

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“MODELAMIENTO CON ARCGIS 10.7.1 DE LA
CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO EN
LIMA METROPOLITANA DURANTE EL ESTADO DE
EMERGENCIA NACIONAL COVID 19 MARZO Y ABRIL
DEL 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Juan Daniel Regalado Cotrina
Roxana Elizabeth Vasquez Quispe

Asesor:

M. Cs. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Este presente trabajo investigativo está dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Dedico este trabajo a la Facultad de Ingeniería Ambiental, a la Universidad Privada del Norte, a todos los profesores por ayudarme en mi formación académica.

A mis padres Juan y María quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de humildad, esfuerzo y valentía, de nunca rendirme ante una adversidad que pueda obstruir mi futuro.

Al Señor Jaime Rojas por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso de colegio a universidad, por apoyarme en los momentos más complicados económicamente.

Al Joven Diego García por el apoyo motivador a ser una persona mejor y respetada en el mundo, por el tiempo que me acompañó durante el recorrido universitario y así estar en donde me encuentro actualmente.

A mi mejor amiga y compañera de tesis Roxana Vásquez, por estar desde el inicio de la Universidad, por el amor y comprensión que siempre me tuvo y gracias a ello estamos por culminar una gran etapa.

Finalmente quiero Expresar mis grandes sinceros agradecimientos al M.Cs. Juan Carlos Flores Cerna y a la Dra. Sc. Irma Geralda Horna Hernandez, principales asesores durante todo este proceso, quienes, con su dirección, conocimiento, enseñanza permitieron el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico De todo corazón la presente tesis a mi madre: María Teresa Quispe Tanta y a mi padre Silverio Vásquez Villa, por ser fuente de motivación e inspiración, por haberme permitido forjado como la persona que soy en la actualidad, por motivarme a lograr ms objetivos, mucho de mis logros se los debo a ellos, por su apoyo incondicional y su paciencia.

A mis hermanos, Henry, Brush, Víctor y Richard que más que hermanos son mis verdaderos amigos, quienes me motivaran constantemente para alcanzar mis anhelos.

A Daniel Regalado, quien más que ser mi compañero de carrera y de tesis es mi mejor amigo.

Y por último a mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado en la vida.

Finalmente quiero Expresar mis grandes sinceros agradecimientos al M.Cs. Juan Carlos Flores Cerna y a la Dra. Sc. Irma Geralda Horna Hernández, principales asesores durante todo este proceso, quienes, con su dirección, conocimiento, enseñanza permitieron el desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi Gratitude a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a mi padre y madre por estar siempre presentes.

Mis profundos agradecimientos a todas las autoridades y personal que hacen la Universidad Privada del Norte, por confiar en mí, abrireme las puertas, permitirme realizar todo el proceso universitario y adquirir buenos conocimientos.

Agradezco mi primera jefa Ing. Abigail de mis Practicas Pre Profesionales, por enseñarme conocimientos aplicados ya en el mundo real, por enseñarme a tener responsabilidades.

Quiero expresar nuestra Gratitude a Dios, quien con su bendición llena siempre nuestras vidas y a mis padres por estar siempre presentes.

Por la culminación de tesis agradezco al ingeniero Juan Flores, quien nos ayudó durante el desarrollo de esta, a su vez al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú quien nos brindó toda la información necesaria para hacer posible el presente proyecto y agradezco a mi ex jefe Ing. Walter Chalán por darme la oportunidad realizar mi conocimiento aprendidos y aplicarlos en su empresa.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	11
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema	26
1.3. Objetivos	26
1.4. Hipótesis	27
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	28
2.1. Tipo de investigación	28
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	28
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	38
CAPÍTULO III. RESULTADOS	49
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	77
REFERENCIAS.....	96
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuidados y Recomendaciones del Índice de calidad del Aire.....	23
Tabla 2. Estaciones de monitoreo de Lima-Metropolitana.....	29
Tabla 3. Descripción de los equipos de monitoreo de calidad de aire.....	33
Tabla 4. Descripción de los equipos de monitoreo de calidad de aire.....	33
Tabla 5. Descripción de los equipos de monitoreo de calidad de aire.....	33
Tabla 6. Métodos –SENAMHI.....	34
Tabla 7. Cálculo del Índice de calidad del aire por contaminante - PM ₁₀	35
Tabla 8. Cálculo del Índice de calidad del aire por contaminante – PM _{2.5}	35
Tabla 9. Estaciones de Muestreo en Lima – Metropolitana	36
Tabla 10. Resolución Ministerial N°181-2016 MINAM Índice de calidad de aire, (INCA) y su VALORACIÓN COLORIMÉTRICA en el Modelo Mapa de ArcGis 10.7.1	37
Tabla 11. C.álculo del Índice de calidad del aire Jesús María-Marzo y Abril – PM ₁₀	50
Tabla 12. Promedio general de Jesús María -Marzo de PM ₁₀	52
Tabla 13. Promedio general de Jesús María - Abril –de PM ₁₀	52
Tabla 14. Cálculo del Índice de calidad del aire Villa María Del Triunfo -Marzo y Abril – PM ₁₀	52
Tabla 15. Promedio general de Villa María Del Triunfo – Marzo –de PM ₁₀	55
Tabla 16. Promedio general de Villa María Del Triunfo- Abril –de PM ₁₀	55
Tabla 17. Cálculo del Índice de calidad del Carabayllo-Marzo y Abril – PM ₁₀	56
Tabla 18. Promedio general de Carabayllo– Marzo de PM ₁₀	58
Tabla 19. Promedio general de Carabayllo– Abril de PM ₁₀	58
Tabla 20. Cálculo del Índice de calidad del aire Jesús María-Marzo y Abril – PM _{2.5}	59
Tabla 21. Promedio general de Jesús María – Marzo de PM _{2.5}	61
Tabla 22. Promedio general de Jesús María – Abril de PM _{2.5}	61
Tabla 23. Cálculo del Índice de calidad del aire Villa María Del Triunfo y Abril – PM _{2.5}	62
Tabla 24. Promedio general de Villa María del Triunfo – Marzo de PM _{2.5}	64
Tabla 25. Promedio general de Villa María del Triunfo – Abril de PM _{2.5}	64
Tabla 26. Cálculo del Índice de calidad del aire Carabayllo Marzo y Abril – PM _{2.5}	65

Tabla 27. Promedio general de Carabaylo– Marzo de $PM_{2.5}$	67
Tabla 28. Promedio general de Carabaylo – Abril de $PM_{2.5}$	67
Tabla 29. Promedio general de estaciones Marzo de PM_{10} , $PM_{2.5}$ en 24 horas.	68
Tabla 30. Promedio general de estaciones Abril de PM_{10} , $PM_{2.5}$ en 24 horas	68
Tabla 31.Resultado de las estaciones de monitoreo PM_{10} de Lima Metropolitana, Campo de Marte(CDM), Santa Anita(STA),Villa María del Triunfo(VTM) y Carabaylo-SENAMHI	103
Tabla 32.Resultados de las estaciones de monitoreo $PM_{2.5}$ de Lima Metropolitana, Campo de Marte(CDM), Santa Anita (STA), Villa María del Triunfo (VTM) y Carabaylo (CBR)- SENAMHI.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen tomada por el satélite Landsat 8 en ArcGis, del punto de la zona de estudio del distrito de Carabayllo (Lima Norte) en Lima Metropolitana.	30
Figura 2. Imagen tomada por el satélite Landsat 8 en ArcGis, del punto de la zona de estudio del distrito de Villa María Del Triunfo (Lima Sur) en Lima Metropolitana....	30
Figura 3. Imagen tomada por el satélite Landsat 8 en ArcGis, del punto de la zona de estudio del distrito de Jesús María (Lima Centro) en Lima Metropolitana.	31
Figura 4. Ubicación de Zona de estudio.	39
Figura 5. Imagen satelital de Earth Explore, extraída del el satélite Landsat 8, previa selección de área de estudio con un polígono.....	39
Figura 6. Imagen satelital Landsat 8, correspondiente a área de estudio con 10% nubosidad.....	40
Figura 7. Imágen satelital, correspondiente a área de estudio -10% de tierra cubierta.	40
Figura 8. Descarga de 11 bandas –imagen satelital de zona de estudio.	41
Figura 9. Imagen satelital en la WGS 1984 UTM ZONA 18S.....	42
Figura 10. Capas de las imágenes satelitales, proyectadas a Arc Gis 10.7.1	42
Figura 11. Imágenes satelitales con bandas en Arc Gis 10.7.1.	43
Figura 12. Imagen Analysis, compuesta por 7 bandas –con color natural y resolución de 30x30 en Arc Gis10.7.1	43
Figura 13. Vectores con las 3 áreas de estudio de Lima –Metropolitana	44
Figura 14. Punto de monitoreo de zona de estudio.	45
Figura 15. Configuración de notas de tabla X, Y y Z parámetros a interpolar.	46

Figura 16. Interpolación realizada con colores automáticos.	46
Figura 17. Extracción por mascara.	47
Figura 18. Configuración en Layer Properties a los 4 colores de INCA Interpolación termina.....	47
Figura 19. Modelamiento de mapa según intervalo de INCA.....	48
Figura 20. Modelamiento de concentración de PM ₁₀ en el Distrito de Carabayllo del mes de Marzo y Abril.....	70
Figura 21. Modelamiento de concentración de PM _{2.5} en el Distrito de Carabayllo del mes de Marzo y Abril.....	71
Figura 22. Modelamiento de concentración de PM ₁₀ en el Distrito Jesus Maria del mes de Marzo y Abril	72
Figura 23. Modelamiento de concentración de PM _{2.5} en el Distrito de Jesus Maria del mes de Marzo y Abril.....	73
Figura 24. Modelamiento de concentración de PM ₁₀ en el Distrito de Villa Maria del Tiunfo del mes de Marzo y Abril.....	74
Figura 25. Modelamiento de concentración de PM _{2.5} en el Distrito de Villa Maria del Triunfo del mes de Marzo y Abril.....	75
Figura 26. Comparación de material particulado PM ₁₀ con Índices de calidad de aire.	79
Figura 27. Comparación de material particulado PM _{2.5} con Índices de calidad de aire.	83
Figura 28. Concentración de PM ₁₀ Jesús María mes de Marzo	84
Figura 29. Concentración de PM ₁₀ Jesús María mes de Abril.....	85
Figura 30. Concentración de PM _{2.5} de Jesús María del mes de Marzo.....	86
Figura 31. Concentración de PM _{2.5} de Jesús María del mes de Abril	86

Figura 32. Concentración de PM ₁₀ de Villa María del Triunfo de Marzo del 2020....	87
Figura 33. Concentración de PM ₁₀ de Villa María del Triunfo de Abril del 2020.....	88
Figura 34. Concentración de PM _{2.5} de Villa María de Triunfo del mes de Marzo del 2020.	89
Figura 35. Concentración de PM _{2.5} de Villa María de Triunfo del mes de Abril del 2020	89
Figura 36. Concentración de PM ₁₀ Carabayllo mes de Marzo y Abril.....	90
Figura 37. Concentración de PM ₁₀ Carabayllo mes de Abril.	91
Figura 38. Concentración de PM _{2.5} Carabayllo mes de Marzo.	92
Figura 39. Concentración de PM _{2.5} Carabayllo mes de Abril 2020.	93
Figura 40. Comparacion de promedios de la concentracions.....	101
Figura 41. Comparacion de promedio de la cconetracion de PM ₁₀ segun INCAS en las 3 estaciones de monitoreo	102
Figura 42. Carta de presentacion por la directora de carrera.....	105
Figura 43. Solicitud para datos de las concentraciones CRB, VTM, CDM de SENAMHI.	106
Figura 44. Correo de Aceptación.....	107
Figura 45. Ubicación de distritos en Lima Metropolitana.	108
Figura 46. Acta de Sustentación.....	108
Figura 47. Acta de Autorización para sustentación.....	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Para PM_{10}	49
Ecuación 2. Para $PM_{2.5}$	49

RESUMEN

La presente investigación se centró en el uso de imágenes satelitales e información recopilada de SENAMHI, con el objetivo de modelar la concentración de material particulado en la zona utilizando el software ArcGis 10.7.1 de los distritos Lima Norte-Estación Carabayllo, Lima Sur-Estación de Villa María del Triunfo y Lima centro - Estación Campo de Marte durante el estado de emergencia Nacional COVID 19 en los meses marzo y abril del 2020, mediante el proceso de interpolación IDW del software ArcGis, para modelar la presencia de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ por medio de valoración colorimétrica, dentro de la metodología se consideró trabajar sobre la normativa de INCAS. Los resultados demostraron que existe presencia de material particulado en los meses marzo y abril, concluyendo que la concentración de PM_{10} en ambos meses de las tres estaciones no sobrepasan el valor umbral mínimo de $75\mu g/m^3$ obteniendo como resultado una calidad de aire buena (Coloración Verde) a diferencia del $PM_{2.5}$ si sobrepasan el umbral mínimo que es de $12.5\mu g/m^3$, como consecuencia una calidad de aire mala (Coloración Naranja). La idea principal del modelamiento es que pueda ser leída de una manera fácil a través de la valoración colorimétrica según los INCA.

Palabras clave: Material Particulado, PM_{10} , $PM_{2.5}$, valoración colorimétrica, Modelamiento, INCA.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hace años y en la actualidad nuestro planeta tierra viene atravesando una de las crisis ambientales más alarmantes como el cambio climático, pero durante el periodo de confinamiento debido a Covid-19, se ha observado una disminución de material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$), trae consigo efectos al medio ambiente, efectos a la salud, en el sistema respiratorio y cardiovascular. El descenso también es notorio según monitoreo realizado por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Chen (2020) estima la mejora de la calidad del aire en China debida al confinamiento trajo beneficios para la salud en muertes no relacionadas con Covid-19, podría haber superado en número a las muertes confirmadas atribuibles a Covid-19 en China (4633 muertes hasta el 4 de mayo de 2020). Sin embargo, este cálculo no tiene en cuenta en el modelo el aumento de “víctimas colaterales” debido a Covid-19 en otras enfermedades crónicas por las limitaciones en obtener a tiempo un tratamiento médico, intervenciones quirúrgicas, debido a la saturación sanitaria por el Covid-19 y al miedo de los pacientes de acudir a los hospitales. La única debilidad en su investigación de Chen es que no tiene en cuenta la variabilidad meteorológica al calcular las reducciones de la contaminación. La variabilidad meteorológica es un aspecto fundamental a tener en cuenta por razones obvias con las mismas emisiones de tal modo que las partículas no se observan en las mismas concentraciones en un día lluvioso y en un día de tiempo estable y sin viento.

El grupo Global Carbón Project publicó los primeros cálculos sobre la disminución en la generación de emisiones de CO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y CO_2 a nivel global durante el confinamiento donde compararon con los niveles medios de 2019, a primeros de abril de 2020 se ha registrado una caída diaria del 17%, alrededor de la mitad es atribuible a los cambios en el transporte de superficie. En cuanto a las predicciones de la caída de emisiones para todo el año 2020, están en 4% si el confinamiento termina a mediados de junio y el 7% si solo algunas restricciones permanecen vigentes hasta final de año.

El material particulado (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), son contaminante atmosférico capaz de ocasionar una grave problemática en cuanto a calidad del aire y afecciones en la salud humana.

En una investigación realizada por Lenin, R. (2017), presentó un análisis de las concentraciones de material particulado (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) en el sector del aeropuerto de Tababela en el Distrito Metropolitano de Quito, cuyo objetivo fue determinar el método más apropiado para la medición de concentración de material particulado (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), mediante análisis geo-estadístico de tres métodos: IDW, Spline y Kriging por medio del Software ArcGIS, con la finalidad de identificar los zonas de mayor concentración de PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ en la zona de estudio. La toma de datos lo realizó utilizando un muestreador casero, al igual que los datos obtenidos de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) ubicada en el sector de Carapungo; con estos se valida la metodología de muestreo mediante el método de regresión lineal o mínimos cuadrados. Logró recolectar los datos de concentración en 16 puntos estratégicos con duplicados cada uno cubren la ruta Collas, con los que se obtuvo

mapas de la zona analizada uno por cada método propuesto, los mismos se validaron mediante la aplicación de la herramienta Arctoolbox relacionando los datos obtenidos con respecto al blanco, se presenta el valor de incertidumbre indica una proximidad en relación a la concentración real; siendo el modelo Inverse distance weighted (IDW), respondió de mejor manera al comportamiento de PM_{10} en la zona permitiendo así obtener un modelo donde se logró diferenciar las zonas de menor y mayor concentración de PM_{10} , a diferencia de los modelos Spline y Kriging.

Sin embargo, ciertos estudios han analizado por el grupo de trabajo multidisciplinario, GTM (2020) señala que cómo la mejora de la calidad de aire durante el confinamiento puede tener beneficios asociados en cuanto a reducción de la mortalidad y morbilidad relacionada con ésta. Dichos estudios, miden la concentración de contaminantes y estiman su posible reducción debida al confinamiento, así como la reducción en mortalidad y morbilidad con relaciones exposición-respuesta.

El día 15 de marzo del 2020 fue una fecha crítica para el estado peruano, en base a la proclamación del estado de emergencia mundial emitido por la OMS – Organización Mundial de la Salud donde se declara en el Perú estado de emergencia por Covid - 19 considerando para nuestra investigación los meses de marzo y abril, en el que se dicta la medida de cuarentena domiciliaria a toda la población peruana, así como el cierre de las actividades industriales.

Al respecto Vizcarra (2020) expone: “Que durante estos días la naturaleza ha tenido un respiro y es evidente la mejora, esto lo demuestran mediciones realizadas por el MINAM donde indican que la calidad de aire en Lima alcanzó niveles que recomienda Organización Mundial de Salud (OMS), algo que no pasaba hace mucho”, indicó.

Según SENAMHI, señala que las mediciones realizadas todos los días desde iniciada la cuarentena en la estación de calidad de aire del distrito de San Juan de Lurigancho, registraron su valor de contaminación más bajo este viernes 20 de marzo, alcanzando los $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de acuerdo al parámetro $\text{PM}_{2.5}$, cifra se ubica dentro del rango máximo de las $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como máximo por año en promedio que la OMS recomienda. Asimismo, la medición del día de 23 de marzo siguió la tendencia con una cifra de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (SENAMHI, 2020, p. 3).

Este periodo de emergencia representó una disminución en la actividad industrial y en la reducción del tránsito vehicular en las principales ciudades del Perú, incluida Lima Metropolitana. Como consecuencia a lo anteriormente mencionado la calidad atmosférica se vió beneficiada en la zona de estudio representando una oportunidad para la realización de este estudio de investigación.

Es así que la presente investigación se empleó el ArcGis 10.7.1 como principal herramienta de modelamiento ambiental y en la elaboración de un modelo (mapa) de la concentración de material particulado de las dos variables de contaminación atmosférica declaradas por la OMS – Organización mundial de la salud, siendo estas: PM_{10} (material particulado 10 micras), $\text{PM}_{2.5}$ (material particulado 2.5 micras), se logró modelar (mapa) la concentración de estas 2

importantes variables, las cuáles son medidas mensualmente por el SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, asimismo considerando los Índice de calidad del aire, emitida por la Resolución N°181-2016-MINAM (decretada por el Ministerio del Ambiente del Perú).

Antecedentes

Desde el día que se decretó el estado de alarma en España, el pasado 14 de marzo, los ciudadanos han estado confinados en sus hogares. Una situación que ha hecho que tanto los desplazamientos como la actividad industrial se limiten y por tanto bajen los niveles de contaminación atmosférica, principalmente de NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ y CO, etc. Esta mejora de la calidad del aire ha sido especialmente evidente en las grandes ciudades a nivel mundial. En España, según datos de la Agencia Europea del Medio Ambiente se ha observado una reducción importante de los niveles de NO₂ durante las tres primeras semanas de confinamiento por la pandemia comparado con los niveles en el mismo periodo del año 2019, Madrid y Barcelona son las ciudades donde las diferencias son más manifestadas, por presentar previamente un aire de peor calidad, con una reducción en 41% y 55%, respectivamente (Aragón, 2020, p. 1).

Durante la investigación realizada por Gaitán, M. (2007) mostró un análisis de los registros contenidos en la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá. Se pudo construir una base de datos que fue organizada con una estructura para poder facilitar la validación y el análisis de la información, la cual fue utilizada para evaluar de forma cuantitativa el estado de la calidad del aire del País. Donde las concentraciones atmosféricas de material particulado superan los valores establecidos por la reglamentación ambiental del País.

En un estudio realizado por Gaitán (2007) logró demostrar que en la zona industrial de Bogotá muestra las concentraciones medias anuales de PM_{10} para las 11 estaciones de la RMCAB (Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá), cuentan con equipos para las mediciones de dicho contaminante. En los años 1998 y 2005, siete de estas estaciones han reportado medias anuales que superan la norma anual para PM_{10} . Se demostró los resultados referentes a las violaciones de la norma de calidad del aire para PM_{10} expresados en términos de la métrica IPE. Siendo una contaminación para toda Bogotá.

