de evaluación: Formulario de Evaluación Juvenil  
 14. Autor(A) de instrumento: Luis Felipe Pérez Moreno

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a los hechos y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										/			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su situación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ..... del 2018

  
 Cap. 130344  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**

DNI No. 4335440 Telf. \_\_\_\_\_

**Formato de recolección de datos con tratamientos en el punto de muestro.**

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Hora de inicio: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Equipo de muestreo: \_\_\_\_\_

Última calibración del equipo: \_\_\_\_\_

Volumen muestreado: \_\_\_\_\_

Intervalo de tiempo de la toma de muestras: \_\_\_\_\_

Concentración de  $TiO_2$ : \_\_\_\_\_

Concentración de grafeno: \_\_\_\_\_

Concentración de ecograti: \_\_\_\_\_

Resultados de concentración del contaminante (ppm)		Tratamiento con Titanio			Tratamiento con Grafeno			Tratamiento con la pintura Ecograti		
		10min	20min	30min	10min	20 min	30min	10min	20 min	30 min
SO <sub>2</sub>	Muestra 1									
	Muestra 2									
	Muestra 3									
CO <sub>2</sub>	Muestra 1									
	Muestra 2									
	Muestra 3									
CO	Muestra 1									
	Muestra 2									
	Muestra 3									
NO <sub>x</sub>	Muestra 1									
	Muestra 2									
	Muestra 3									
O <sub>3</sub>	Muestra 1									
	Muestra 2									
	Muestra 3									

*[Handwritten signature]*  
CIP: 131344

*[Handwritten signature]*  
CIP: 131344



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

11. Apellido y Nombres: CONCEPCIÓN GARCÉS, JESSICA  
 12. Cargo e institución desde la cual: INVESTIGADORA  
 13. Párrafo del instrumento relativo de evaluación: Procedimiento de validación de instrumentos de evaluación en el postgrado de maestría  
 14. Autor(A) de Instrumento: Logo Felipe Pineda Reyes

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MUY POCO ACEPTABLE					ACEPTABLE		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	8	9	10	
1. CLARIDAD	Este instrumento con lenguaje comprensible											✓		
2. OBJETIVIDAD	Este adaptado a los fines y propósitos científicos											✓		
3. ACTUALIDAD	Este adaptado a los cambios y las necesidades reales de la investigación											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Este tiene organización lógica											✓		
5. SUCESIVIDAD	Este en cuanto los aspectos metodológicos concuerdan											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Este adaptado para evaluar las variables de la hipótesis											✓		
7. CONSISTENCIA	Se cumple en los términos técnicos y científicos											✓		
8. COHERENCIA	Este concuerda entre los postulados objetivos, hipótesis, variables e indicadores											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y se relaciona al Método Científico											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima, 20 de Julio del 2018

FIRMA DEL EXPERTO EN INVESTIGACIÓN

DNI No. 82147288 Cell. 5261648

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Shirma  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento materia de evaluación: Temario de Estadística de Datos, de Distribución, de la parte de muestreo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Luis Felipe Flores Muro

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					BASTANTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	8	9	9	100
1. CLARIDAD	Este temario es claro y comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Este temario a los ojos y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Este temario a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Tiene en cuenta los aspectos estadísticos necesarios.												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Este temario para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La muestra responde una metodología y diseño aplicable para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 13 de Junio del 2018

*Shirma Valverde Flores*

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 152653      Telf. 945515702

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y Nombre: Guerra Santiago, Tristán, Yvonne
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
- 1.3. Nombre del instrumento sujeto de evaluación: Fórmula de validación de datos con el Test de muestra
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Luis Torero, Vilma Marrero

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	76	77	80	8	9	0	100
1. CLARIDAD	Este formulado con lenguaje comprensible											/		
2. OBJETIVIDAD	Este relacionado a los leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Este adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existen una organización lógica											/		
5. SUFICIENCIA	Esta en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Este adecuado para cubrir los requisitos de la hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Este coherencia entre los problemas objetivos, teóricos, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %
------

Lima, ..... del 2018

*[Firma manuscrita]*

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 42268730 Telf. ....