Lenin, R. (2017) hace mención en su investigación, que los aeropuertos son considerados como fuentes de contaminación del aire; debido a los gases de escape, emitidos por los aviones y los motores diésel, las emisiones directas de combustible durante el reabastecimiento de los aviones y las partículas de mayor tamaño generadas por los frenos, los neumáticos, el asfalto, el suelo, etc. Como emisores de altas concentraciones de material particulado (PM_{10}). Donde su objetivo más importante en este artículo fue determinar el método más apropiado para la medición de concentración de material particulado (PM_{10}), mediante un análisis geo-estadístico de tres métodos (IDW, SPLINE, KRIGING) por medio del Software ArcGIS, con la finalidad de identificar las zonas de mayor concentración de PM_{10} , donde se realizó un mapa con coordenadas y puntos de muestreo en la zona de estudio usando ArcGIS y Google Earth. Como resultado se obtuvo que las zonas que muestran mayor concentración de material particulado, superan el límite máximo permisible de $100 \mu g/m^3$ valor establecido en la normativa ecuatoriana vigente y que respecto a el índice de calidad del aire se considera como sitios emergentes a los puntos de muestreo 8,9,10,11,14 y 16,

sin embargo, los puntos más críticos en comparación a los otros es el punto 9, ubicado expuestas a PM_{10} tienen un riesgo de muerte prematura o agravamiento de la enfermedad (Secretaria de Ambiente, 2015). En niños con enfermedades pulmonares se apreció una disminución en la capacidad para respirar de manera profunda, experimentando síntomas de agitación (Secretaria de Ambiente 2015); en adultos mayores se puede agravar los cuadros de enfermedades respiratorias en la zona de despegue de aviones del aeropuerto, como también en el redondel donde la afluencia de vehículos es muy alta en los puntos de monitoreo 10 y 11 que resultarían de la dispersión del material particulado.

Rodríguez, L. (2014), hace mención en investigación titulada como la aplicación de métodos de interpolación y modelamiento geo-estadístico en evaluación de calidad de aire en Bogotá, donde la información utilizada para la elaboración fue extraída de la base de datos de la Red de Calidad del Aire de Colombia que contiene las mediciones de las estaciones de la red en el periodo del 1 de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2013, que se contará con información de 13 estaciones meteorológicas, ubicadas en toda la ciudad contando con variables de material particulado ($PM_{2.5}$ PM_{10} , PST) a su vez gases contaminantes (O_3 , NO_2 , CO , SO_2). velocidad y dirección del viento, temperatura, radiación solar, que tiene como finalidad identificar límites máximos y mínimos de concentración con los métodos de interpolación que serán utilizados para generar dichos modelamientos de concentración de material particulado. Se puede mostrar un diagrama de caja en el que vemos una distribución un poco menos homogénea

que, con el PM_{10} , pero que sigue mostrando una tendencia normal que indica una distribución uniforme de la concentración en las estaciones monitoreadas. (p.6).

Según Cervantes, J. (2011) menciona en su investigación que en la Región de la Cuenca Atmosférica del Valle de México se presentó una gran cantidad de actividades que son naturales y a su vez antropogénicas, las que producen alteraciones del aire atmosférico que al superar ciertos niveles de tolerancia pone en peligro la salud de los ecosistemas y las poblaciones circundantes; el problema se acentúa en la época de invierno cuando los contaminantes se quedan atrapados en las capas inferiores de la atmósfera por las inversiones térmicas que existen en el Valle de México, se sabe que la topografía en la zona no solo la forma de la Cuenca, dicha zona se encuentra rodeada de volcanes y sierras a su vez juegan un papel muy importante en la acumulación de ciertos contaminante como partículas PM_{10} , que son emitidas, hacen que se extienda hacia otras áreas; pero el viento no solo dispersa el polvo generado por suspensión de los caminos, tanto pavimentados como no pavimentados, también erosiona los suelos desnudos. Un ejemplo de ello es la zona del ex lago de Texcoco, la cual es foco de emisiones de partículas suspendidas. Para este estudio se consideró la modelación geoespacial con el Software ArcGis de manera exitosa para el análisis e interpretación de fenómenos espaciales y espacio-temporales. Este geo-espacio presentó problemas de contaminación atmosférica, producto de las emisiones vehiculares, industriales, domésticas y naturales. A pesar de que los gobiernos Federal, Estatal y del Distrito Federal han creado programas de calidad de aire, que han logrado la instrumentación de algunas medidas de control en la reducción de emisiones, así como la

disminución de los niveles de algunos contaminantes (monóxido de carbono, plomo y dióxido de azufre); las partículas PM_{10} continúan rebasado las normas de calidad del aire constituyéndose en el principal problema de contaminación en la atmósfera del Valle de México. Cervantes Encontró como resultado la localización en 4 mapas elaborados en los que refleja rasgos en una distribución espacial de las partículas PM_{10} semejante, las concentraciones más altas aparecen en la zona Norte de la CAVM, este hecho lo podemos explicar, debido a que en la región norte se encuentra un parque industrial, es también un factor importante de emisiones de PM_{10} ; por lo que también considera que en la ubicación de la cuenca existen eventos de inversión térmica los cuales se rompen después del mediodía ocasionado que en los meses de invierno las concentraciones de las partículas aumenten.

1.1.1. Definiciones Conceptual

1.1.2.1 D.S. 044-2020 – PCM – Emergencia Nacional covid-19

El D.S. 044-2020 – PCM Es el Decreto supremo que declara estado de emergencia nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote del Covid-19 en Perú. En el estado de emergencia, se dispuso el cierre total de fronteras, a su vez quedó suspendido el transporte internacional de pasajeros, por medio aero, marítimo y por medio terrestre, siendo vigente desde las 23.59 horas del día Lunes 16 de marzo del 2020. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2020, p.1).

1.1.2.2 Valores del índice de calidad del aire (INCA)

MINAM hace mención que los valores INCA fueron calculados tomando como base los estándares de calidad de aire y como rango final, a el valor umbral de aplicación de los niveles de Estándares de alerta. El INCA se elaboró sobre la base de información de calidad del aire que se genere en las zonas de atención prioritaria. Los valores del índice de calidad de aire se clasifican en 4 categorías, donde la banda de color verde comprende valores de 0 -50 que significa que calidad del aire es buena, la banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire, la banda de color anaranjado se encuentra comprendida en los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante. (MINAM,2016, p. 3).

1.1.2.3 Para que realizar un monitoreo de PM₁₀ y PM_{2.5}

La Organización Mundial de la salud indica que ayuda a determinar las concentraciones de material particulado en concentraciones de ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$) tanto en PM₁₀ y PM_{2.5} a su vez realizar evaluaciones de calidad de aire, con la única finalidad de prevenir que la presencia de contaminantes en atmósfera en el aire pueda representar un riesgo en la salud de la población en general y más aún en población vulnerable (Bronquitis, asma, TBC, amigdalitis, Conjuntivitis ,etc.) y en el medio ambiente es un problema latente porque lo tenemos constantemente. (Organización Mundial de la Salud, 2018, p.1).

Tabla 1.

Cuidados y Recomendaciones del Índice de calidad del Aire.

CLASIFICACION	CUIDADOS	RECOMENDACIONES
BUENA	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre.
MODERADA	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podrían experimentar a unos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones ara la población sensible.
MALA	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
UMBRAL DE CUIDADO	La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible ,tales como niños ,ancianos ,personas con enfermedades pulmonares y cardiovasculares	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N°009-2003SA y su modificatoria Decreto supremo N°012-2005-SA.

Fuente: Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM, Índice de calidad de aire (INCA)

1.1.2.4 Material Particulado

Al referirse al termino de material particulado la Universidad de Antioquia (2006) señala que son partículas sólidas y/o líquidas que contaminan el aire tanto orgánicos como inorgánicos, naturales y antropogénicos de composición variable suspendidos en el aire. los mecanismos de formación, las partículas pueden ser emitidas como tales a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (partículas secundarias).

Universidad de Antioquia (2006), El origen del material particulado es muy variado e incluye, actividades agrícolas e industriales, tráfico de vehículos, erosión de suelo, erosión de vías caminos y carreteras, abrasión de llantas y frenos, volcanes, incendios forestales, tormentas de arena y partículas originadas de organismos vivos incluyendo polen, microorganismos y restos de ellos, muchos otros.

1.1.2.5 PM₁₀ – Material Particulado 10 micras

El gobierno de España (2019) señala que el PM₁₀, como aquellas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera y cuyo diámetro varía en 2.5 y 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro) (p.1).

1.1.2.6 Material Particulado 2.5. micras

PM_{2.5} es el material particulado o PM (por sus siglas en inglés) 2.5, son partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 2.5 micrómetros (aproximadamente 1 diezmilésimo de pulgada) o menos de diámetro. (OEHHA, 2020, p. 1).Estas partículas pueden provenir de los automóviles,

camiones, fábricas, quema de madera y otras actividades (OEHHA, 2020, p. 1).

1.1.2.7 Servicio Nacional de Metrología e Hidrología del Perú

Organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente tiene como misión generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático para la sociedad peruana de manera oportuna y confiable, contribuyendo de esta manera a la reducción de los impactos negativos producidos por los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico. (SENAMHI, 2016, p.20).

1.1.2.8 Monitoreo de Calidad De Aire

Es una actividad consistente en observar una situación para detectar los cambios que ocurren con el tiempo. De esta manera, el monitoreo de la calidad del aire se debe llevar a cabo de una manera continua para poder observar los cambios en las concentraciones de los contaminantes con el tiempo y se define como el conjunto de metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua y sistemática las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire. Esto lo hace diferente al muestreo y análisis de contaminantes, sin embargo, por lo común se confunden las dos actividades y casi siempre se habla sólo de monitoreo. (Principios de Medición de la Calidad del aire).

1.2. Formulación del problema

¿Es posible elaborar mapas de modelamiento de la concentración del material particulado en Lima metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 considerando los meses marzo y abril utilizando el ArcGis 10.7.1?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Modelar la concentración del material particulado utilizando el software ArcGis 10.7.1 en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 considerando los meses marzo y abril del 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

Recopilar información de SENAMHI durante los meses marzo y abril de los distritos Lima Norte-Estación Carabayllo, Lima Sur-Estación de Villa María del Triunfo y Lima centro - Estación Campo de Marte.

Elaborar modelamiento de mapas específicos de los distritos: Carabayllo, Villa María del Triunfo, Campo de Marte utilizando el software ArcGis 10.7.1 del parámetro PM_{10} durante el estado de emergencia Nacional COVID 19 en los meses de marzo y abril del 2020.

Elaborar modelamiento de mapas específicos de los distritos Carabayllo, Villa María del Triunfo, Campo de Marte utilizando el software ArcGis 10.7.1 del parámetro $PM_{2.5}$ durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 en los meses de marzo y abril del 2020.

Realizar Mapas Específicos de acuerdo a la valoración colorimétrica de los INCAS en los tres distritos Carabayllo, María del Triunfo, Campo de Marte utilizando el software ArGis 10.7.1 para la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

En base al modelamiento elaborado en ArcGis 10.7.1 se demuestra la presencia de concentración de material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ en los meses de marzo y abril del 2020 en el periodo de Emergencia Nacional Covid-19.

1.4.2. Hipótesis específica

Se logró elaborar un modelamiento específico en ArGis 10.7.1 y se pudo demostrar que durante el estado de emergencia nacional hubo presencia de concentración de material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ considerando la valoración colorimétrica de los INCAS en los 3 distritos, Carabayllo, Campo de Marte y Villa María del Triunfo.

Mediante la elaboración de mapas para la de concentración de material particulado con ArcGis 10.7.1, se demuestra que se puede realizar de manera satisfactoria un modelamiento de concentración de PM_{10} , $PM_{2.5}$ con los datos diarios obtenidos de SENAMHI-Lima-Perú.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de alcance exploratorio y descriptivo a la vez.

Según Sampieri, hace mención que una investigación de alcance descriptivo busca especificar propiedades, características, perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren. (Hernández, 2014, p. 4)

La investigación de alcance exploratorio tiene como objetivo examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes. Tal sería el caso de investigadores que pretendieran analizar fenómenos desconocidos o novedosos como: una enfermedad de recién aparición, una catástrofe, cambios climáticos, contaminación aire, etc. (Hernández, 2014, p. 91).

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1 Población

La población de estudio será en un área de 2819.26 km², área que corresponde a la zona de Lima Metropolitana, plasmada en una imagen satelital de 30x30 de resolución espacial.

2.2.2 Muestra

Conformada por las 3 estaciones de monitoreo de SENAMHI, que abarcan la zona de Lima Metropolitana, dividida en Lima Norte: Estación Carabayllo, Lima Sur: Estación de Villa María del Triunfo y Lima Centro: Estación de Campo de Marte.

Tabla 2.

Estaciones de monitoreo de Lima-Metropolitana

	ESTACION	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
LIMA NORTE	CRB – Estación Carabayllo	278892.31	8683696.19
LIMA SUR	VMT – Estación de Villa María del Triunfo	291083.75	8654308.14
LIMA CENTRO	CDM – Estación de Campo de Marte	277593.77	86664821.07

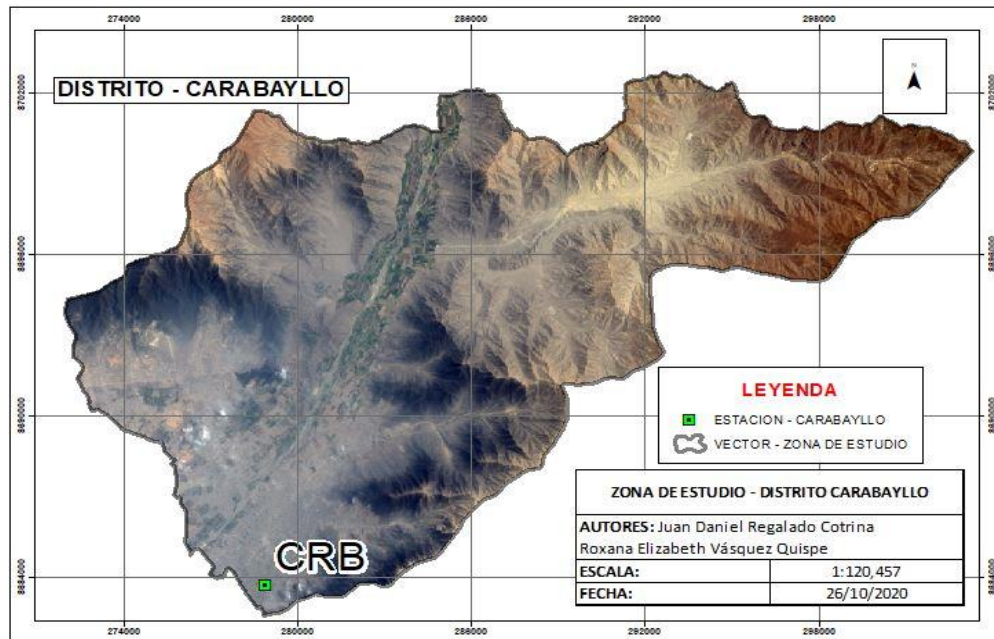


Figura 1. Imagen tomada por el satélite Landsat 8 en ArcGis, del punto de la zona de estudio del distrito de Carabayllo (Lima Norte) en Lima Metropolitana.

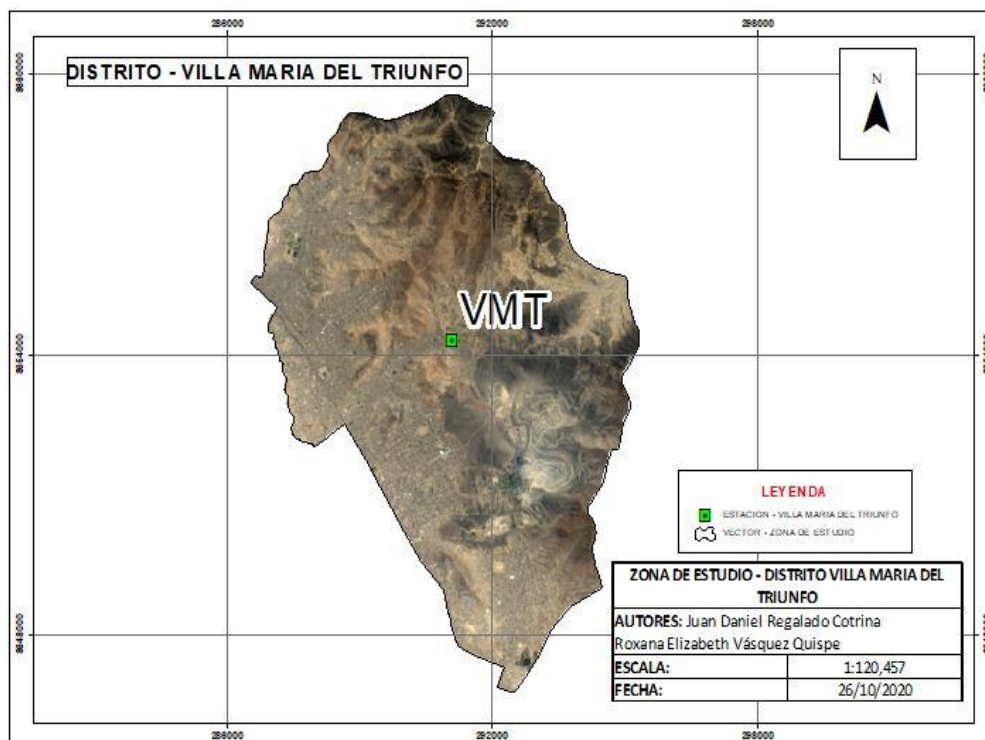


Figura 2. Imagen tomada por el satélite Landsat 8 en ArcGis, del punto de la zona de estudio del distrito de Villa María Del Triunfo (Lima Sur) en Lima Metropolitana.

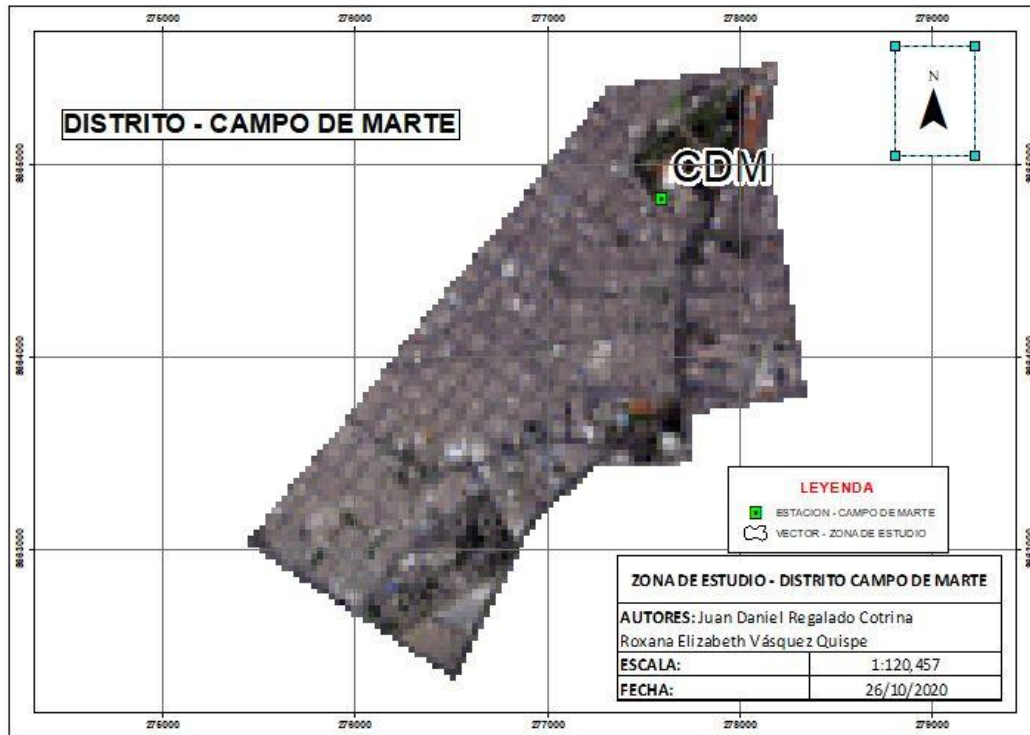


Figura 3. Imagen tomada por el satélite Landsat 8 en ArcGis, del punto de la zona de estudio del distrito de Jesús María (Lima Centro) en Lima Metropolitana.

2.2.3 Materiales

- Información proporcionada por SENAMHI de concentraciones diaria y mensual de PM₁₀, PM_{2.5} y variables meteorológicas proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), periodo 2020.
- Laptop Core i7 Toshiba.
- Software ArcGis 10.7.1.
- Imagen Satelital LANDSAT 8 de la zona de estudio.

2.2.4 Instrumentos

Los instrumentos utilizados por SENAMHI en las 3 estaciones para el monitoreo de material particulado son los siguientes:

2.2.4.1 Thermo Beta 5014i

Es un monitor de medición para material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} de atenuación beta, marca Thermo Scientific, modelo 5014i, que mide en tiempo real y forma continua, sin saltos en ninguna información, A su vez incluye un Kit externo de chequeo de calibración, cabezal de $PM_{2.5}$ y PM_{10} VSCC con tubo calefaccionado con 22 metros sobre el nivel del techo de acuerdo a norma EPA. (Laboratorio de calibración de analizadores de gas acreditado por INN Chile, 2014-2018).

2.2.4.2 Thermo TEOM1405

Es un monitor continuo de partículas que permite medir simultáneamente las fracciones de $PM_{2.5}$ y PM_{10} , midiendo directamente la concentración en masa en el aire, la cual está compuesto por dos Sistemas de Medición Dinámica del Filtro (FDM) y dos sensores de masa TEOM que están ubicados en un solo gabinete, con una configuración lista para conectarse directamente a la red a su vez incluye la interfaz de control de usuario con pantalla táctil. (Laboratorio de calibración de analizadores de gas acreditado por INN Chile, 2014-2018)

Cabe mencionar que el sistema esta propiamente diseñado para proporcionar lecturas representativas en corto o largo plazo de la concentración de material particulado ambiental.

Tabla 3.

Descripción de los equipos de monitoreo de calidad de aire

Estación de Carabaylo (CRB)		
Parámetro	Marca del Equipo	Principal de Funcionamiento
PM₁₀	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
PM_{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta




Tabla 4.

Descripción de los equipos de monitoreo de calidad de aire

Estación de Villa María del Triunfo (VTM)		
Parámetro	Marca del Equipo	Principal de Funcionamiento
PM₁₀	Thermo TEOM1405	Micro balanza oscilatoria
PM_{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta





Tabla 5.

Descripción de los equipos de monitoreo de calidad de aire

Estación de Jesús María (Campo de Marte)(CDM)		
Parámetro	Marca del Equipo	Principal de Funcionamiento
PM₁₀	Thermo TEOM1405	Micro balanza oscilatoria
PM_{2.5}	Thermo 5014i	Atenuación de rayos beta



2.2.5 Métodos

Los métodos utilizados por SENAMHI para medir las variables de estudio son los siguientes:

2.2.5.1 La atenuación de Rayos beta

Consiste en la medición de partículas, se basa principalmente en la absorción de radiación Beta de las partículas emitida por una fuente radiactiva. Las partículas que ingresan al analizador son mediante una bomba de succión, pero se retienen en un filtro donde son las partículas que están retenidas reducen la intensidad del haz lo cual es detectado y convertido en señal eléctrica. (Villacorta, 2019, p. 10).

2.2.5.2 Micro balanza Oscilatoria

El método consiste en medir la cantidad de masa recolectada de una muestra de aire a una velocidad continua, las partículas se recolectan en un filtro. La cantidad de masa en la muestra recolectada se calcula a partir del cambio en la frecuencia del elemento en un período de tiempo fijo. (Villacorta, 2019, p. 11).

Tabla 6.

Métodos –SENAMHI

PARÁMETRO	METODO
PM ₁₀	Micro balanza Oscilatoria
PM _{2.5}	Atenuación de Rayos Beta

Fuente: Boletines SENAMHI-2020.

2.5.2.3 Evaluación y Cálculo del Índice de Calidad del aire (INCA)

Se calculó los índices de calidad del aire por contaminante, mediante datos proporcionados por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú de concentraciones diaria y mensual de PM₁₀, PM_{2.5} y variables meteorológicas durante el periodo 2020, mediante la siguiente ecuación.

Tabla 7.

Cálculo del Índice de calidad del aire por contaminante - PM₁₀.

MATERIAL PARTICULADO (PM ₁₀) PROMEDIO 24 HORAS		
INTERVALO DE INCA	INTERVALO DE CONCENTRACION (µg/m ³)	ECUACION
0-50	0-75	$I (PM_{10}) = \frac{(PM_{10})}{150} * 100$
51-100	76-150	
101-167	151-250	
>167	>250	

Fuente: Índice de calidad de aire (INCA) RM N° 181- 2016 - MINAM.

Tabla 8.

Cálculo del Índice de calidad del aire por contaminante – PM_{2.5}.

MATERIAL PARTICULADO (PM _{2.5}) PROMEDIO 24 HORAS		
INTERVALO DE INCA	INTERVALO DE CONCENTRACION (µg/m ³)	ECUACION
0-50	0-12.5	$I (PM_{2.5}) = \frac{(PM_{2.5})}{25} * 100$
51-100	12.6-25	
101-500	25.1-125	
>500	>125	

Nota: Para el material particulado PM_{2.5}, el valor umbral de alerta corresponde al 50% del valor PM₁₀, tal como lo establece las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), es decir 125 µg/m³ para 24 horas.

Fuente: Índice de calidad de aire (INCA) RM N° 181- 2016 - MINAM.

2.5.2.4 Las estaciones de monitoreo de SENAMHI que abarcan la zona de

Lima Metropolitana su código son las siguientes

Tabla 9.

Estaciones de Muestreo en Lima – Metropolitana

ZONA:	ESTACIONES METEREOLÓGICAS		CONTAMINANTES PRESENTE EN EL AIRE	
			MATERIAL PARTICULADO PROMEDIO MENSUAL	
			PM ₁₀	PM _{2.5}
LIMA NORTE	Estación Carabayllo	(CRB)	X _{f1}	Y _{f1}
LIMA SUR	Estación de Villa María del trunfo	(VTM)	X _{f2}	Y _{f2}
LIMA CENTRO	Estación Campo de Marte	(CDM)	X _{f3}	Y _{f3}

Las variables analizadas en cada estación de SENAMHI serán las siguientes:

- a) PM₁₀ (Material Particulado 10 micras).
- b) PM_{2.5} (Material Particulado 2.5 micras).

Condición de monitoreo de las variables en las estaciones:

Material particulado –Promedio PM₁₀:

X_{f1}: Promedio final de material particulado PM₁₀, de la estación (CRB).

X_{f2}: Promedio final de material particulado PM₁₀, de la estación (VTM).

X_{f3}: Promedio final de material particulado PM₁₀, de la estación (CDM).

Material particulado –Promedio PM_{2.5}:

Y_{f1}: Promedio final de material particulado PM_{2.5}, de la estación (CRB).

Y_{f2}: Promedio final de material particulado PM_{2.5}, de la estación (VTM).

Y_{f3}: Promedio final de material particulado PM_{2.5}, de la estación (CDM).

Tabla 10.

Resolución Ministerial N°181-2016 MINAM Índice de calidad de aire, (INCA) y su valoración colorimétrica en el Modelo de Mapa de ArcGis 10.7.1

PARAMETRO	(INCA) INTERVALO	VALORACION COLORIMETRICA (modelo mapa ArcGis 10.7.1)
PM ₁₀	0-50	VERDE Clave de naranja verde espectral): PM ₁₀ (Limite 0-50)
	51-100	AMARILLO Clave de naranja amarillo espectral): PM ₁₀ (Limite 51-100)
	101-167	NARANJA (Clave de naranja firma espectral): PM ₁₀ (Limite 101-167)
	>167	ROJO (Clave de rojo firma espectral): PM ₁₀ (Limite >167)
PM _{2.5}	0-50	VERDE Clave de naranja verde espectral): PM _{2.5} (Limite 0-50)
	51-100	AMARILLO Clave de naranja amarillo espectral): PM _{2.5} (Limite 51-100)
	101-500	NARANJA (Clave de naranja firma espectral): PM _{2.5} (Limite 101-500)
	>500	ROJO (Clave de rojo firma espectral): PM _{2.5} (Limite >500)

Fuente: RM N° 181-2016-MINAM. Índice de Calidad de Aire (INCA)

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas

La técnica que se utilizó es la observación, comparación de información proporcionada por SENAMHI y análisis de las imágenes satelitales proyectadas a un modelamiento de material particulado, que consiste en la valoración colorimétrica de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, teniendo como base el índice de calidad de aire (INCA).

Para ello se ha utilizado los siguientes instrumentos de recolección de datos, plataforma USGS, Satélite Landsat 8, Earth Explorer y el software ArcGis 10.7.1.

2.3.1.2. Instrumentos

Plataforma satelital (USGS).

Satélite Landsat 8.

Earth Explorer.

Programas para el procesamiento software ArcGis 10.7.1.

2.4 Procedimiento

En la presente investigación se empleó el uso del ArcGis 10.7.1 con el afán de obtener la concentración del material particulado, PM_{10} , $PM_{2.5}$ que nos brindó el SENAMHI de las 3 estaciones de estudio, por ello utilizamos datos de referencia del PM_{10} , $PM_{2.5}$ obtenidos de las estaciones de monitoreo de Lima-Metropolitana cuyas coordenadas están en la tabla 2 ,información ambiental fue obtenida de la base de datos del SENAMHI, en cuya base de datos se encuentran los valores diarios de dos meses(mazo y abril), pero para nuestra investigación se requirió

hacer en base a un promedio mensual, ya que cada estación de monitoreo tiene un rango distinto por lo que sus mismos distritos están alejados.

2.4.1 Ubicación Geográfica

Lima Metropolitana tiene una extensión de 2819.26 km², conformada por 5 zonas que son las siguientes, Lima Norte, Lima Centro, Lima Este, Lima Sur y Callao, las cuales solo se trabajará en 3 zonas , Lima Norte (Carabayllo),Lima Sur(Villa María de Triunfó) y Lima centro (Campo de Marte o Jesús María).

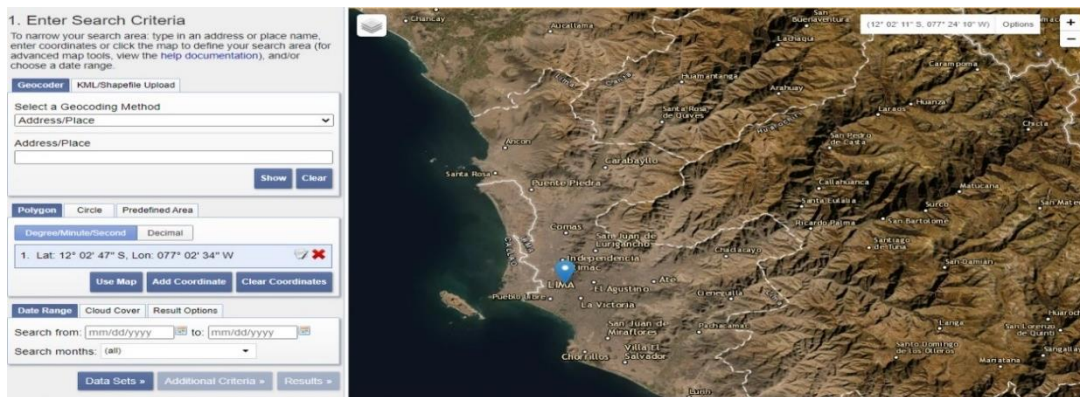


Figura 4. Ubicación de Zona de estudio.

2.4.2 Descarga de datos

Se empleó el portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), sirvió para la descarga de imágenes satelitales Landsat 8.



Figura 5. Imagen satelital de Earth Explore, extraída del el satélite Landsat 8, previa selección de área de estudio con un polígono

2.4.2.1 Se eligió el Satélite Landsat 8.

Con el que se va a descargar la imagen de toda el área de estudio, consideramos que es bueno aplicar un 10% de tierra cubierta de las nubes y un 10% de escena cubierta de nubes.



Figura 6. Imagen satelital Landsat 8, correspondiente a área de estudio con 10% nubosidad.

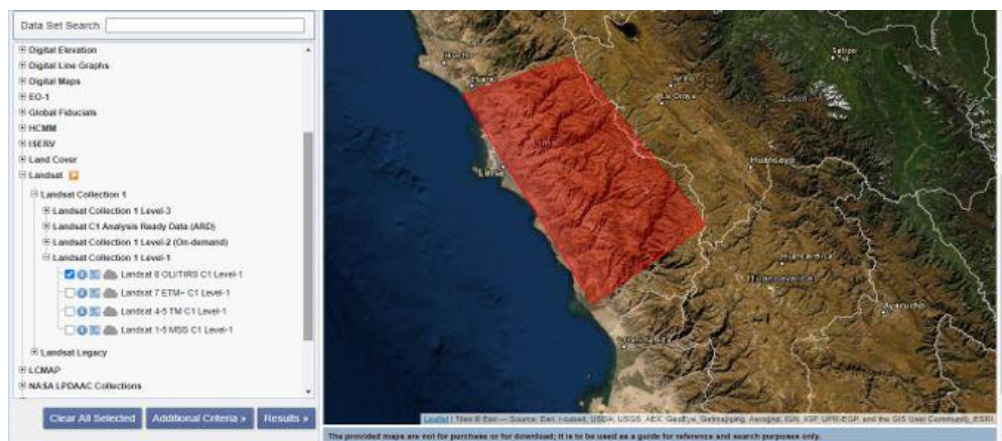


Figura 7. Imagen satelital, correspondiente a área de estudio -10% de tierra cubierta.

2.4.2.2 Finalmente se descargar una imagen que involucra toda el área de estudio

Donde se encuentran las 3 estaciones de trabajo, se seleccionó una imagen que tenga menos neblina, así tener un mejor resultado el proceso de analizar las concentraciones del material particulado, para este trabajo se necesitó descargar la imagen Level-1 Geo TIFF data Product (963.0.2MB) que es la imagen que contiene las 11 bandas.

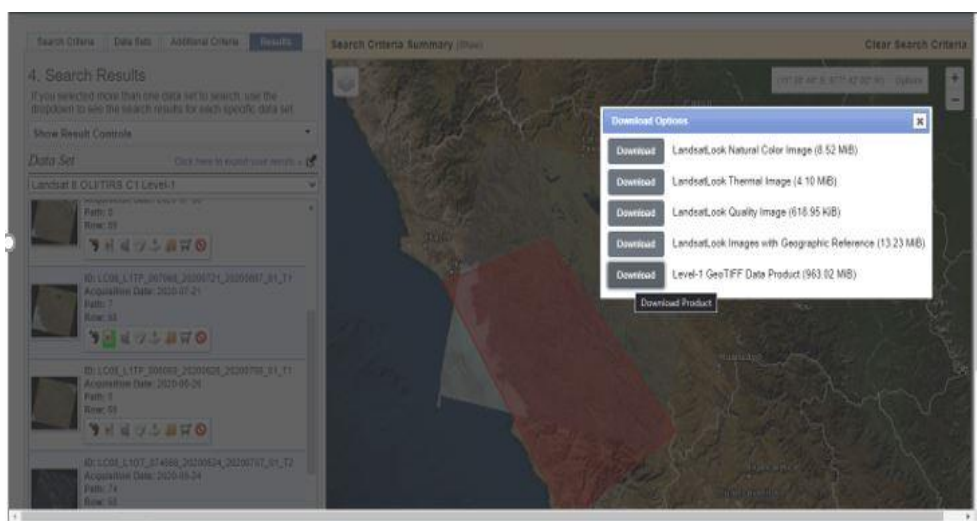


Figura 8. Descarga de 11 bandas –imagen satelital de zona de estudio.

El archivo que se descargó son imágenes de alta resolución y guardadas en una carpeta que fue fácil de poder ubicar al momento de procesarlas en ArcGIS.

Para ello se utilizó versión de software el 10.7.1, se tuvo que configurar el software a la zona correcta, en este caso se trabajó en la WGS 1984 UTM zona 18S donde se logró proyectarlas de una manera correcta y ordenada.

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.

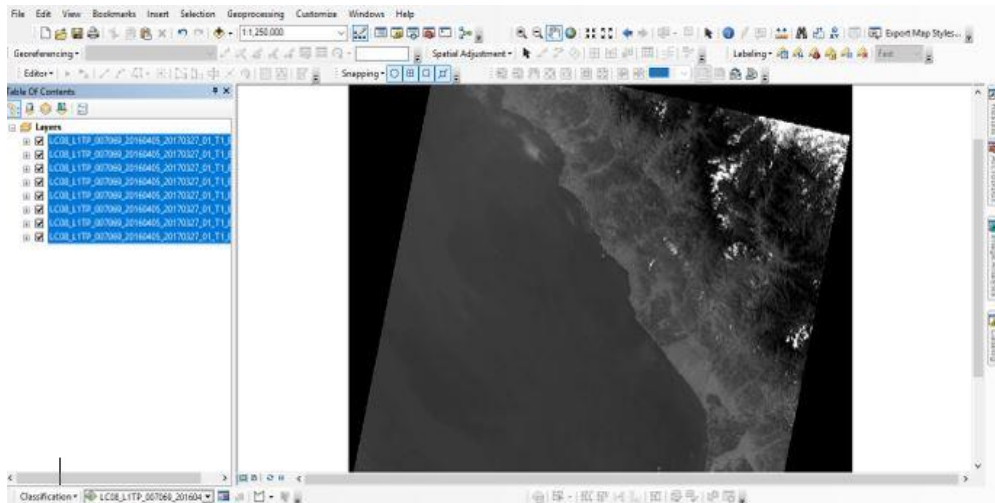


Figura 9. Capas de las imágenes satelitales, proyectadas a ArcGis 10.7.1

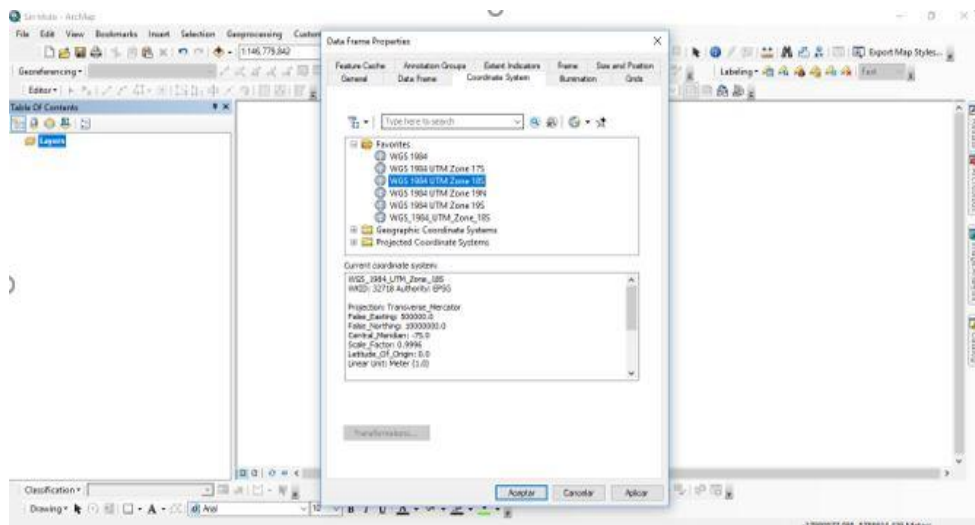


Figura 10. Imagen satelital en la WGS 1984 UTM ZONA 18S.

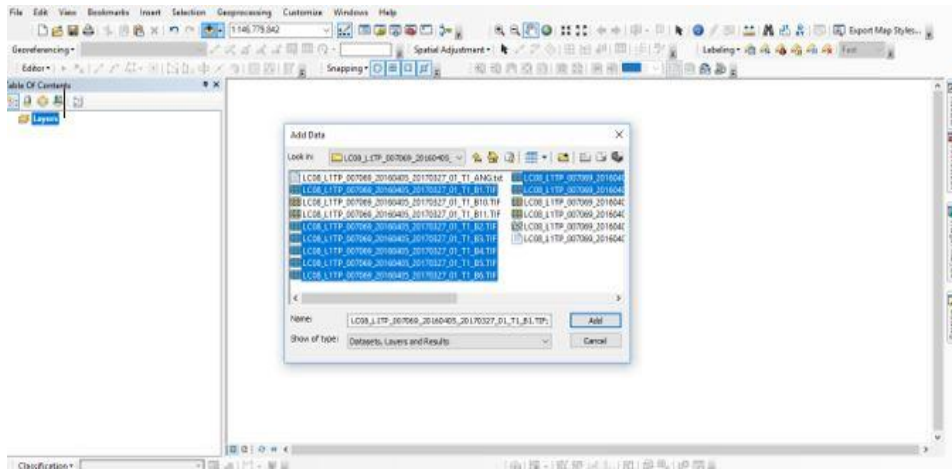


Figura 11. Imágenes satelitales con bandas en ArcGis 10.7.1.