## FORMATO DE ANÁLISIS FINAL

Equipo de monitoreo: \_\_\_\_\_

Número de registro : \_\_\_\_\_

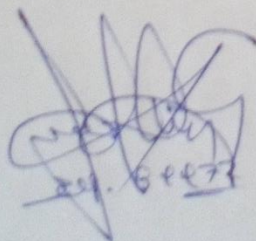
Última calibración : \_\_\_\_\_

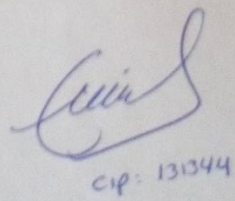
Fecha de monitoreo : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

### DATOS OBTENIDOS:

Gases contaminantes presentes en el lugar	Concentración del contaminante (ppm) inicial	Concentración del contaminante promedio (ppm) durante el tratamiento ECOGRATI	Porcentaje de adsorción de la pintura ECOGRATI	Cantidad de contaminante reducido
SO <sub>2</sub>				
CO <sub>2</sub>				
CO				
NO <sub>X</sub>				
O <sub>3</sub>				

  
Esp. 6447

  
CIP: 131344

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: OSVORDE COLLA, FELIX JOSE  
 12. Cargo e institución donde labora: Docente  
 13. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fórmula de Análisis Final  
 14. Área(A) de formación: Los Felipe Santo Horizonte

II. ASPECTOS DE VALORACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	8	9	9	100
1. CLARIDAD	Este instrumento sea lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Este instrumento a los fines y propósitos orientados.										/			
3. ACTUALIDAD	Este instrumento a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFFICIENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta diseñado para cubrir las variables de la hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los postulados, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia seguida sea metodológica y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su relevancia al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95%

Lima, 12 de YUN del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 811425 Cel. 570648

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: Valverde Torres, Jhonny  
 12. Cargo e institución donde labora: Docente  
 13. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Test (Escala de Dominio) Final  
 14. Área/Código del Instrumento: Idioma Inglés - Varios Niveles

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	8	9	9	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible											✓		
2. OBJETIVIDAD	Está adaptado a los ítems y principios científicos											✓		
3. ACTUALIDAD	Está relacionado a los objetivos y los contenidos reales de la investigación											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											✓		
5. SUFFICIENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Está diseñado para validar la validez de la hipótesis											✓		
7. CONSISTENCIA	No respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde con metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su relevancia al Método Científico											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 13 de Junio del 2018

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**

DNI No. 18120253 Telf. 94058597

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Gutierrez Delgado, Florida Yáñez  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento o medio de evaluación: Formulario de Prácticas Final  
 1.4. Área(A) de la(s) asignatura(s): Lógica y Teoría de Conjuntos

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	8	9	10
											S	D	E
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible										/		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a los fines y principios científicos										/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										/		
5. SUFICIENCIA	Tomó en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para validar las variables de la hipótesis										/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y científicos										/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores										/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicable para lograr probar la hipótesis										/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										/		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

56

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85 %

Lima ..... del 2018

*[Firma]* CIP 13044

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 4358660 Telef: \_\_\_\_\_

### ANEXO 03. Procedimiento de elaboración de grafeno.

- A) Primero se obtuvo una cantidad considerable de pilas, ya que en su interior tienen barras de grafito, que es la materia prima que se utilizará para obtener el grafeno.



- B) Se procedió a pelar las pilas para extraer la barra de grafito; adicionalmente se hizo el pesaje de cada pila, y el pesaje de la barra de grafeno obtenida.





Cantidad de pilas recolectas, y peso de grafito obtenido:

Tipo de pila	Peso promedio inicial (g)	Peso de barra de grafito (g)	Cantidad	Peso Total de pilas (g)	Peso total de grafito (g)
Doble A (AA)	17.5	1.1	283	4952.5	311.3
Triple A (AAA)	7.8	0.6	564	4399.2	338.4
Super pila	78.1	4.7	27	2108.7	126.9
Total	-	-	874	11460.4	776.6

Se recolectó un total de 874 pilas, las cuales eran tipo doble A (aa), triple A (aaa) y las baterías gruesas; en total el pesaje en bruto de la cantidad de pilas juntas fue aproximadamente de 11460.4 gramos (11.5 kilos aproximadamente); de las cuales, después de haber realizado la extracción de las barras de grafito, se obtuvo 776.6 gramos.

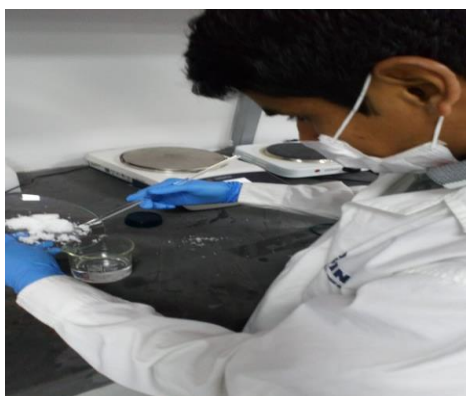
C) Luego se procedió al triturado de las barras de grafito (previamente se lijó las barras de grafito para retirar impurezas), utilizando un tajador de escritorio, morteros; etc.