2.4.2.3 Composición de bandas espectrales

Se procesan las imágenes en imagen de análisis así de esta manera se generó una imagen con las 7 bandas que tiene el mismo pixel, con las imágenes que se trabajó tuvo una resolución de pixel de 30x30, logrando cambiar a un modelo de color natural - en proceso de bandas fue (4-3-2)

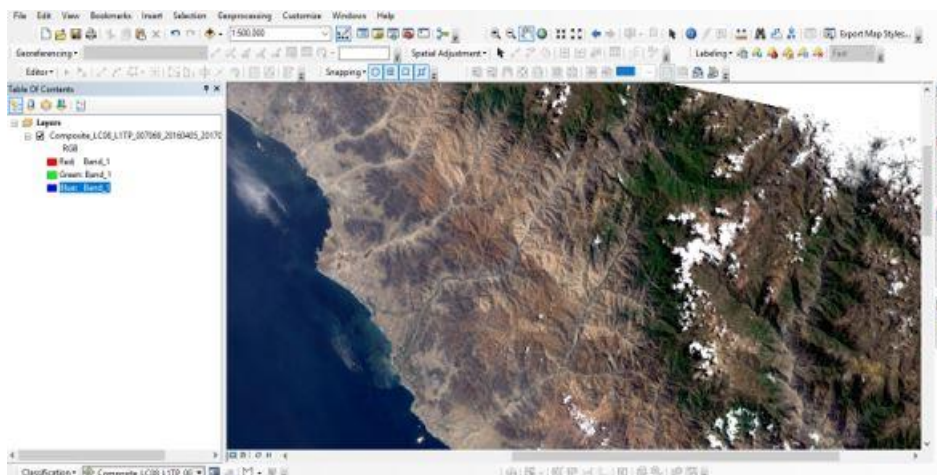


Figura 12. Imagen de análisis, compuesta por 7 bandas –con color natural y resolución de 30x30 en ArcGis10.7.1

2.4.2.5 Recorte de la zona de estudio y creación de vectores

Se realizó el corte de las imágenes satelitales descargadas en software ArcGis 10.7.1, Teniendo la imagen de toda la zona de estudio Lima – Metropolitana se creó vectores con el área de estudio, nuestra investigación a cuenta con la extracción de cada distrito de Lima – Metropolitana (Jesús María, Caraballo, Villa María del Triunfo)

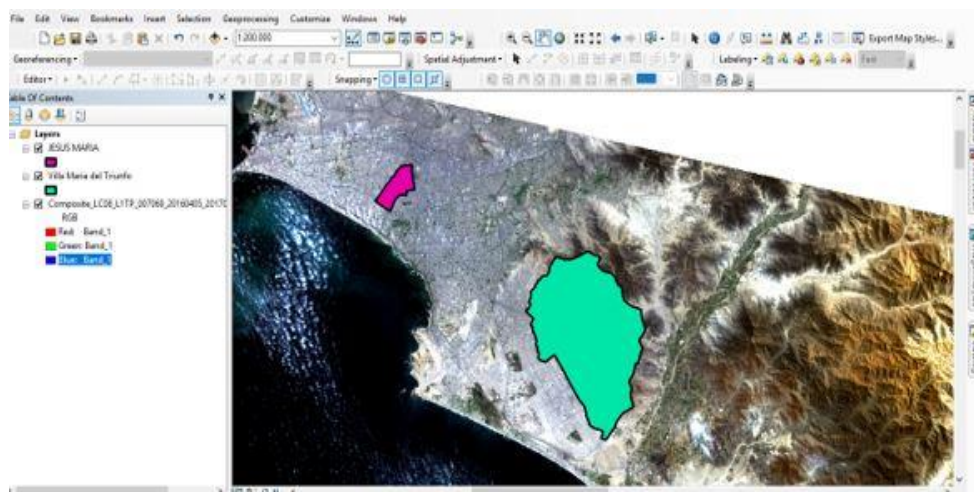


Figura 13. Capura de pantalla de los Vectores con 2 áreas visibles de Lima –Metropolitana.

2.4.2.6 Proceso interpolación

Se utilizó la interpolación para la elaboración del modelamiento en ArcGis de concentración de partículas del material particulado, ya que este procesos nos permitió predecir valores para las celdas de un ráster a partir de nuestros puntos de monitoreo que contienen datos de muestra incluyendo puntos geográficos por lo que nos permitió poder analizar las concentraciones de material particulado en la zona de los tres distritos Jesús María, Caraballo, Villa María del Triunfo en este caso se trabajó en la WGS 1984 UTM zona 18S .

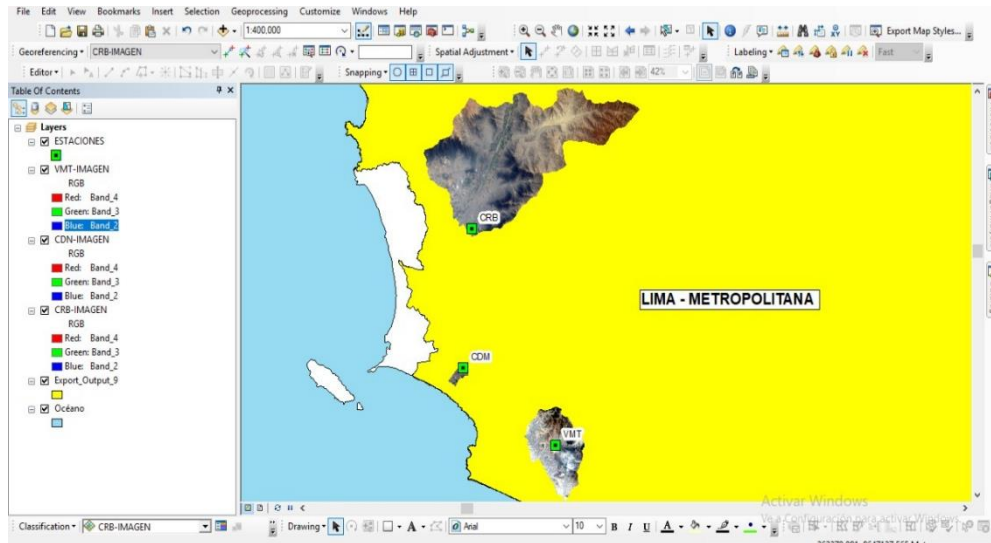


Figura 14. Puntos de monitoreo de las 3 zona de estudio en Lima Metropolitana.

2.4.2.7 Aplicación de método IDW en interpolación

Se aplicó el método IDW ya que con esta herramienta nos ayudó a estimar los valores de celdas calculando promedios de valores de nuestros puntos de monitoreo en la vencia de cada celda de procesamiento. El parámetro potencial nos permitió controlar la significancia de nuestros puntos en los valores interpolados en Z Field, teniendo en cuenta la distancia desde el punto de salida, seguidamente se delimitó los puntos para la interpolación para completar el proceso, con la herramienta Display XY data se consideró es sistema de coordinación de proyecto, el mes de monitoreo a trabajar tanto de marzo y abril, seguidamente especificamos los campos del mapa para las notas de tablas en X Field: Este, en Y Field norte y en Z Fiel: Parámetros a evaluar PM_{10} , $PM_{2.5}$.

Finalmente se configuró en Layer Properties para cambiar la variedad de colores que nos arroja el sistema de manera automática a los colores 4 colores (Verde, Naranja, Amarillo y Rojo) en base al índice de calidad de aire con la que estamos trabajando para la respectiva evaluación de material particulado.

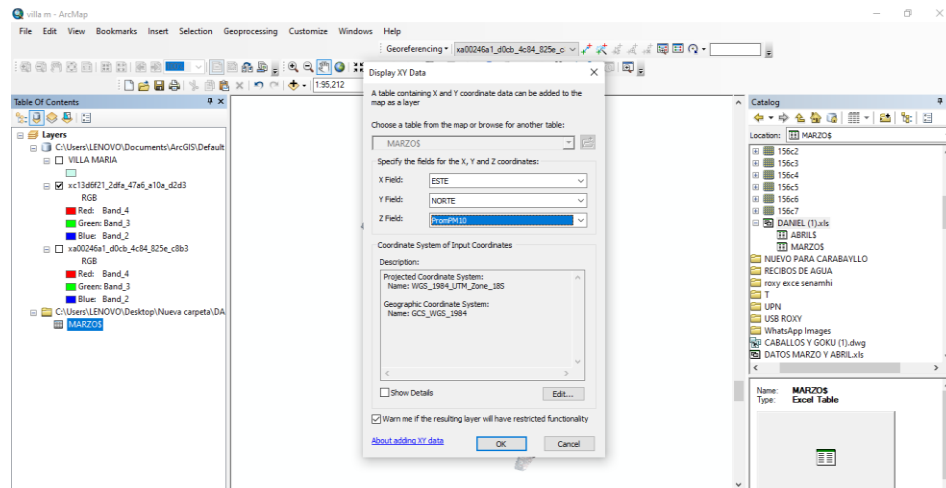


Figura 15. Configuración de notas de tabla X, Y y Z parámetros a interpolar.

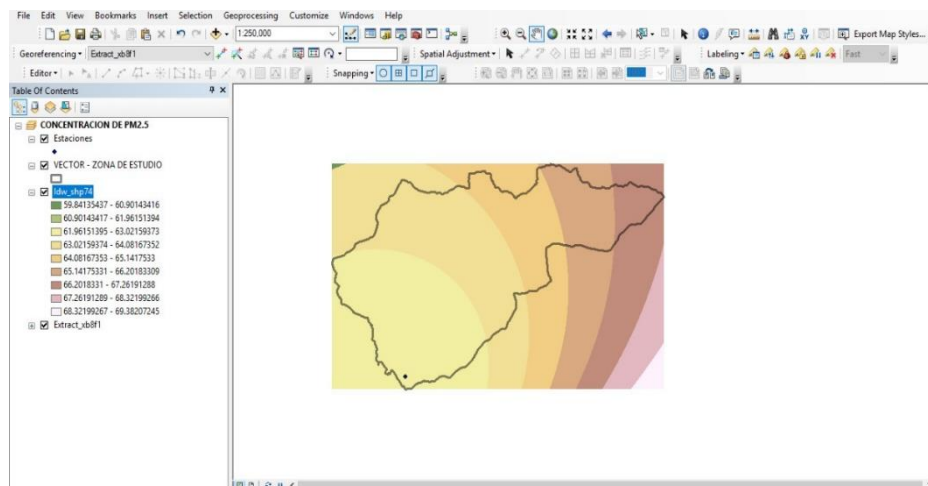


Figura 16. Interpolación realizada con colores automáticos.

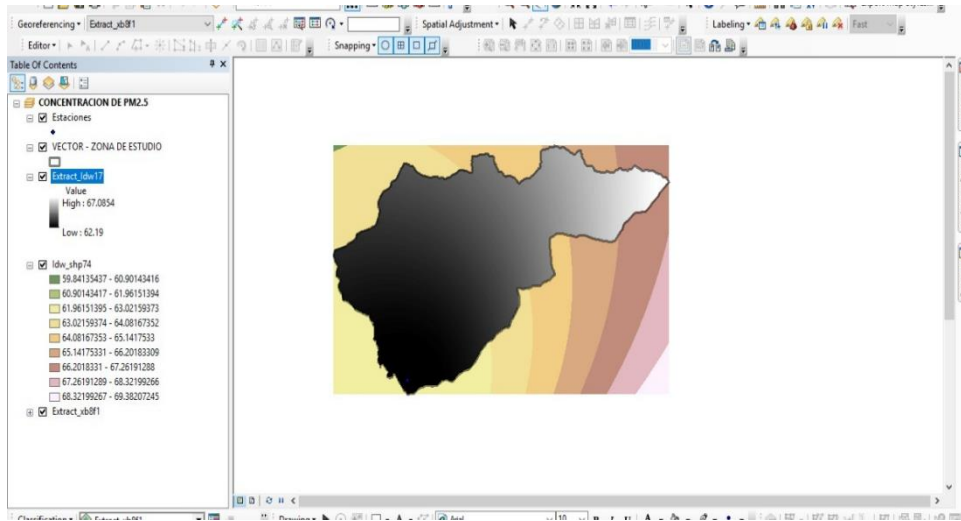


Figura 17. Extracción por máscara.

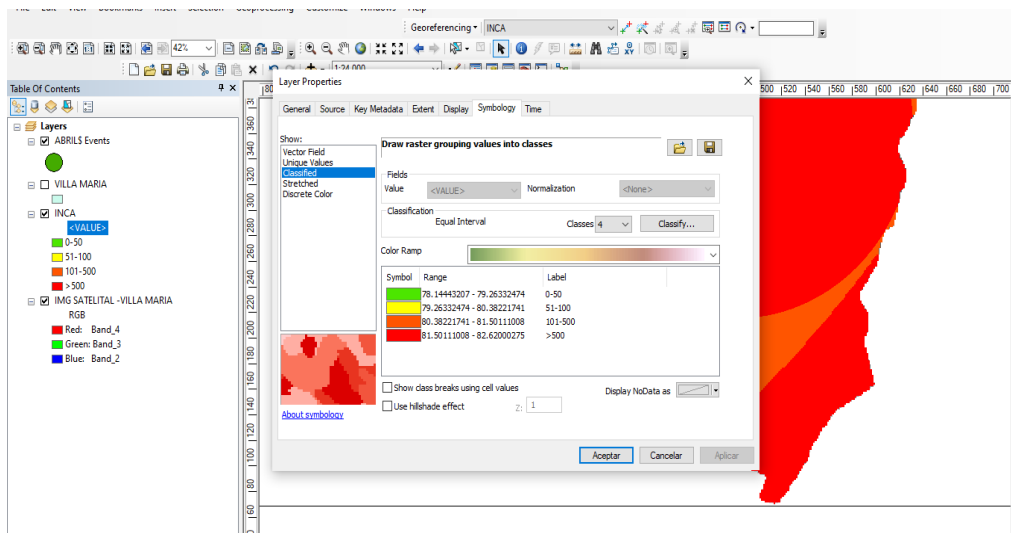


Figura 18. Configuración en Layer Properties a los 4 colores de INCA Interpolación termina

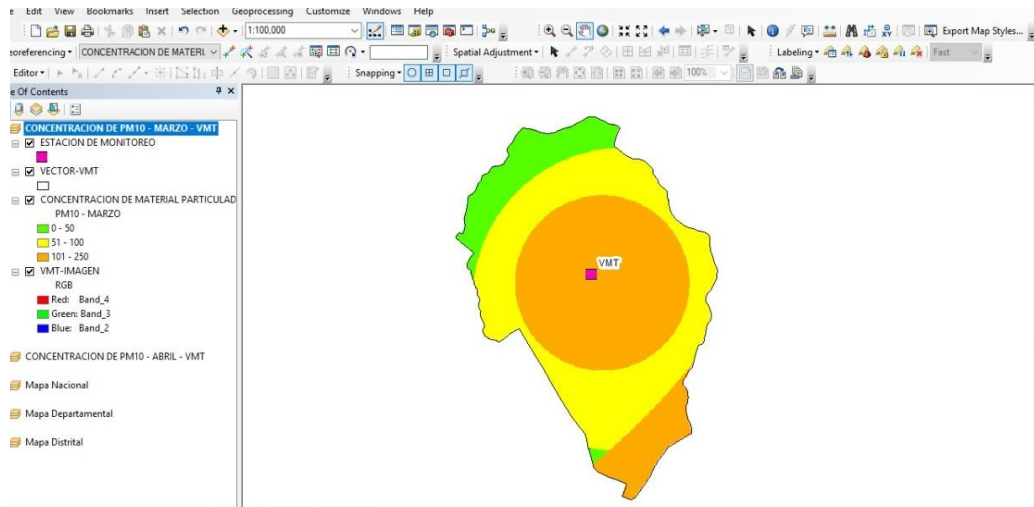


Figura 19. Modelamiento de mapa según intervalo de INCA.

2.4 Aspectos Éticos

En el presente trabajo de investigación se basó en el uso de información y datos confiables, proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú de concentración diaria y mensual de PM₁₀, PM_{2.5} de las Estación Carabayllo, estación Jesús María y Estación Villa María del Triunfo de los meses marzo y abril del 2020, a su vez se utilizó imágenes satelitales Landsat 8, el cual fueron obtenidos de una plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), programa de mayor trayectoria en la adquisición de imágenes satelitales de nuestro planeta, donde se realiza la búsqueda y descarga de imágenes, fotografías aéreas a través de un mapa interactivo, en su mayoría es de uso gratuito y comercial con fines educativos para usuarios de todo el mundo, se utilizó el software ArcGis que nos permitió la distribución de información geográfica para el modelamiento de la concentración de material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de Emergencia, para el caso de información adjuntada fueron obtenidas de sitios fidedignos y debidamente citadas con Normas APA

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Una vez obtenido los resultados de las variables de las 3 estaciones de monitoreo de material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ de los Distrito de Jesús María (Campo de Marte), Distrito de Caraballo y el Distrito de Villa María del Triunfo se logró calcular los valores promedios para la clasificación y elaboración de valoración colorimétrica en base a los índices de calidad de aire (INCA), modelamiento realizado en ArcGis 10.7.1, mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. Para PM_{10}

$$I (PM_{10}) = (PM_{10}) * 100/150 : \text{Ecuación para } PM_{10}$$

Ecuación 2. Para $PM_{2.5}$

$$I (PM_{2.5}) = (PM_{2.5}) * 100/25 : \text{Ecuación para } PM_{2.5}$$

Tabla 11.

Cálculo del Índice de calidad del aire Jesús María-marzo y abril – PM₁₀

CAMPO DE MARTE (CDM)		$I (PM_{10}) = (PM_{10}) * 100/150$	
MES: MARZO Y ABRIL	SENAMHI /24 HORAS	ECUACION INCA	
1/03/2020	17.56	11.71	
2/03/2020	21.65	14.43	
3/03/2020	22.27	14.85	
4/03/2020	32.22	21.48	
5/03/2020	27.24	18.16	
6/03/2020	33.37	22.24	
7/03/2020	22.83	15.22	
8/03/2020	19.48	12.99	
9/03/2020	33.31	22.20	
10/03/2020	27.91	18.61	
11/03/2020	31.26	20.84	
12/03/2020	24.66	16.44	
13/03/2020	23.84	15.90	
14/03/2020	23.66	15.78	
15/03/2020	20.67	13.78	
16/03/2020	21.47	14.32	
17/03/2020	16.72	11.15	
18/03/2020	17.59	11.73	
19/03/2020	13.81	9.21	
20/03/2020	14.18	9.45	
21/03/2020	19.34	12.89	
22/03/2020	17.66	11.78	
23/03/2020	20.50	13.67	
24/03/2020	15.87	10.58	
25/03/2020	14.47	9.64	
26/03/2020	18.16	12.11	
27/03/2020	18.14	12.09	
28/03/2020	19.50	13.00	
29/03/2020	21.06	14.04	
30/03/2020	22.94	15.29	
31/03/2020	24.17	16.12	
1/04/2020	25.62	17.08	

2/04/2020	23.57	15.71
3/04/2020	23.29	15.53
4/04/2020	18.72	12.48
5/04/2020	21.90	14.60
6/04/2020	19.65	13.10
7/04/2020	15.73	10.49
8/04/2020	16.18	10.79
9/04/2020	15.83	10.55
10/04/2020	16.79	11.19
11/04/2020	16.54	11.03
12/04/2020	16.21	10.80
13/04/2020	22.72	15.15
14/04/2020	30.62	20.41
15/04/2020	18.51	12.34
16/04/2020	16.51	11.01
17/04/2020	19.13	12.75
18/04/2020	23.67	15.78
19/04/2020	19.92	13.28
20/04/2020	20.11	13.41
21/04/2020	14.44	9.63
22/04/2020	12.11	8.07
23/04/2020	13.13	8.75
24/04/2020	13.88	9.25
25/04/2020	17.01	11.34
26/04/2020	18.58	12.39
27/04/2020	20.46	13.64
28/04/2020	24.70	16.47
29/04/2020	27.20	18.13
30/04/2020	29.92	19.95

Nota: Cálculo de calidad de aire en la estación de monitoreo del parámetro PM_{10} – Campo de Marte en el mes de marzo y abril mediante la aplicación de la ecuación INCA.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 12.

Promedio general de Jesús María -marzo de PM₁₀

PROMEDIO GENERAL MARZO

14.57

Nota: Promedio general del mes de marzo de PM₁₀ de la estación Jesús María

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 13.

Promedio general de Jesús María - abril –de PM₁₀

PROMEDIO GENERAL ABRIL

13.17

Nota: Promedio general del mes de abril de PM₁₀ de la estación Jesús María

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 14.

Cálculo del Índice de calidad del aire Villa María Del Triunfo -marzo y abril – PM₁₀

VILLA MARIA DEL TRIUNFO (VTM)		I (PM₁₀) = (PM₁₀) * 100/150
MES:MARZO Y ABRIL	SENAMHI /24 HORAS	ECUACION INCA
1/03/2020	110.16	73.44
2/03/2020	127.90	85.27
3/03/2020	105.14	70.09
4/03/2020	135.39	90.26
5/03/2020	139.36	92.91
6/03/2020	122.50	81.67
7/03/2020	131.72	87.81
8/03/2020	118.78	79.19
9/03/2020	156.29	104.20
10/03/2020	146.95	97.97
11/03/2020	143.26	95.51
12/03/2020	139.55	93.04
13/03/2020	126.03	84.02
14/03/2020	124.77	83.18
15/03/2020	107.50	71.66
16/03/2020	113.31	75.54
17/03/2020	73.44	48.96
18/03/2020	75.05	50.03
19/03/2020	48.39	32.26
20/03/2020	49.42	32.95
21/03/2020	57.71	38.47
22/03/2020	60.00	40.00
23/03/2020	87.83	58.55
24/03/2020	59.81	39.87
25/03/2020	44.30	29.53
26/03/2020	62.16	41.44
27/03/2020	67.99	45.33
28/03/2020	75.98	50.65
29/03/2020	60.53	40.36
30/03/2020	73.24	48.83

31/03/2020	66.25	44.16
1/04/2020	66.46	44.31
2/04/2020	76.33	50.89
3/04/2020	62.30	41.54
4/04/2020	52.96	35.31
5/04/2020	34.85	23.24
6/04/2020	74.14	49.42
7/04/2020	67.49	44.99
8/04/2020	69.25	46.17
9/04/2020	36.70	24.47
10/04/2020	32.75	21.83
11/04/2020	69.82	46.55
12/04/2020	39.13	26.09
13/04/2020	75.99	50.66
14/04/2020	90.81	60.54
15/04/2020	88.00	58.66
16/04/2020	103.44	68.96
17/04/2020	95.34	63.56
18/04/2020	84.08	56.05
19/04/2020	51.11	34.07
20/04/2020	100.63	67.09
21/04/2020	54.38	36.26
22/04/2020	66.93	44.62
23/04/2020	85.38	56.92
24/04/2020	76.78	51.18
25/04/2020	104.47	69.64
26/04/2020	55.09	36.72
27/04/2020	96.07	64.05
28/04/2020	86.59	57.72
29/04/2020	92.65	61.77
30/04/2020	118.89	79.26

Nota: Cálculo de calidad de aire en la estación de monitoreo del parámetro PM₁₀- Villa María del Triunfo en el mes de marzo y abril mediante la aplicación de la ecuación INCA.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 15.