D) Se obtuvo recién la materia prima, que fue el grafito en polvo.



E) Luego se preparó una solución de nitrato de amonio a un molar (1M) para oxidar el grafito en la siguiente etapa del proceso. La preparación de la solución de nitrato de amonio, fue empleando 250 ml de agua destilada y 33 gramos de nitrato de amonio. Después se homogenizó la solución usando el agitador magnético de la marca DLAB modelo MS7-H550-PRO a 1100 RPM durante 45 minutos.



F) Luego de obtener la solución de nitrato de amonio a 1M, se le añadió el grafito en polvo, en relación de 5:1 (es decir por cada 250 ml de la solución de nitrato de amonio se echa 50 gr de grafito); de esta forma se homogeniza la solución en el agitador magnético de la marca DLAB modelo MS7-H550-PRO a 1100 RPM durante 60 minutos.



- G) La solución de grafito y nitrato de amonio pasó por un proceso de sonicación utilizando el Limpiador ultrasónico de la marca BAKU modelo BK- 2000 que tiene un volumen de 3L, durante 2 horas y a una temperatura de 40°C. Obteniendo así el óxido de grafito.



- H) Después de la sonicación se dejó reposar la solución durante 1 hora y después se limpiaron los oxidantes en exceso con 300 ml de agua destilada y se le agregó 500 ml de peróxido de hidrógeno al 10%, para la eliminación de gases y partículas que se forman.



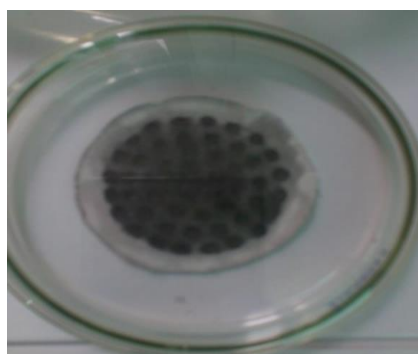
- I) Se retiró el sólido de impurezas (mosto), filtrando al vacío (con la bomba de vacío de la marca Rocker modelo 300 LF 30), utilizando el papel filtro N°41 (que retiene partículas de 20-25  $\mu\text{g}$ ).



J) La solución resultante de la filtración se mezcla con una solución de ácido clorhídrico (HCl), con 150 ml de agua destilada y 25 ml de HCl al 30% para obtener así el óxido de grafeno, se hacen dos repeticiones para asegurar las propiedades del grafeno.



K) Para obtener el grafeno, se filtró al vacío usando el papel filtro N°41; luego se dejó secar; obteniendo así el grafeno.



#### ANEXO 04. Pureza del grafeno.

Se llevó a analizar una muestra del grafeno obtenido al laboratorio de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, para determinar por espectroscopía micro Raman la presencia de grafeno. Que dieron los siguientes resultados.

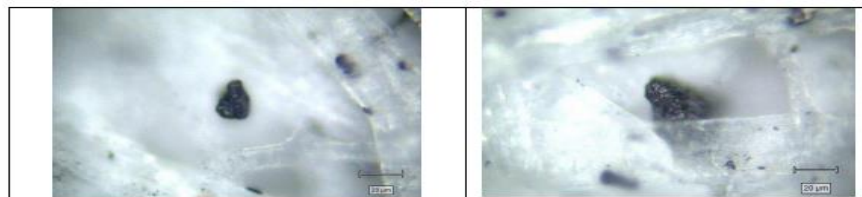
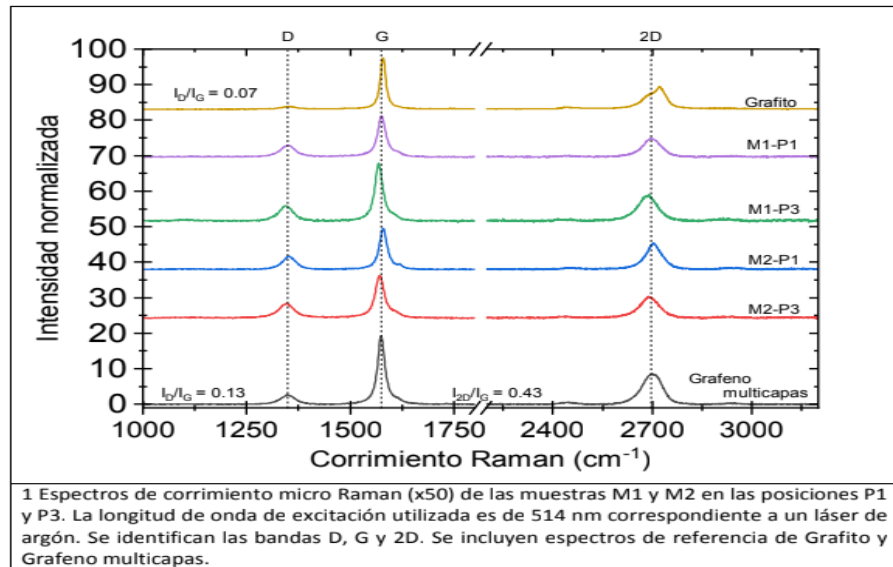