Promedio general de Villa María Del Triunfo – Marzo –de PM₁₀

PROMEDIO GENERAL MARZO

64.75

Nota: Promedio general del mes de marzo de PM₁₀ de la estación Villa María del Triunfo

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 16.

Promedio general de Villa María Del Triunfo- Abril –de PM₁₀

PROMEDIO GENERAL ABRIL

49.10

Nota: Promedio general del mes de abril de PM₁₀ de la estación Villa María del Triunfo

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 17.

Cálculo del Índice de calidad del Carabayllo-marzo y abril – PM₁₀

CARABAYLLO (CRB)		I (PM₁₀) = (PM₁₀) * 100/150
MES: MARZO Y ABRIL	SENAMHI /24 HORAS	ECUACION INCA
1/03/2020	S/D	
2/03/2020	S/D	
3/03/2020	S/D	
4/03/2020	S/D	
5/03/2020	S/D	
6/03/2020	S/D	
7/03/2020	S/D	
8/03/2020	S/D	
9/03/2020	S/D	
10/03/2020	S/D	
11/03/2020	S/D	
12/03/2020	114.64	76.42
13/03/2020	87.80	58.53
14/03/2020	87.97	58.65
15/03/2020	68.22	45.48
16/03/2020	68.96	45.97
17/03/2020	46.62	31.08
18/03/2020	55.05	36.70
19/03/2020	35.54	23.69
20/03/2020	37.28	24.85
21/03/2020	43.72	29.14
22/03/2020	40.14	26.76
23/03/2020	62.14	41.43
24/03/2020	41.94	27.96
25/03/2020	32.19	21.46
26/03/2020	45.32	30.21
27/03/2020	48.54	32.36
28/03/2020	59.53	39.69
29/03/2020	47.23	31.48
30/03/2020	64.60	43.07
31/03/2020	60.57	40.38
1/04/2020	48.22	32.14

2/04/2020	54.17	36.11
3/04/2020	53.71	35.81
4/04/2020	42.68	28.45
5/04/2020	30.32	20.21
6/04/2020	47.78	31.86
7/04/2020	57.89	38.60
8/04/2020	42.24	28.16
9/04/2020	28.99	19.33
10/04/2020	32.34	21.56
11/04/2020	45.28	30.19
12/04/2020	29.78	19.85
13/04/2020	56.22	37.48
14/04/2020	56.68	37.79
15/04/2020	52.47	34.98
16/04/2020	63.97	42.64
17/04/2020	65.48	43.65
18/04/2020	60.69	40.46
19/04/2020	41.90	27.93
20/04/2020	58.89	39.26
21/04/2020	48.34	32.23
22/04/2020	39.34	26.23
23/04/2020	43.56	29.04
24/04/2020	48.26	32.18
25/04/2020	66.73	44.49
26/04/2020	37.79	25.19
27/04/2020	53.26	35.51
28/04/2020	70.69	47.12
29/04/2020	67.94	45.29
30/04/2020	78.42	52.28

Nota: Cálculo de calidad de aire en la estación de monitoreo del parámetro PM₁₀ -Carabayllo en el mes de marzo y abril mediante la aplicación de la ecuación INCA.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 18.

Promedio general de Carabayllo– marzo de PM_{10}

PROMEDIO GENERAL MARZO

38.27

Nota: Promedio general del mes de marzo de PM_{10} de la estación Carabayllo.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 19.

Promedio general de Carabayllo– abril de PM_{10}

PROMEDIO GENERAL ABRIL

33.87

Nota: Promedio general del mes de abril de PM_{10} de la estación Carabayllo.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 20.

Cálculo del Índice de calidad del aire Jesús María-marzo y abril – PM_{2.5}

JESUS MARIA O CAMPO DE I (PM_{2.5}) = (PM_{2.5}) * 100/25 MARTE (CDM)

MES: MARZO Y ABRIL	SENAMHI /24 HORAS	ECUACION INCA
1/03/2020	11.71	46.83
2/03/2020	12.28	49.11
3/03/2020	12.44	49.77
4/03/2020	16.06	64.24
5/03/2020	15.80	63.21
6/03/2020	17.71	70.82
7/03/2020	13.61	54.42
8/03/2020	10.50	42.01
9/03/2020	13.95	55.81
10/03/2020	13.34	53.37
11/03/2020	14.99	59.97
12/03/2020	14.41	57.63
13/03/2020	13.50	54.00
14/03/2020	13.15	52.58
15/03/2020	13.30	53.19
16/03/2020	12.30	49.19
17/03/2020	10.53	42.13
18/03/2020	10.91	43.65
19/03/2020	9.34	37.36
20/03/2020	9.93	39.70
21/03/2020	11.48	45.94
22/03/2020	8.84	35.36
23/03/2020	11.29	45.15
24/03/2020	11.30	45.22
25/03/2020	10.36	41.45
26/03/2020	12.44	49.78
27/03/2020	12.49	49.96
28/03/2020	12.96	51.84
29/03/2020	15.15	60.61
30/03/2020	16.00	63.98
31/03/2020	16.56	66.24
1/04/2020	18.25	73.00

2/04/2020	17.03	68.13
3/04/2020	17.74	70.97
4/04/2020	13.40	53.59
5/04/2020	14.75	58.98
6/04/2020	14.14	56.55
7/04/2020	11.99	47.94
8/04/2020	11.90	47.61
9/04/2020	12.83	51.34
10/04/2020	13.16	52.63
11/04/2020	11.79	47.14
12/04/2020	10.96	43.82
13/04/2020	16.10	64.40
14/04/2020	18.75	74.99
15/04/2020	11.02	44.08
16/04/2020	9.42	37.70
17/04/2020	12.54	50.15
18/04/2020	15.80	63.21
19/04/2020	13.65	54.59
20/04/2020	13.62	54.47
21/04/2020	10.09	40.38
22/04/2020	8.51	34.06
23/04/2020	8.85	35.40
24/04/2020	9.55	38.22
25/04/2020	11.32	45.28
26/04/2020	12.36	49.46
27/04/2020	13.98	55.93
28/04/2020	16.14	64.55
29/04/2020	16.16	64.65
30/04/2020	18.52	74.08

Nota: Cálculo de calidad de aire en la estación de monitoreo del parámetro PM_{2.5} –Jesús María en el mes de marzo y abril mediante la aplicación de la ecuación INCA.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 21.

Promedio general de Jesús María – marzo de PM_{2.5}

PROMEDIO GENERAL MARZO

51.44

Nota: Promedio general del mes de marzo de PM_{2.5} de la estación Jesús María.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 22.

Promedio general de Jesús María – abril de PM_{2.5}

PROMEDIO GENERAL ABRIL

53.91

Nota: Promedio general del mes de abril de PM_{2.5} la estación Jesús María.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 23.

Cálculo del Índice de calidad del aire Villa María Del Triunfo abril – PM_{2.5}.

VILLA MARIA DEL TRIUNFO (VMT)		I (PM_{2.5}) = (PM_{2.5}) * 100/25
MES: MARZO Y ABRIL	SENAMHI/ 24 HORAS	ECUACION INCA
1/03/2020	34.75	138.98
2/03/2020	26.69	106.76
3/03/2020	24.10	96.42
4/03/2020	31.02	124.08
5/03/2020	30.70	122.79
6/03/2020	29.27	117.09
7/03/2020	33.94	135.76
8/03/2020	26.94	107.78
9/03/2020	28.46	113.85
10/03/2020	28.78	115.14
11/03/2020	28.08	112.31
12/03/2020	32.65	130.61
13/03/2020	29.72	118.89
14/03/2020	26.58	106.33
15/03/2020	28.57	114.28
16/03/2020	24.94	99.77
17/03/2020	17.87	71.50
18/03/2020	22.06	88.23
19/03/2020	12.90	51.59
20/03/2020	15.52	62.06
21/03/2020	17.24	68.95
22/03/2020	15.15	60.59
23/03/2020	19.50	77.99
24/03/2020	18.91	75.62
25/03/2020	19.04	76.17
26/03/2020	17.26	69.02
27/03/2020	18.26	73.03
28/03/2020	20.47	81.90

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.

29/03/2020	24.49	97.95
30/03/2020	31.45	125.81
31/03/2020	25.84	103.37
1/04/2020	25.31	101.22
2/04/2020	25.14	100.55
3/04/2020	22.38	89.51
4/04/2020	S/D	
5/04/2020	S/D	
6/04/2020	20.61	82.42
7/04/2020	24.20	96.80
8/04/2020	18.74	74.95
9/04/2020	18.34	73.36
10/04/2020	14.54	58.17
11/04/2020	20.61	82.45
12/04/2020	17.71	70.83
13/04/2020	18.96	75.84
14/04/2020	18.49	73.97
15/04/2020	14.80	59.21
16/04/2020	16.03	64.10
17/04/2020	27.63	110.52
18/04/2020	23.59	94.37
19/04/2020	20.33	81.30
20/04/2020	24.39	97.55
21/04/2020	S/D	
22/04/2020	S/D	
23/04/2020	S/D	
24/04/2020	S/D	
25/04/2020	S/D	
26/04/2020	S/D	
27/04/2020	S/D	
28/04/2020	S/D	
29/04/2020	S/D	
30/04/2020	S/D	

Nota: Cálculo de calidad de aire en la estación de monitoreo del parámetro PM_{2.5} – Villa María del Triunfo en el mes de marzo y abril mediante la aplicación de la ecuación INCA.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 24.

Promedio general de Villa María del Triunfo – Marzo de $PM_{2.5}$

PROMEDIO GENERAL MARZO

98.21

Nota: Promedio general del mes de marzo de $PM_{2.5}$ de la estación Villa María del Triunfo.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 25.

Promedio general de Villa María del Triunfo – Abril de $PM_{2.5}$

PROMEDIO GENERAL ABRIL

82.62

Nota: Promedio general del mes de abril de $PM_{2.5}$ de la estación Villa María del Triunfo.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 26.

Cálculo del Índice de calidad del aire Carabayllo marzo y abril – PM_{2.5}

CARABAYLLO (CRB)		I (PM_{2.5}) = (PM_{2.5}) * 100/25
MES: MARZO Y ABRIL	SENAMHI 24 HORAS	ECUACION INCA
1/03/2020	S/D	
2/03/2020	S/D	
3/03/2020	S/D	
4/03/2020	S/D	
5/03/2020	27.04	108.14
6/03/2020	27.14	108.56
7/03/2020	24.62	98.47
8/03/2020	17.52	70.09
9/03/2020	S/D	
10/03/2020	S/D	
11/03/2020	S/D	
12/03/2020	S/D	
13/03/2020	50.65	202.61
14/03/2020	19.60	78.40
15/03/2020	15.39	61.56
16/03/2020	14.87	59.49
17/03/2020	9.78	39.11
18/03/2020	11.56	46.24
19/03/2020	7.54	30.17
20/03/2020	8.58	34.34
21/03/2020	10.10	40.41
22/03/2020	8.51	34.06
23/03/2020	10.90	43.60
24/03/2020	9.96	39.83
25/03/2020	7.67	30.67
26/03/2020	10.73	42.92
27/03/2020	10.85	43.40
28/03/2020	13.29	53.17
29/03/2020	11.96	47.83
30/03/2020	13.76	55.03
31/03/2020	15.59	62.36
1/04/2020	14.82	59.30

2/04/2020	14.75	59.01
3/04/2020	15.43	61.72
4/04/2020	12.59	50.34
5/04/2020	10.62	42.49
6/04/2020	11.89	47.56
7/04/2020	13.20	52.80
8/04/2020	10.97	43.87
9/04/2020	9.04	36.16
10/04/2020	10.64	42.56
11/04/2020	10.59	42.35
12/04/2020	7.84	31.36
13/04/2020	13.57	54.27
14/04/2020	13.24	52.97
15/04/2020	11.62	46.48
16/04/2020	11.10	44.39
17/04/2020	15.60	62.41
18/04/2020	13.49	53.94
19/04/2020	11.41	45.62
20/04/2020	13.49	53.96
21/04/2020	11.42	45.68
22/04/2020	8.57	34.28
23/04/2020	9.97	39.88
24/04/2020	10.21	40.85
25/04/2020	14.04	56.14
26/04/2020	10.59	42.35
27/04/2020	13.08	52.32
28/04/2020	16.19	64.76
29/04/2020	15.53	62.11
30/04/2020	18.16	72.64

Nota: Cálculo de calidad de aire en la estación de monitoreo del parámetro PM_{2.5} –Carabayllo en el mes de marzo y abril mediante la aplicación de la ecuación INCA.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 27.

Promedio general de Carabayllo– Marzo de PM_{2.5}

PROMEDIO GENERAL MARZO

62.19

Nota: Promedio general del mes de abril de PM_{2.5} de la estación Carabayllo.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Tabla 28.

Promedio general de Carabayllo – Abril de PM_{2.5}

PROMEDIO GENERAL ABRIL

49.82

Nota: Promedio general del mes de abril de PM_{2.5} de la estación Carabayllo.

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (2020)

Resultado General del Promedió de material particulado de PM₁₀, PM_{2.5} de los 3 distritos.

Tabla 29.

Promedio general de estaciones marzo de PM₁₀, PM_{2.5} en 24 horas.

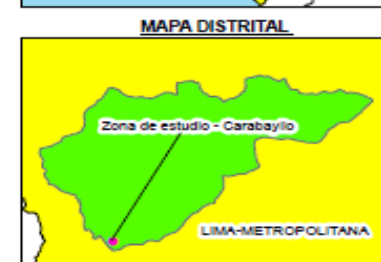
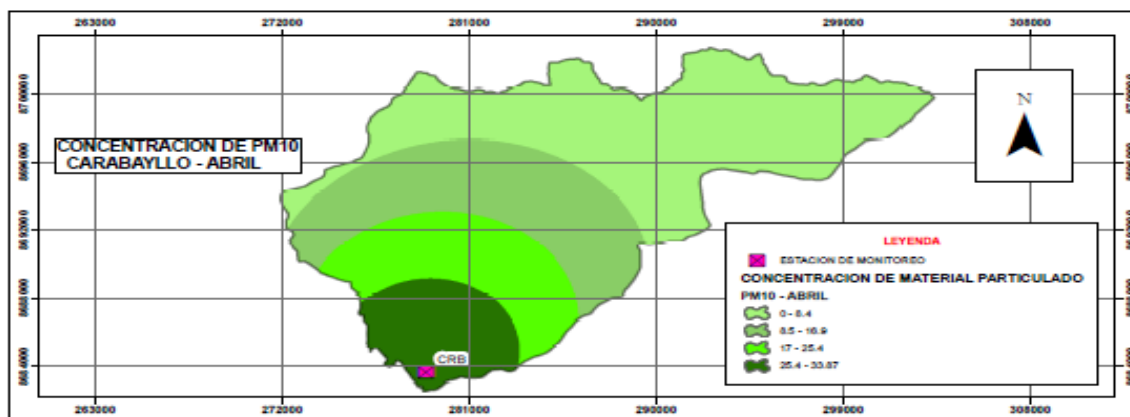
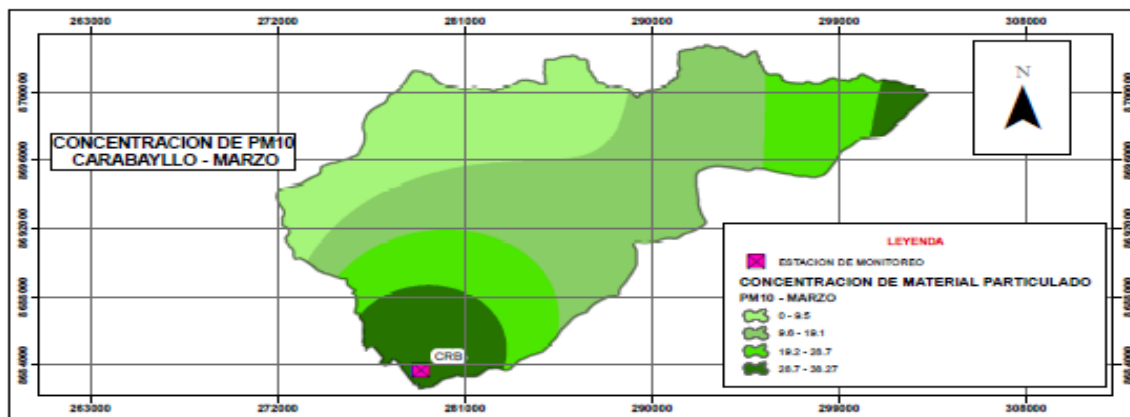
ZONA:	ESTACIONES METEREOLÓGICAS		CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE	
			MATERIAL PARTICULADO PROMEDIO MENSUAL	
			PM ₁₀ / (µg/m ³)	PM _{2.5} / (µg/m ³)
LIMA NORTE	Estación Carabayllo	(CRB)	38.27	62.19
LIMA SUR	Estación de Villa María del triunfo	(VTM)	64.75	98.19
LIMA CENTRO	Estación Campo de Marte	(CDM)	14.57	51.44

Tabla 30 .

Promedio general de estaciones abril de PM₁₀, PM_{2.5} en 24 horas

ZONA:	ESTACIONES METEREOLÓGICAS		CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE	
			MATERIAL PARTICULADO PROMEDIO MENSUAL	
			PM ₁₀ / (µg/m ³)	PM _{2.5} / (µg/m ³)
LIMA NORTE	Estación Carabayllo	(CRB)	33.84	49.82
LIMA SUR	Estación de Villa María del triunfo	(VTM)	49.08	86.62
LIMA CENTRO	Estación Campo de Marte	(CDM)	13.17	53.91

Modelamiento de la concentración de material particular en Lima Metropolitana en los Distritos Carabayllo, Jesús María o Campo de Marte, Villa María del Triunfo durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 en los meses marzo y abril en ArcGis 10.7.1.



NOMBRE DEL PROYECTO: CONCENTRACION DEL PM10 - DISTRITO CARABAYLLO EN LOS MESES MARZO Y ABRIL DEL 2020	UBICACION	AUTORES: Regalado Cotrina, Juan Daniel Vásquez Quispe, Roxana Elizabeth	PLANO: PLANO DE COMPARACION DE CONCENTRACIONES	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
	DISTRITO: Cajamarca PROVINCIA: Cajamarca REGION: Cajamarca			PROYECCION: UTM ZONA: 18 Sur COORDENADAS: UTM-84	1:204,457 FECHA: 07/10/2020

Figura 20. Modelamiento de concentración de PM₁₀ en el Distrito de Carabayllo del mes de marzo y abril.

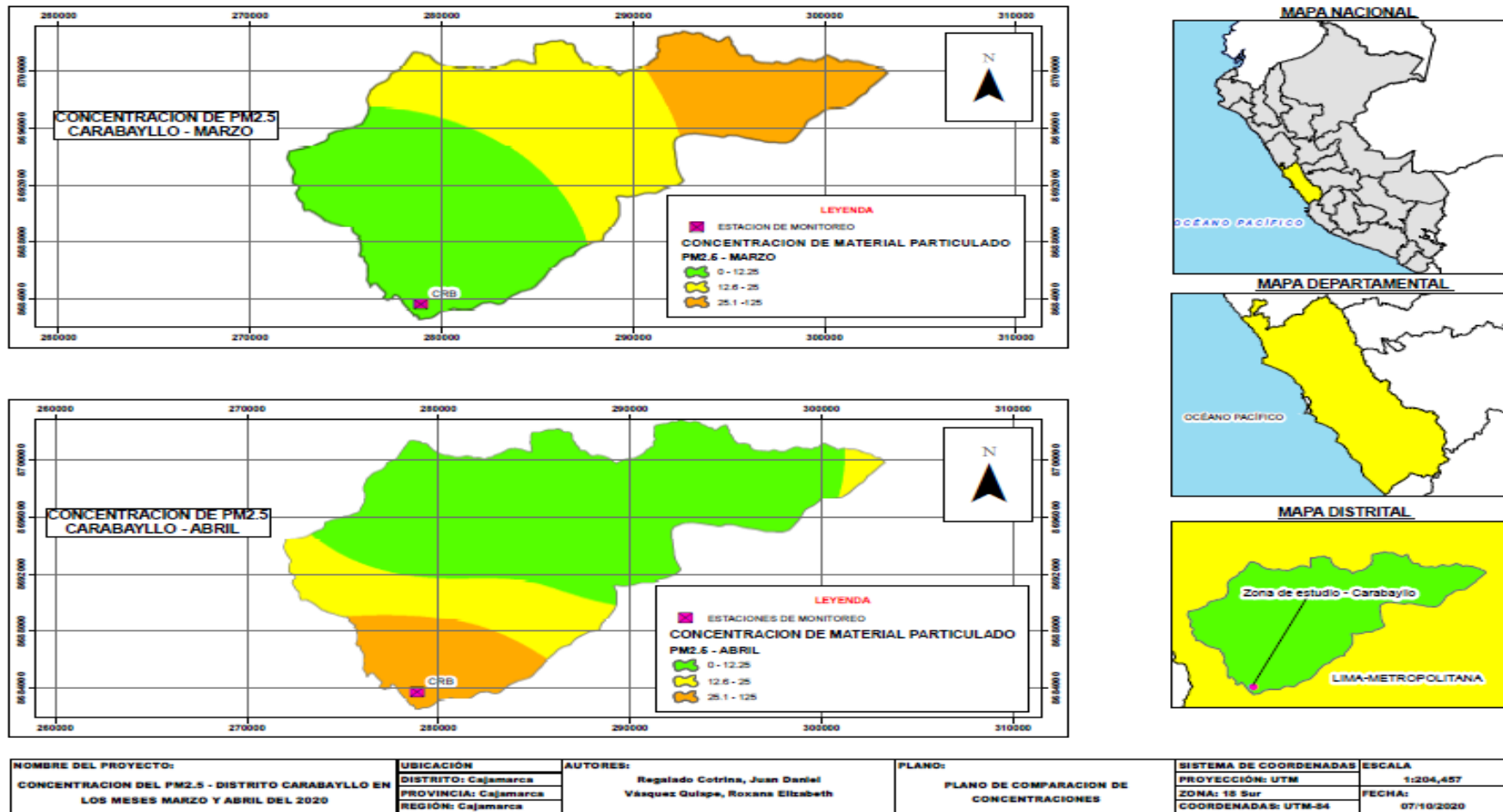


Figura 21. Modelamiento de concentración de PM_{2.5} en el Distrito de Carabayllo del mes de marzo y abril.

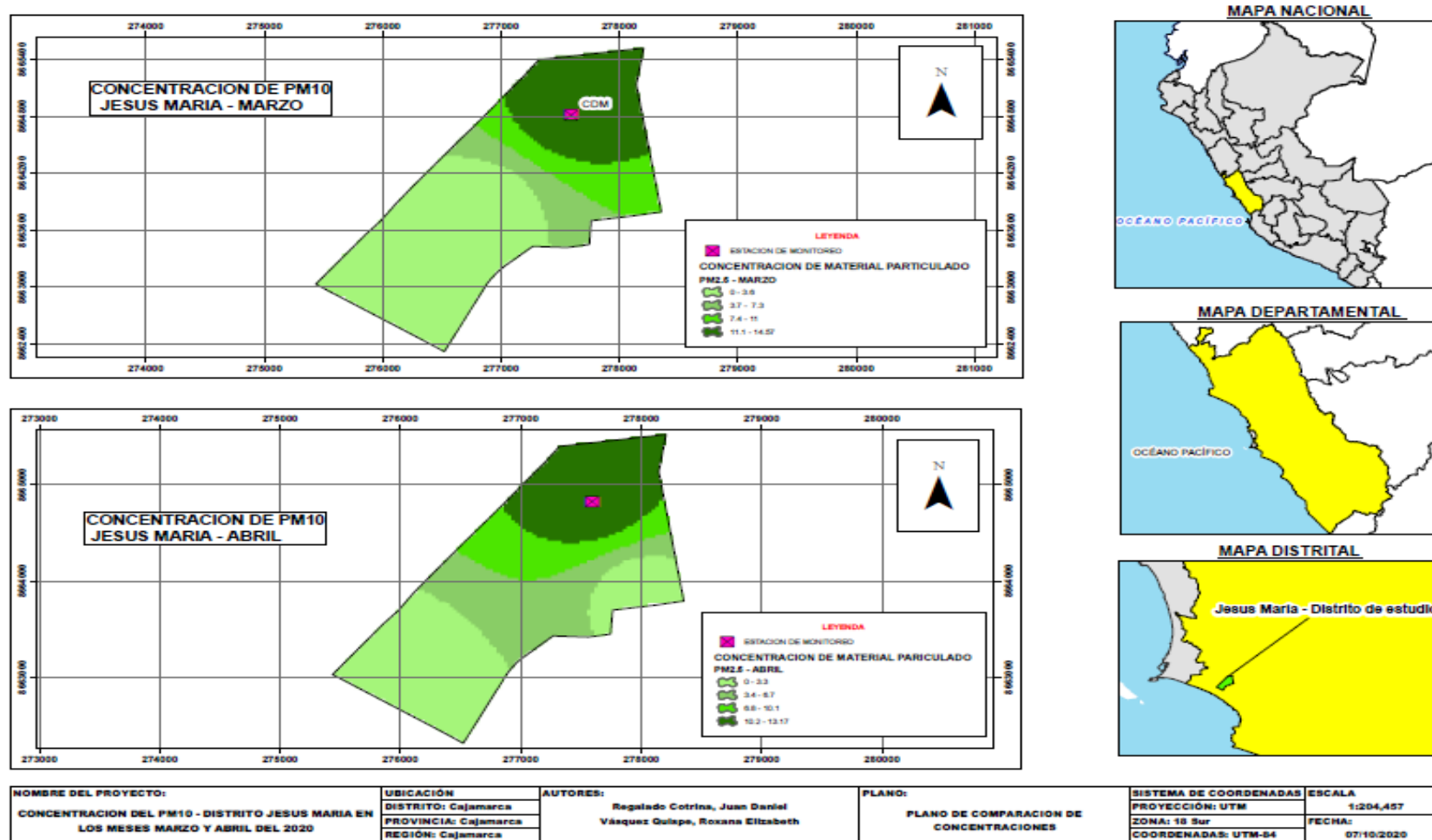


Figura 22. Modelamiento de concentración de PM₁₀ en el Distrito Jesús María del mes de marzo y abril

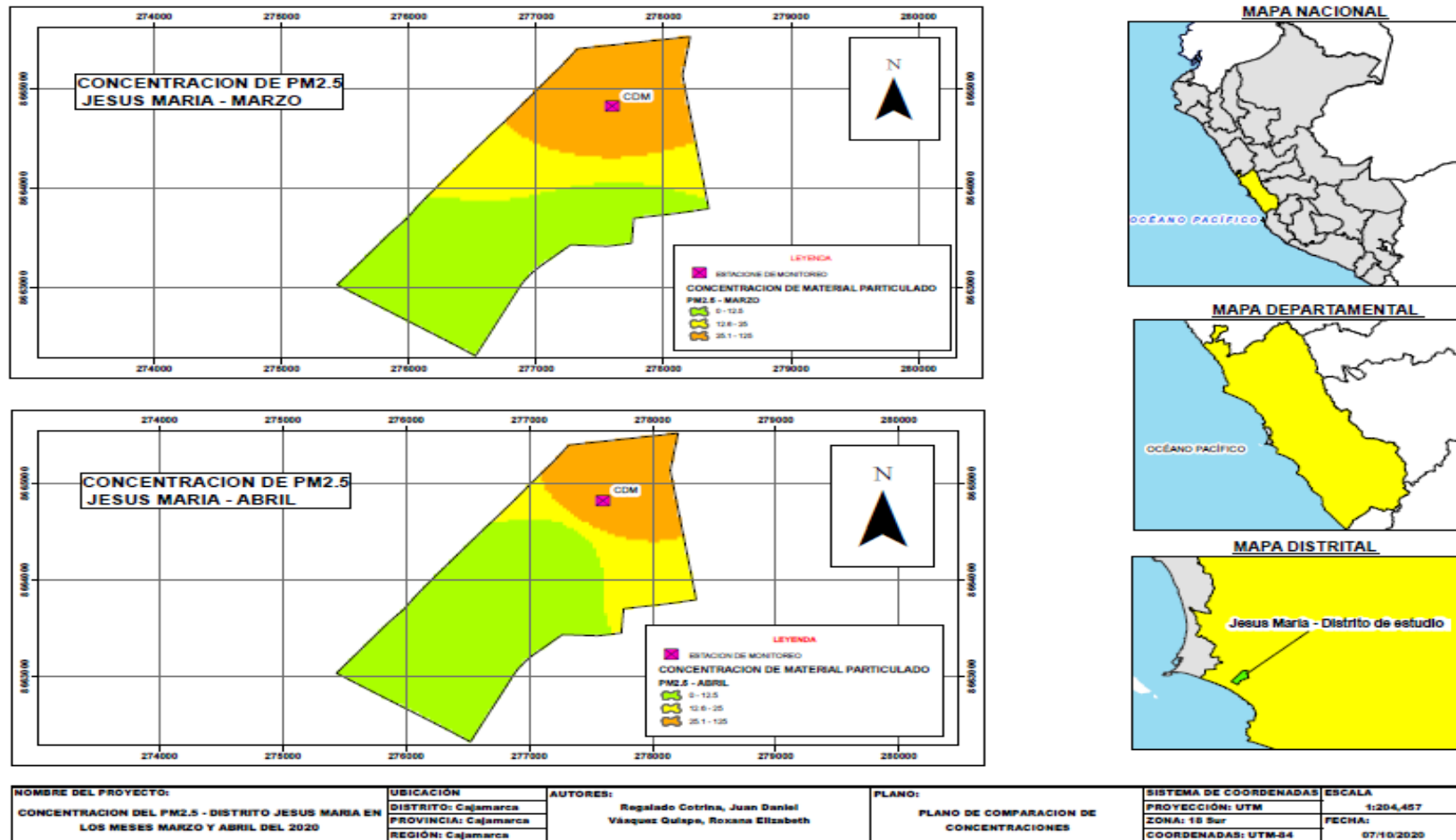


Figura 23. Modelamiento de concentración de PM_{2,5} en el Distrito de Jesús María del mes de marzo y abril

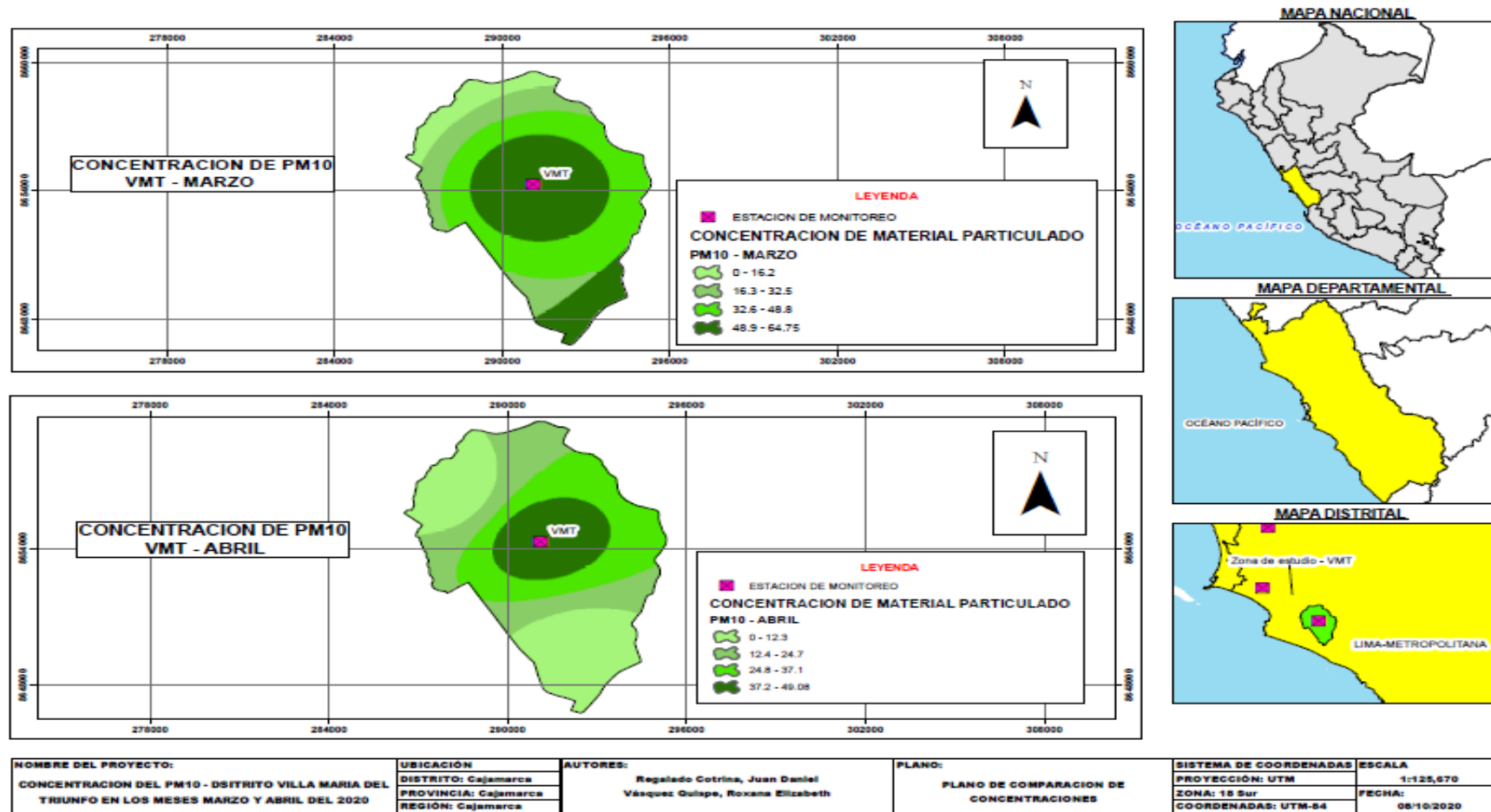


Figura 24. Modelamiento de concentración de PM₁₀ en el Distrito de Villa María del Triunfo del mes de marzo y abril.

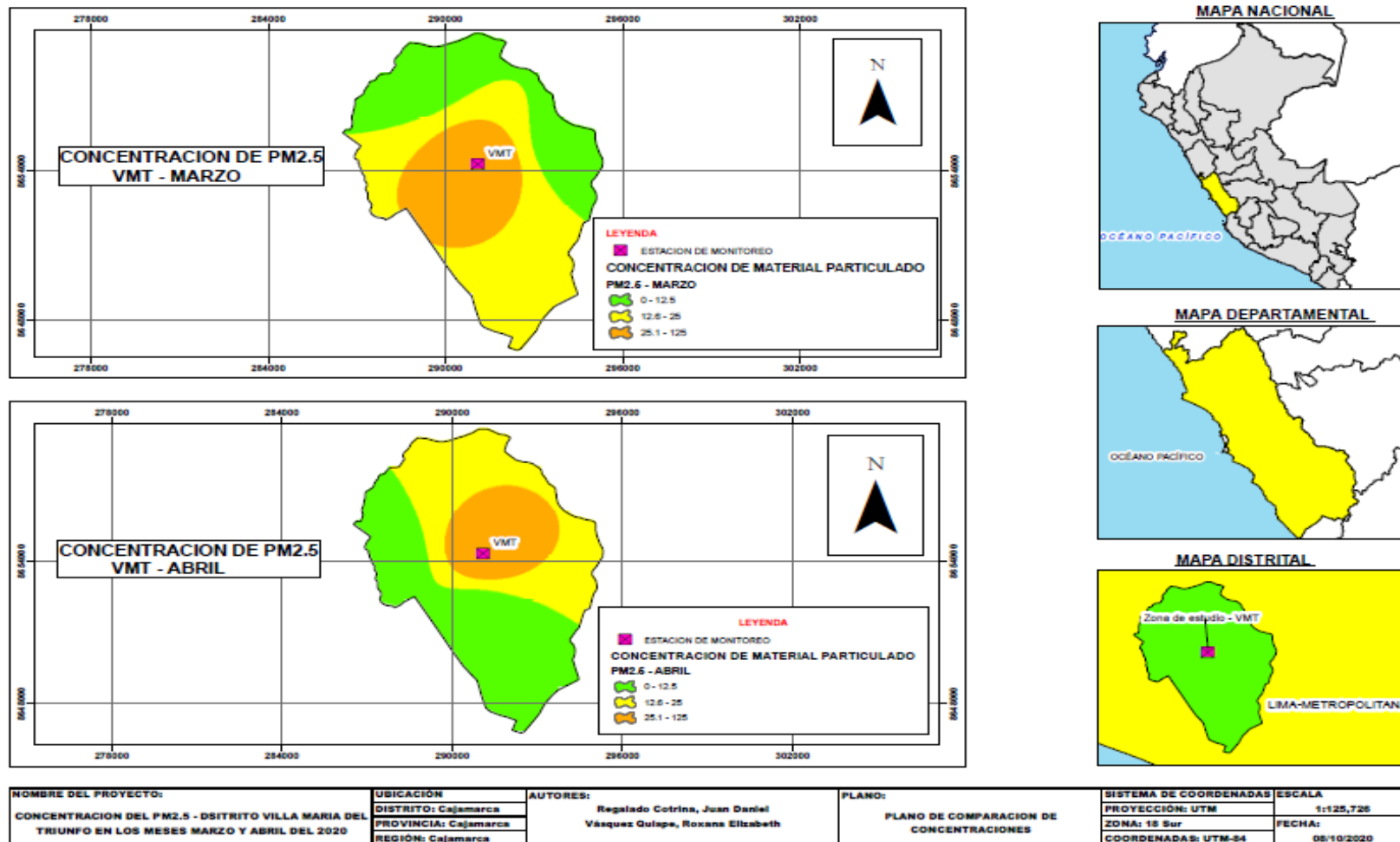


Figura 25. Modelamiento de concentración de PM_{2.5} en el Distrito de Villa María del Triunfo del mes de marzo y abril.

Validación de los modelos para los meses de marzo y abril del 2020 y el promedio mensual a 24 horas.

Los modelos obtenidos en nuestra investigación son realizados por la interpolación IDW del software ArGis 10.7.1 con los datos reales brindados por SENAMHI de los meses marzo y abril durante el estado de emergencia nacional Covid 19.

La validación de los modelos en nuestra investigación no puede ser posible, ya que dentro de las zona de estudio no existe otros puntos de monitoreo de calidad de aire diferentes a los datos otorgados por el Servicio Nacional de Meteorológico e Hidrológico del Perú, cabe señalar que existen redes de monitoreo de calidad de aire dentro de Lima Metropolitana, en los boletines de smia (Sistema metropolitano de información ambiental) existen datos de monitoreo del mes de marzo y abril, que están dentro del distrito Carmen de la Legua Reynoso, que es la fuente más cercana a nuestra distrito de estudio Jesús María, por esta razón no se puede tomar los datos para realiza la validación.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Una de las principales limitaciones de nuestro presente trabajo fue el tiempo que nos demoraron en la entrega de los resultados, ya que fueron aproximadamente dos meses. Otra de nuestras limitaciones fue, si existiera diferentes puntos de monitoreo dentro de cada distrito el modelamiento hubiese sido más exacto, ya que con ayuda del software se hubiese trabajado con más firmas espectrales (valoración colorimétrica).

A partir del modelamiento elaborado en ArcGis 10.7.1, los resultados obtenidos se pudo verificar que es posible determinar la concentración de Material particulado, PM_{10} , $PM_{2.5}$, considerando como límites máximos y límites mínimos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a los índices de calidad de aire según la resolución N°181 ,con coloración colorimétrica durante los meses de estado de emergencia nacional en los meses de marzo y abril del 2020 en Lima Metropolitana, en los 3 distritos de Carabayllo, Campo de Marte y Villa María Del Triunfo. (Ver figura 20;21;22;23;24 y 25).

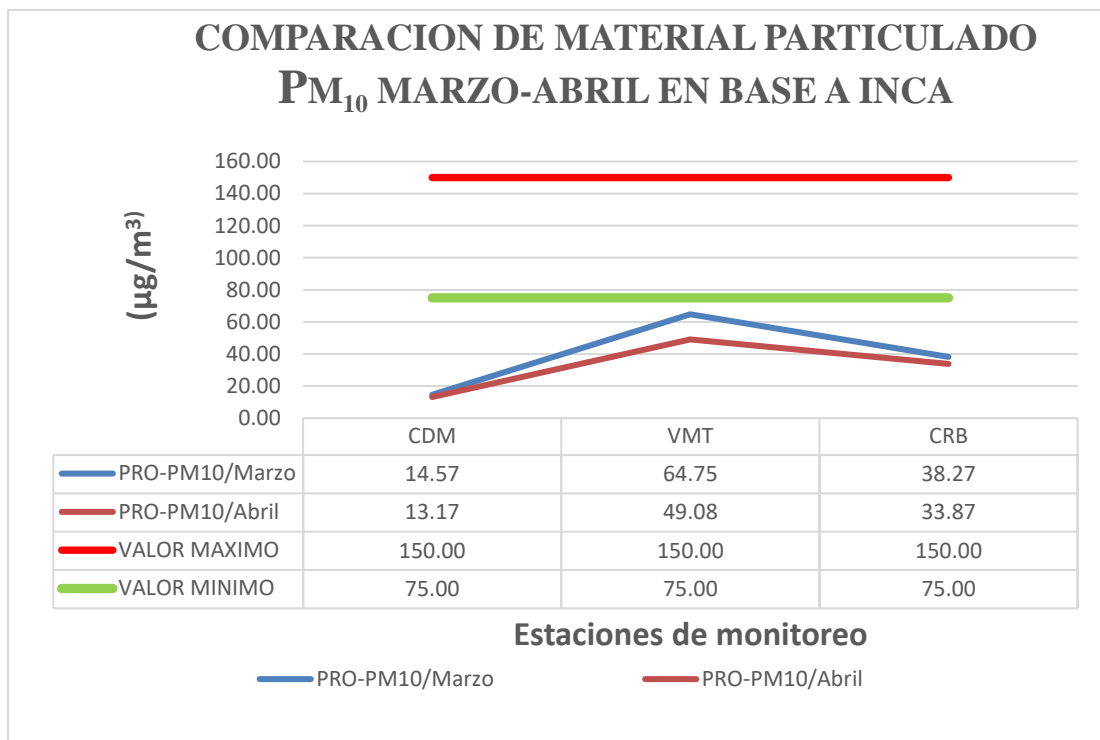
En la Figura 26 se muestra al Distrito de Campo de Marte, donde los promedios de PM_{10} en 24 horas del mes de marzo, se obtuvo una concentración de $14.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a diferencia del mes de abril $13.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dándonos a notar una disminución notable de $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ambos meses. Sin embargo, no superan el valor umbral mínimo para PM_{10} de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose en una categoría buena donde la calidad del aire se considera satisfactoria y no representa ningún tipo de riesgo para la salud de las personas. Contrastando con la investigación realizada por SENAMHI, en el informe nacional de calidad de aire 2013-2014 se mencionó que la presencia de material particulado en aire está relacionado principalmente con el parque

automotor (fuentes móviles) y las fuentes fijas, tales como plantas industriales, comercios, restaurantes, que emiten contaminantes como el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM_{10}) (SENAMHI, 2013-2014, p. 30).