Fig. 2. Posiciones P1 y P3 de la muestra M1. Imágenes tomadas con un objetivo de x50



Fig. 3. Posiciones P1 y P3 de la muestra M2. Imágenes tomadas con un objetivo de x50

## **ANEXO 05. Elaboración de la pintura Ecograti, pinturas con dióxido de titanio y pinturas con grafeno.**

- A) Se adquirió una pintura de la marca American Colors (ficha técnica adjuntada) matizada en color celeste.



### **B) ELABORACIÓN DE LA PINTURA ECOGRATI:**

- **PINTURA ECOGRATI CONCENTRADA AL 5% DE GRAFENO Y AL 5% DE DIÓXIDO DE TITANIO:**
  - Se procedió a pesar 5 gramos de grafeno y 5 gramos de dióxido de titanio; para luego diluir cada uno por separado en 30 ml de agua destilada.
  - Luego se procedió a mezclar 150 ml de la pintura de la marca American Colors con cada una de las soluciones; primero se agregó la solución de dióxido de titanio y se agitó manualmente durante 10 minutos para que la mezcla sea homogénea.
  - Luego se procedió a echar la solución de grafeno a la mezcla realizada y se agitó manualmente a durante 10 minutos.
  - Una vez obtenida la mezcla homogénea, se procedió a pintar las planchas de madera, previamente cortadas a las medidas de 70 cm x 20 cm.
  - Se procedió al secado con la ayuda de una secadora de cabello durante 5 minutos.

- **PINTURA ECOGRATI CONCENTRADA AL 10% DE GRAFENO Y AL 10% DE DIÓXIDO DE TITANIO:**

- Se procedió a pesar 10 gramos de grafeno y 10 gramos de dióxido de titanio; para luego diluir cada uno por separado en 25 ml de agua destilada.
- Luego se procedió a mezclar 150 ml de la pintura de la marca American Colors con cada una de las soluciones; primero se agregó la solución de dióxido de titanio y se agitó manualmente durante 10 minutos para que la mezcla sea homogénea.
- Luego se procedió a echar la solución de grafeno a la mezcla realizada y se agitó manualmente a durante 10 minutos.



- Una vez obtenida la mezcla homogénea, se procedió a pintar las planchas de madera, previamente cortadas a las medidas de 70 cm x 20 cm.
- Se procedió al secado con la ayuda de una secadora de cabello durante 5 minutos.

### C) ELABORACIÓN DE LA PINTURA CON DIÓXIDO DE TITANIO:

- **PINTURA CONCENTRADA CON 10% DE DIÓXIDO DE TITANIO:**

- Se procedió a pesar 10 gramos de dióxido de titanio; para luego diluir en 30 ml de agua destilada.



- Luego se procedió a mezclar 150 ml de la pintura de la marca American Colors con solución de dióxido de titanio y se agitó manualmente durante 10 minutos para que la mezcla sea homogénea.



- Una vez obtenida la mezcla homogénea, se procedió a pintar las planchas de madera, previamente cortadas a las medidas de 70 cm x 20 cm.
- Se procedió al secado con la ayuda de una secadora de cabello durante 5 minutos.



- **PINTURA CONCENTRADA CON 20% DE DIÓXIDO DE TITANIO:**
  - Se procedió a pesar 20 gramos de dióxido de titanio; para luego diluir en 30 ml de agua destilada.



- Luego se procedió a mezclar 150 ml de la pintura de la marca American Colors con la solución de dióxido de titanio y se agitó manualmente durante 10 minutos para que la mezcla sea homogénea.
- Una vez obtenida la mezcla homogénea, se procedió a pintar las planchas de madera, previamente cortadas a las medidas de 70 cm x 20 cm.
- Se procedió al secado con la ayuda de una secadora de cabello durante 5 minutos.

#### D) ELABORACIÓN DE LA PINTURA CON GRAFENO:

- **PINTURA CONCENTRADA CON 10% DE GRAFENO:**
  - Se procedió a pesar 10 gramos de grafeno; para luego diluir en 30 ml de agua destilada.
  - Luego se procedió a mezclar 150 ml de la pintura de la marca American Colors con la solución de grafeno y se agitó manualmente durante 10 minutos para que la mezcla sea homogénea.
  - Una vez obtenida la mezcla homogénea, se procedió a pintar las planchas de madera, previamente cortadas a las medidas de 70 cm x 20 cm.

- Se procedió al secado con la ayuda de una secadora de cabello durante 5 minutos.
  
- **PINTURA CONCENTRADA CON 20% DE GRAFENO:**
  - Se procedió a pesar 20 gramos de grafeno; para luego diluir en 30 ml de agua destilada.
  
  - Luego se procedió a mezclar 150 ml de la pintura de la marca American Colors con la solución de grafeno y se agitó manualmente durante 10 minutos para que la mezcla sea homogénea.
  
  - Una vez obtenida la mezcla homogénea, se procedió a pintar las planchas de madera, previamente cortadas a las medidas de 70 cm x 20 cm.
  - Se procedió al secado con la ayuda de una secadora de cabello durante 5 minutos.

ECO

american  
COLORS

#### DESCRIPCIÓN Y VENTAJAS

Pintura de acabado mate a base de resina acrílica. Cero VOC y bajo olor. Muy buena brochabilidad y nivelación. Alta blancura y cubrimiento. En uso para interiores y exteriores. No contiene plomo, mercurio ni cromo en su formulación.

#### USOS TÍPICOS

Se puede aplicar sobre superficies de concreto, ladrillo, yeso, madera, etc., en interiores y exteriores. Se utiliza en todo tipo de construcción para proteger y dar un buen acabado con colores firmes.

#### DATOS FÍSICOS

Acabado: Mate  
Curado: Evaporación de agua  
Sólidos en volumen: 36% ± 3% según color.  
Número de capas: Dos.  
VOC: 0 - 5 g / Lt. .  
Rendimiento teórico: 60 m<sup>2</sup> / 4Lt por mano.  
Diluyente: Agua potable.

#### TIEMPOS DE SECADO (ASTM D1640)

Al tacto: 30 - 60 minutos  
Al tacto duro: 2 - 4 horas



#### PREPARACION DE LA SUPERFICIE

**Superficies nuevas:** Esperar 30 días después del tarrajeo, eliminar los residuos del mismo con lija al agua # 80, aplicar dos manos de "Primer American Colors" y aplicar Eco American Colors.

**Superficies con pintura en buen estado:** Eliminar polvo, grasa, u otro contaminante. Matear la superficie usando lija al agua # 120 y aplicar Eco American Colors.

**Superficies con pintura en mal estado:** Humedecer con agua y retirar con espátula la pintura suelta, dejarla libre de polvo, grasa y aceite. Aplicar dos manos de "Sellaseal American Colors" y aplicar Eco American Colors.

**Superficies alcalinas:** Aplicar previamente dos manos de imprimante para muros CPP o Vencedor y luego aplicar Eco American Colors.

**Acabado liso (sólo interiores):** Aplicar con plancha metálica de tarrajeo, capas delgadas de "Pasta Spread American Colors", dejar secar una hora entre cada capa, lijar gradualmente con lijas al agua # 180 hasta # 320 y eliminar el polvo producido. Luego aplicar Eco American Colors.

#### PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

1. La superficie a pintar debe estar libre de suciedad, grasa, aceite, pintura suelta y cualquier otro material extraño.
2. Destape el envase de la pintura y mediante una paleta agítela hasta homogenizarla.
3. Agregue agua potable hasta que la pintura se pueda aplicar sin defectos, luego aplique una capa delgada; para la 1ra mano use un máximo de 1 volumen de agua por 6 volúmenes de pintura.
4. Después de 4 horas de secado, aplique la 2da mano usando un máximo de 1 volumen de agua por 8 volúmenes de pintura.
5. La superficie pintada puede lavarse después de 3 semanas de aplicación con jabón líquido y agua.

ECO

american  
COLORS

**ANEXO 06. Toma de recolección de datos, en el centro de Salud Laura Rodríguez Dulanto.**

- A) Se tomaron los análisis iniciales que medían los equipos automáticos de calidad de aire en el lugar.



- B) Luego se instaló el tratamiento de forma en la cual se ve en la imagen. (Se instalaron en tiempos diferentes los 6 diferentes tipos de tratamientos)





C) Luego se tomaron las mediciones de los equipos automáticos durante tiempos de 10 minutos, cada tratamiento estuvo en estudio durante 30 minutos.