En Distrito de Villa María del Triunfo se observó que los promedios de PM_{10} , de marzo tiene una concentración de $64.75 \mu g/m^3$ y en el mes de abril $49.08 \mu g/m^3$, notándose una disminución de $15.67 \mu g/m^3$ entre ambos meses, se encuentra en una calidad de aire buena, por qué no supera los $75 \mu g/m^3$ según la comparación con los INCAS. (Ver figura 26).

Contrastando con el informe de vigilancia de la calidad de aire Lima Metropolitana, marzo y abril del 2020 la concentración diaria del PM_{10} mostraron una disminución gradual desde el 16 de marzo (iniciando el estado de emergencia), permitiendo que no superen los índices de calidad del aire, según la resolución N°181 emitida por el MINAM en el 2016. (SENAMHI, 2020, p. 25).

En el caso del Distrito de Carabayllo en el mes de marzo se mostró una concentración de PM_{10} de $38.27 \mu g/m^3$ en comparación con el mes de abril que fue un $33.87 \mu g/m^3$, teniendo una diferencia entre ambos meses de $4.4 \mu g/m^3$. representando niveles de concentración mínimas, se encuentra en una calidad de aire Buena (valoración colorimétrica verde), siendo una calidad de aire aceptable. (Ver gráfica 26). Contrastando con el informe realizado por la organización mundial de la salud, que las concentraciones para PM_{10} en ambos meses cumplieron con el valor recomendado. (SENAMHI, 2020, p. 27).



Nota: Donde línea roja representa el valor umbral máximo de 150 µg/m³, línea verde representa el valor mínimo 50 µg/m³, línea azul Promedio del mes de marzo de las 3 estaciones y la línea naranja promedio de PM₁₀ del mes de abril.

Figura 26. Comparación de material particulado PM₁₀ con Índices de calidad de aire.

Por lo que se puede concluir en la comparación de material particulado (PM_{10}) entre en mes de marzo y abril que ninguno de los promedios durante las 24 horas en tres de los distritos de Lima Metropolitana (Carabayllo, Campo de Marte y Villa María Del Triunfo), no superan el valor umbral mínimo de $75 \mu g/m^3$, por lo que se considera que en ambos meses corresponde a una categoría buena, quiere decir que la calidad de aire es satisfactoria, aceptable y cumple con INCAS, según la resolución N°181 emitida por el ministerio del medio ambiente a su vez no representa riesgo sobre la salud. Puede realizar actividades al aire libre.

Informe realizado por el servicio de nacional de meteorología e hidrología del mes de marzo y abril del 2020 mencionó que las concentraciones de PM_{10} registrados durante el estado de emergencia disminuyeron en un 55% y 38% con respecto a sus concentraciones históricas del 2015 al 2019. (SENAMHI, 2020, p. 25).

De acuerdo a la gráfica 27 el promedio de material particulado $PM_{2.5}$ muestra una variedad de concentración, en el Distrito de Campo de Marte, en el mes de marzo un promedio de $51.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el mes de abril $53.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una diferencia mínima de $2.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre meses, contrastado con la resolución N°181, decretada por el MINAM en el 2016 refiere que si los valores superan los $12.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se consideraría una calidad de aire mala. (Ver gráfica 27). Las concentraciones de $PM_{2.5}$ registradas durante el estado de emergencia disminuyeron un 47%, con respecto a sus concentraciones históricas del (2015 al 2019) para el mes de abril. (SENAMHI, 2020, p. 25)

En el distrito de Villa María del Triunfo de $PM_{2.5}$ se obtuvo una concentración en el mes de marzo de $98.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en abril $82.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obteniendo una disminución de $15.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Contrastando con los INCAS (resolución N°181 emitida por el MINAM en el 2016), se pudo discutir que se encuentra sobre el valor umbral de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que corresponde a una calidad de calidad de aire mala, donde la población sensible podría experimentar problemas a la salud. (Ver gráfica 27).

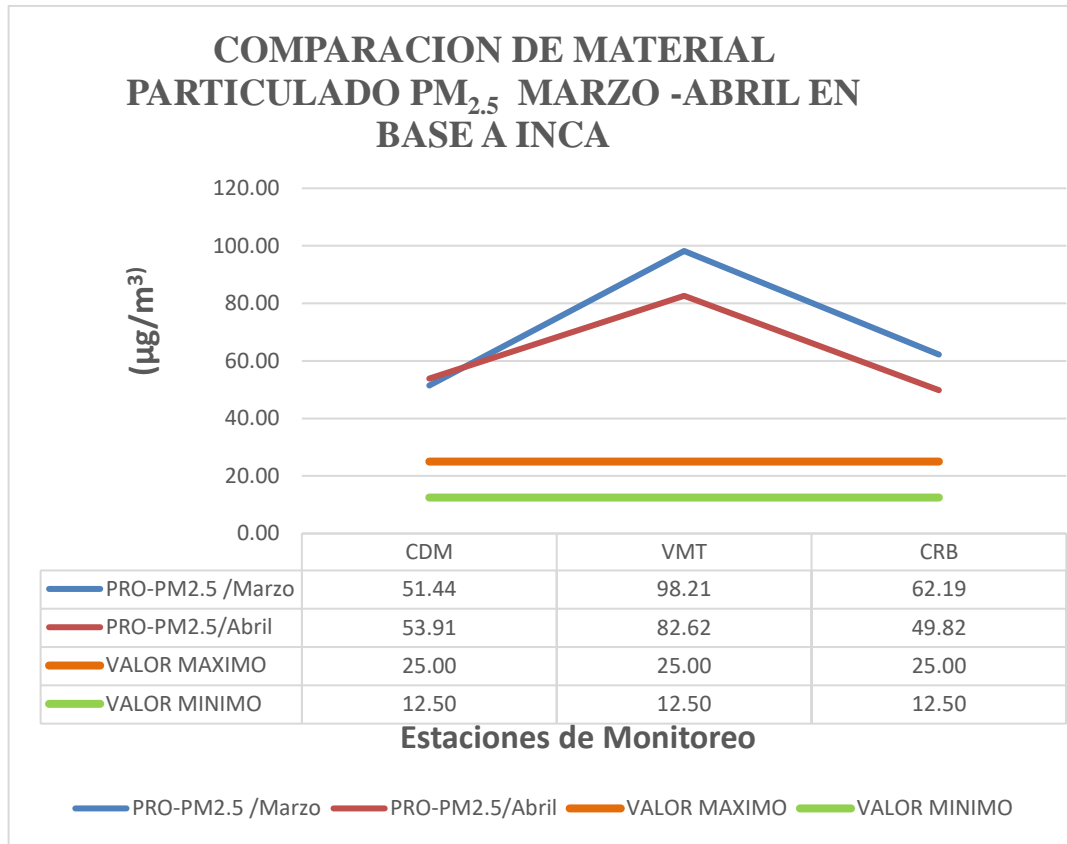
Según la investigación realizada por el servicio Meteorológico e hidrológico del Perú hace mención que la presencia de $PM_{2.5}$ mayores a $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ trae consigo una serie de efectos que son graves para la salud por su gran capacidad de penetración en las vías respiratorias, los efectos que causan en la salud están asociados la exacerbación de enfermedades de tipo respiratorio tales como la bronquitis, además está relacionado

sobre dolencias cardiovasculares, así mismo está asociado al incremento del desarrollo del asma y alergias entre la población infantil, siendo esta un grupo más sensible.(p.40).

En el caso del Distrito de Carabaylo, la concentración también supera el valor umbral mínimo de $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tanto en ambos meses, en el caso del mes de marzo se obtuvo una concentración de $62.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en abril $49.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tienen una diferencia de $12.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verificando con el informe de calidad de aire del mes de abril que las estaciones de Villa María del Triunfo y Carabaylo presentó días con estado de calidad de aire mala, para el contaminante $\text{PM}_{2.5}$.

Por lo que se puede discutir que en el parámetro $\text{PM}_{2.5}$, hubo disminución de concentración en los 3 distritos de Lima Metropolitana entre los meses de marzo y el mes de abril, pero de acuerdo a la Resolución N°181 decretada por el MINAM se consideró que los niveles presentados superan al valor umbral mínimo de $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondiendo a una categoría de calidad mala que es sensible para la población, pero a su vez estas cifras demuestran reducción en comparación a otros años debido a la disminución de emisiones del flujo vehicular debido al aislamiento social obligatorio.

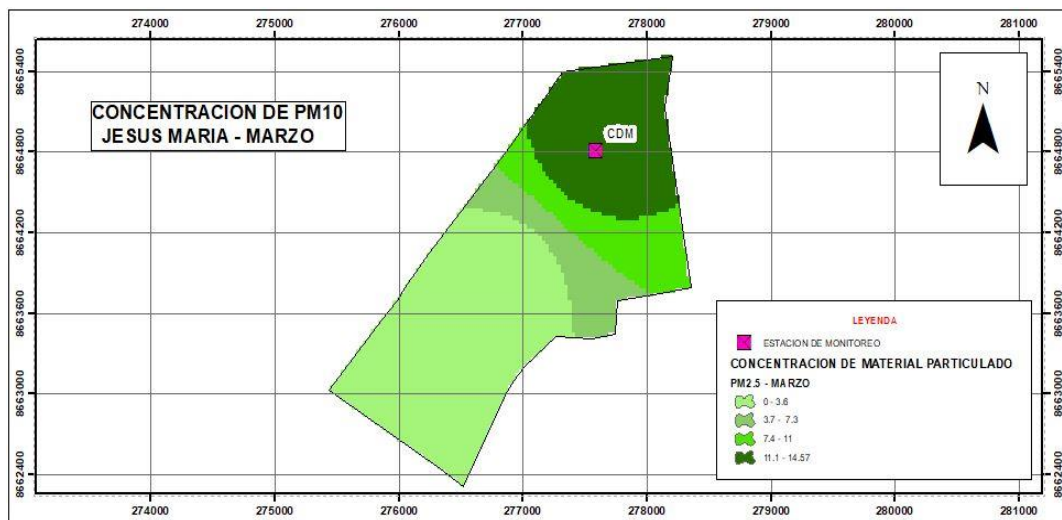
En la actualidad la calidad del aire en Lima metropolitana se encuentra principalmente vinculada a las partículas finas que contaminan el aire (material particulado $\text{PM}_{2.5}$), puesto que son éstas las que superan el valor umbral de los índices de calidad de aire con mayor frecuencia, dicha data es recogida de las estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y la Dirección General de Salud. (SENAMHI, 2020, p. 15).



Nota: Donde línea roja representa el valor umbral máximo de 25 µg/m³. Línea verde representa el valor mínimo 12.50 µg/m³. Línea azul Promedio del mes de marzo de las 3 estaciones y la línea naranja promedio de PM_{2.5} del mes de abril.

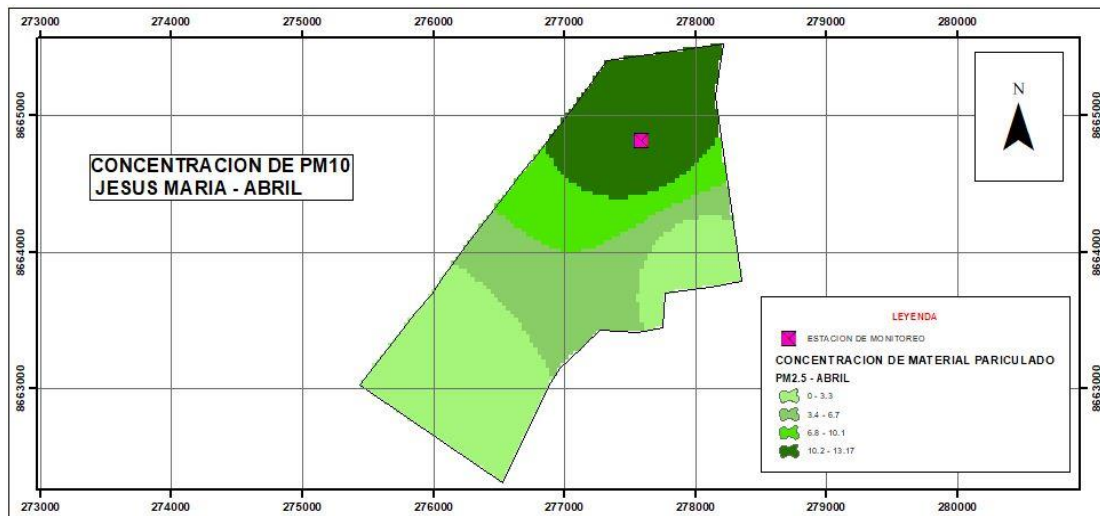
Figura 27. Comparación de material particulado PM_{2.5} con Índices de calidad de aire.

Con respecto al modelamiento de PM_{10} en el distrito de Jesús María de los meses marzo (ver gráfica 28) y abril (ver gráfica 29) se apreció una variación de $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre ambos meses, siendo así que ninguno de los meses supera el umbral máximo de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la interpolación se basó en una escala de color verde, pero se dedujo que ambos meses en el mismo distrito ninguno sobrepasa el valor mínimo de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, así el distrito de Jesús María tiene una buena calidad de aire.



NOTA: Modelamiento de PM_{10} por interpolación comparados con intervalos de INCAS, verde oscuro $11.1-14.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verde intermedio $3.7-7.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verde medio $7.4-11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y verde claro $0-3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ambas concentraciones no superan los $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

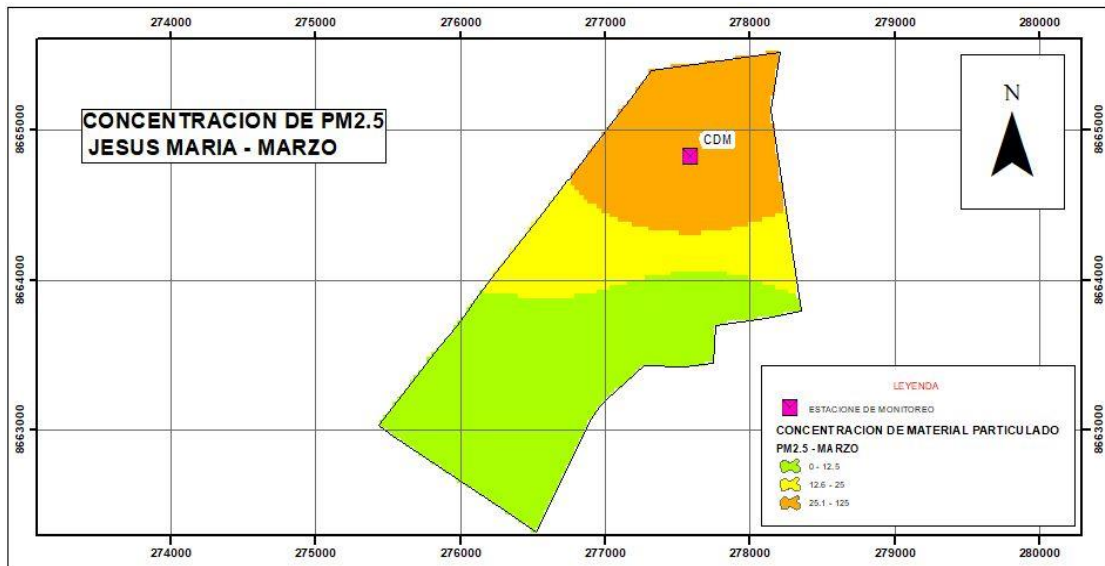
Figura 28. Concentración de PM_{10} Jesús María mes de marzo.



NOTA: Modelamiento de PM₁₀ por interpolación comparados con intervalos de INCAS, verde oscuro 10.2 – 13.17 µg/m³, verde intermedio 3.4 – 6.7 µg/m³, verde medio :6.8- 10.1 µg/m³ y verde claro 0-3.3µg/m³ (Ambas concentraciones no superan los 75 µg/m³).

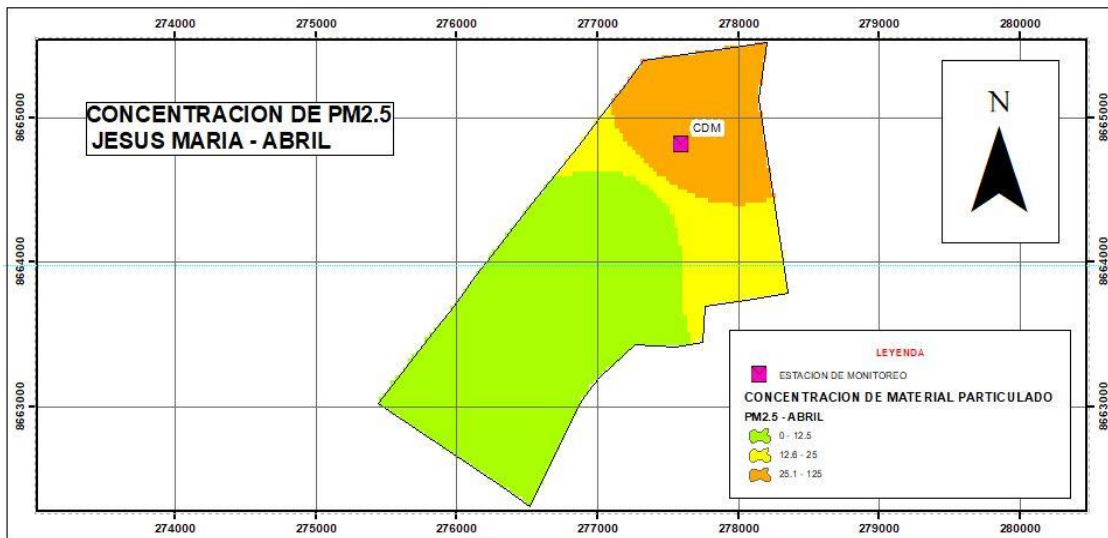
Figura 29. Concentración de PM₁₀ Jesús María mes de abril.

En el presente modelamiento de material particulado PM_{2.5} de la zona de estudio Jesús María de los meses de marzo (Ver figura 30) y abril (Ver figura 31), se demostró una variación en el promedio de 2.47 µg/m³, considerándose una valoración colorimétrica (Verde, Amarillo y Naranja según INCAS decretado por la resolución N°181 emitida por el MINAM). En el que el promedio de 0-12.5 µg/m³ de PM_{2.5}, se considera una coloración verde (calidad de aire buena), en el caso el promedio 12.6 µg/m³ -25 µg/m³ una coloración color Amarillo (calidad moderada de aire) y el último promedio de 25.1 µg/m³ -25 µg/m³ una coloración Naranja (calidad de aire mala).



NOTA: Modelamiento de PM_{2.5} por interpolación comparados con intervalos de INCAS, promedio del mes de marzo fue 51.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superando el valor mínimo umbral 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

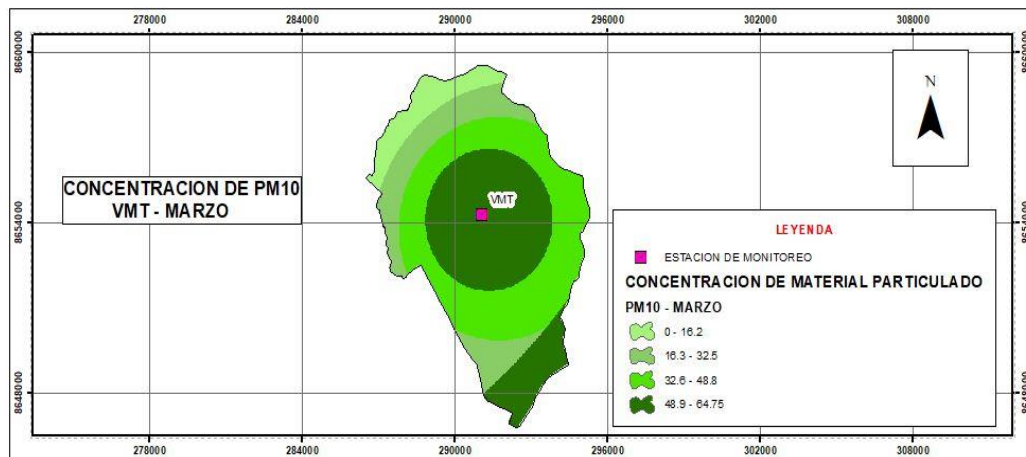
Figura 30. Concentración de PM 2.5 de Jesús María del mes de marzo.



NOTA: Modelamiento de PM_{2.5} por interpolación comparados con intervalos de INCAS, promedio del mes de abril fue 53.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superando el valor mínimo umbral 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

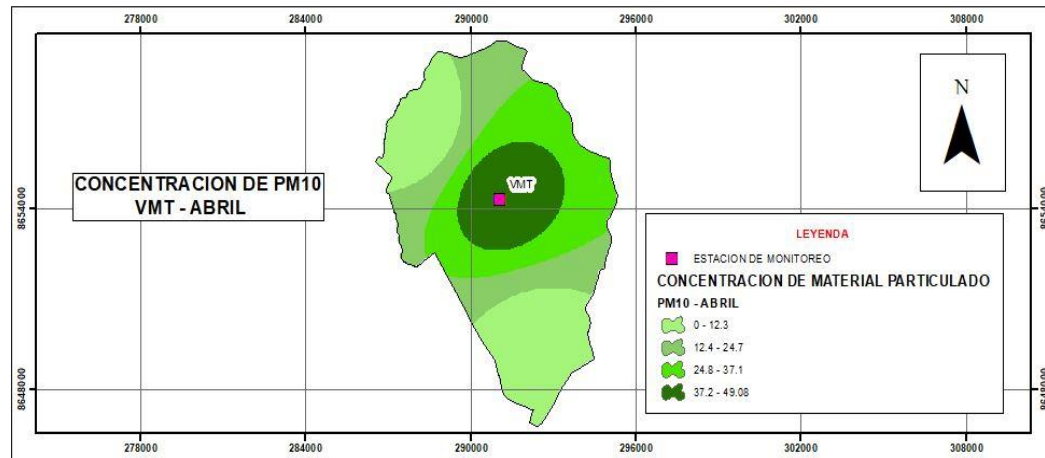
Figura 31. Concentración de PM 2.5 de Jesús María del mes de abril.

En el presente modelamiento de material particulado de PM₁₀ del distrito de Villa María del Triunfo de los meses Marzo (ver figura 32), Abril (Ver figura 33), se contempla una variación de 15.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre ambos meses ,dónde el promedio del mes de marzo es de 64.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a diferencia del mes de Abril que es 48.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ observando que en ambos promedios no supera el valor máximo umbral de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo que en ambos modelamientos se consideró realizarlo en intervalos del valor mínimo que es 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de acuerdo a los promedios obtenidos de cada mes, discutiendo que el distrito existe presencia de calidad de aire buena ,teniendo colorimétrico Verde.



NOTA: Modelamiento de PM₁₀ por interpolación comparados con intervalos de INCAS, verde oscuro 48.9 – 65.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, verde intermedio 16.3 – 32.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, verde medio: 32.6 – 48.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y verde claro 0 – 16.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ambas concentraciones no superan los 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

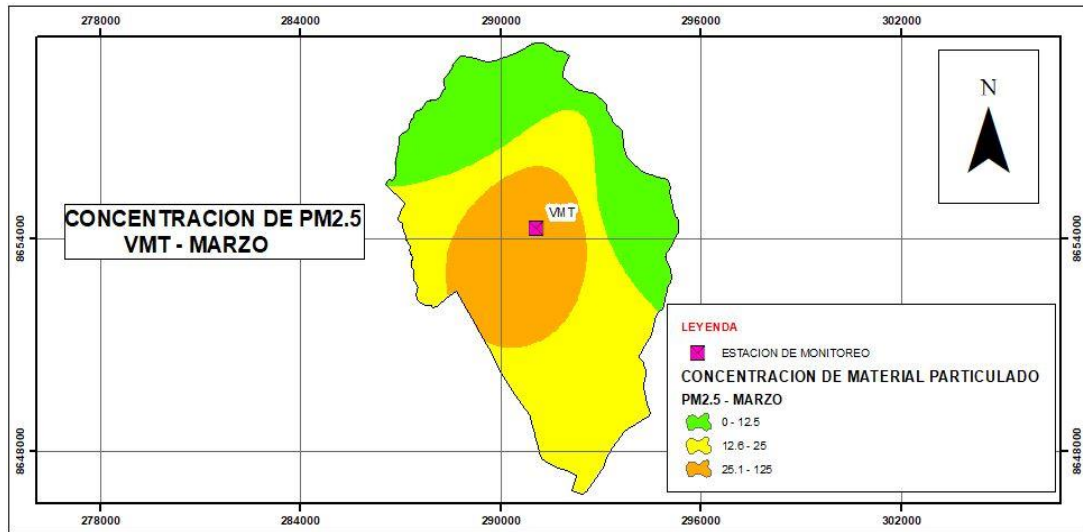
Figura 32. Concentración de PM₁₀ de Villa María del Triunfo de marzo del 2020.



NOTA: Modelamiento de PM₁₀ por interpolación comparados con intervalos de INCAS, verde oscuro 37.2 – 39.8 µg/m³, verde intermedio 12.4 – 24.7 µg/m³, verde medio :24.8 – 37.1 µg/m³ y verde claro 0 – 12.3 µg/m³ (Ambas concentraciones no superan los 75 µg/m³).
Figura 33. Concentración de PM₁₀ de Villa María del Triunfo de abril del 2020.

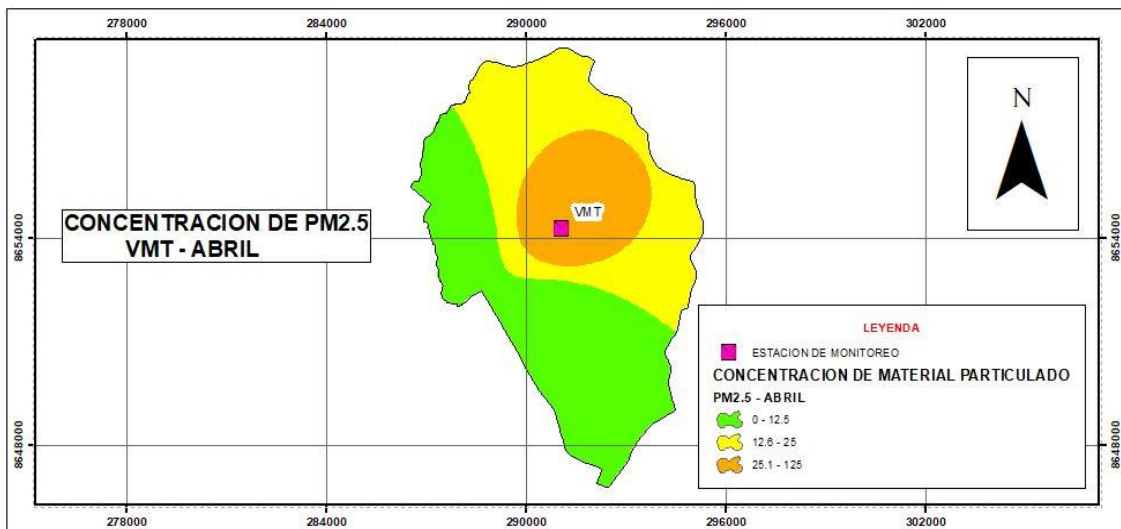
En el presente modelamiento se observa concentración de material particulado PM_{2.5} de la zona de estudio Villa María del Triunfo de los meses de marzo (Ver figura 34) y Abril (Ver figura 35), se comparó una variación de 15.59 µg/m³, por la interpolación hecha con IDW se logró obtener como resultado el promedio del mes de marzo 98.21 µg/ m³ y abril 82.61 µg/m³, en el cual sobrepasa el valor mínimo umbral de 12.5 µg/ m³, modelando una valoración colorimétrica, constando con los INCAS (resolución N°181 emitida por el MINAM). Verde (calidad del aire buena), en el caso el promedio 12.6-25 µg/ m³ una coloración color Amarillo (calidad moderada del aire) y el último promedio de 25.1-125 µg/ m³ y una coloración Naranja (calidad de aire mala). Concluyendo que en los tres distritos Villa María del Triunfo es el que tiene más concentración de material particulado en ambos meses.

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.



NOTA: Modelamiento de PM_{2.5} por interpolación comparados con intervalos de INCAS, promedio del mes de marzo fue 98.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superando el valor mínimo umbral 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

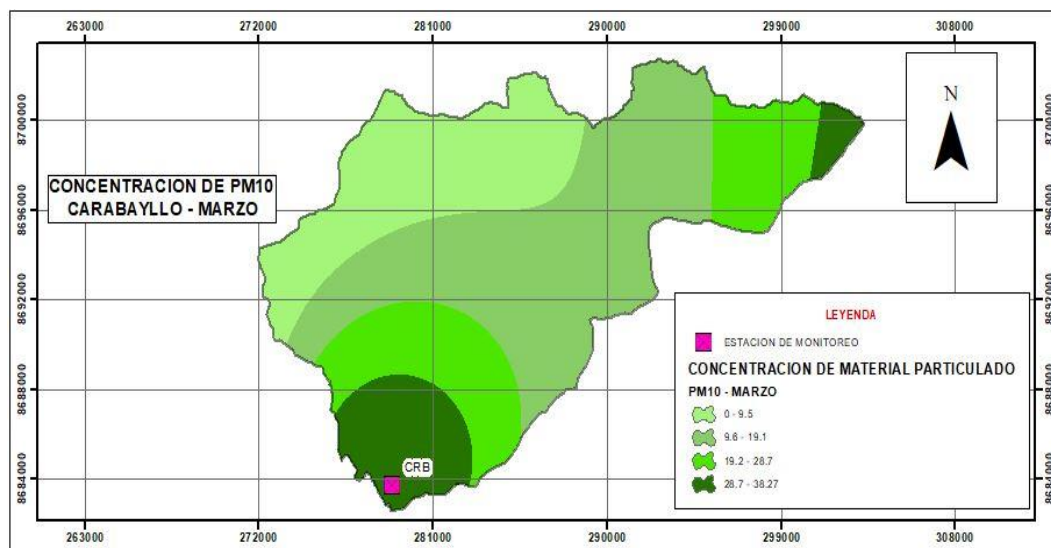
Figura 34. Concentración de PM_{2.5} de Villa María de Triunfo del mes de marzo del 2020.



NOTA: Modelamiento de PM_{2.5} por interpolación comparados con intervalos de INCAS, promedio del mes de abril fue 82.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superando el valor mínimo umbral 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 35. Concentración de PM_{2.5} de Villa María de Triunfo del mes de abril del 2020

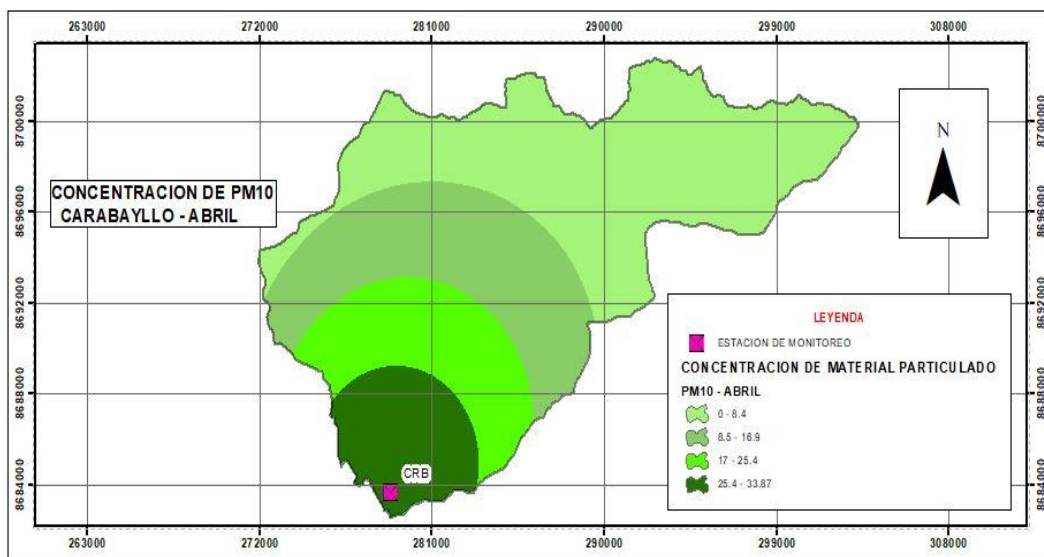
En la figura 36 se aprecian los resultados del modelamiento de concentración de material particulado de PM_{10} en marzo y distrito de Carabayllo (fig.36) se muestra una concentración de material particulado de $38.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual no llega al valor mínimo que es de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que el modelo elaborado con IDW se muestra una coloración en distintos verdes, al realizar la comparación con los INCAS (resolución N° 181 emitida por el MINAN). Como resultado es una buena calidad de aire. A su vez cabe resaltar que indica que hay una mínima disminución de concentración de partículas.



NOTA: Modelamiento por proceso de interpolación comparados con intervalos de INCAS, Color verde oscuro $28.7-38.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verde intermedio $9.6-19.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verde medio : $19.2-28.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y verde claro $0-9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ambas concentraciones no superan los $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 36. Concentración de PM_{10} Carabayllo mes de marzo.

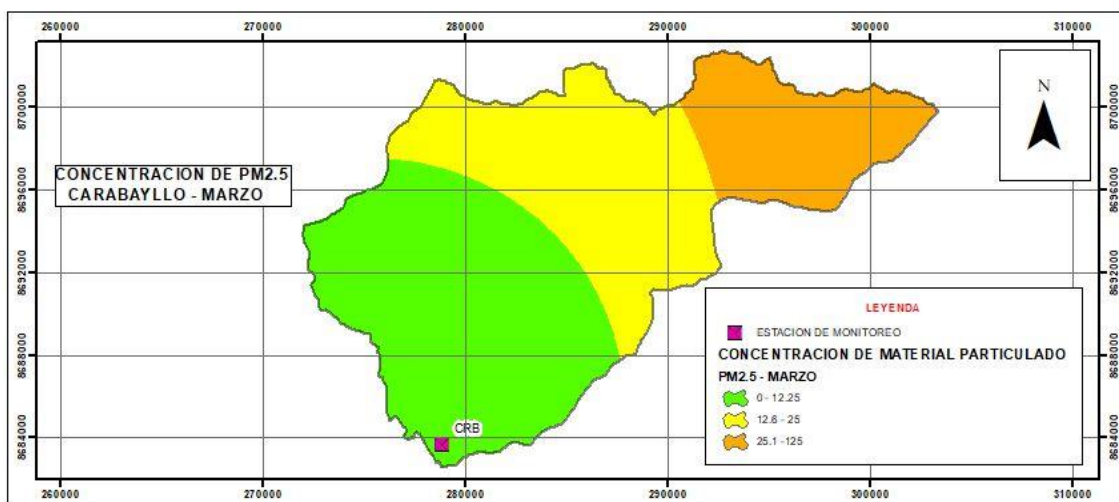
En la figura 37 se puede observar el modelamiento de concentración material particulado de PM₁₀ en el mes de abril del distrito de Carabayllo de 33.87 µg/m³ el cual no llega al valor mínimo que es de 75 µg/m³, por lo que el modelo elaborado con IDW se muestra una coloración en distintos verdes, asumiendo que el color verde es de buena calidad a su vez nos indica que hay un mínimo índices de concentración de partículas, se demostró que hay una variación de 4.4 µg/m³ entre los dos meses, la disminución de PM₁₀ se basa que en el mes de abril el aislamiento social fue más riguroso, por el uso de vehículos de importancia como los vehículos de los policías, ambulancias y entre otras entidades. Se contrasta con la resolución 181 emitida por el Ministerio del Ambiente en el año 2016.



NOTA: Modelamiento por proceso de interpolación comparados con intervalos de INCAS, Color verde oscuro: 25.4-25.4µg/m³, verde intermedio 17-25.4µg/m³, verde medio: 8.5-16.9 µg/m³ y verde claro 0-8.4µg/m³ (Ambas concentraciones no superan los 75 µg/m³).

Figura 37. Concentración de PM₁₀ Carabayllo mes de abril.

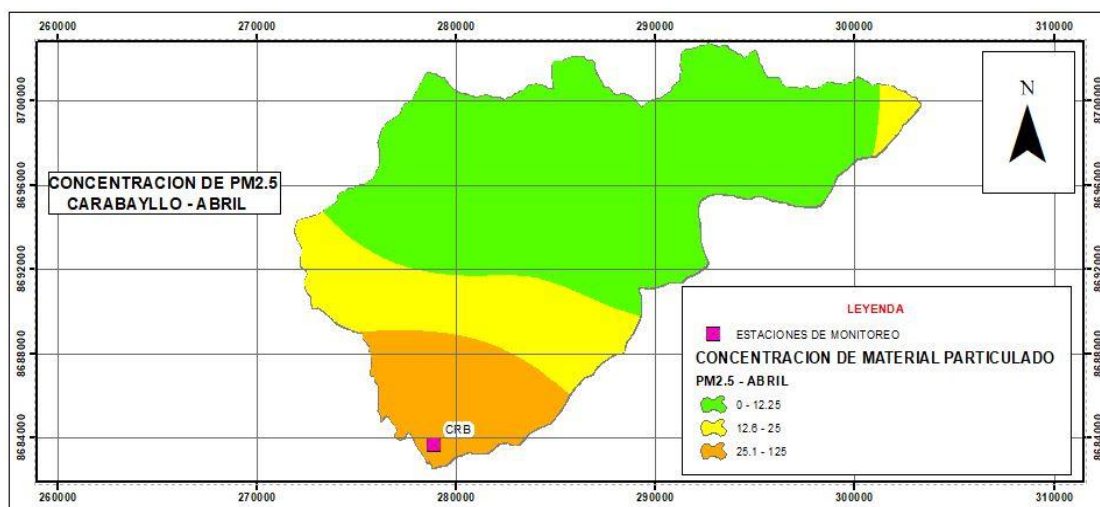
Se puede observar el modelamiento de concentración de $PM_{2.5}$ en marzo del distrito de Carabayllo (fig.38) una concentración de material particulado de $62.19 \mu g/m^3$ el cual está en entre los intervalos de $25 < 125 (\mu g/m^3)$ de esta manera la concentración de partículas en el mes de marzo es de 3 calores que se representan en el modelo, Verde-calidad buena, Amarillo – calidad moderada y Anaranjado – calidad mala, deducimos que al lado Norte del distrito de Carabayllo tenemos una concentración de material particulado mala, debido al implemento de las ollas común que realizaban los pobladores en la parte Norte del distrito.



Nota: valoración colorimétrica de $PM_{2.5}$ se caracteriza por: color verde ($0-12.5 \mu g/m^3$), indica calidad de aire buena, color amarillo ($12.6-25 \mu g/m^3$), indica calidad de aire moderada y el color Naranja ($25.1 < 125 \mu g/m^3$), indica de aire mala.

Figura 38. Concentración de $PM_{2.5}$ Carabayllo mes de marzo.

Se puede visualizar en la siguiente figura el modelamiento de concentración de material particulado $PM_{2.5}$, que alrededor de la estación existe una concentración de mala calidad que se identifica en los intervalos de valoración colorimétrica entre $25.1 < 125 \mu g/m^3$ se modela de color anaranjado por lo superan el valor umbral máximo en la interpolación IDW, Considerándose entre los intervalos de categoría mala. Evitar realizar ejercicios al aire libre por que trae consigo una seria de consecuencias a la salud a su vez infectarse por efectos de la pandemia Covid 19. (Ver figura 39).



Nota: Valoración colorimétrica de $PM_{2.5}$ se caracteriza por: color verde ($0-12.5 \mu g/m^3$), indica calidad de aire buena, color amarillo ($12.6-25 \mu g/m^3$), indica calidad de aire Moderada y el color Naranja ($25.1 < 125 \mu g/m^3$), indica de aire mala.

Figura 39. Concentración de $PM_{2.5}$ Carabayllo mes de abril 2020.

4.2 Conclusiones

Se puede concluir que al recopilar información de material particulado de los meses marzo y abril del SENAMHI se logró calcular promedios diarios de PM_{10} y $PM_{2.5}$ y elaborar modelamientos de los mapas de manera satisfactoria mostrando variaciones de concentración en los 3 distritos.

Se pudo concluir con la elaboración de modelamiento de los mapas específicos, para cada uno de los 3 distritos de PM_{10} , donde ninguno de las 3 zonas supera el valor umbral mínimo $75 \mu g/m^3$ de los intervalos según el INCA, donde en Carabayllo se obtuvo un promedio de $38.27 \mu g/m^3$ en el mes de marzo a diferencia del mes de abril $33.87 \mu g/m^3$, con una coloración colorimétrica en escala de Verde (calidad de Aire buena), Villa María del Triunfo tiene un promedio de marzo de $64.75 \mu g/m^3$ y en el mes de abril 49.08 , por lo que también se consideró que no sobrepasan los valores mínimos de $75 \mu g/m^3$, donde se obtuvo una coloración verde (calidad de aire buena) y por último la zona de Campo de Marte una coloración con un promedio de $14.57 \mu g/m^3$ en el mes de marzo y en el caso de abril $13.17 \mu g/m^3$, con valor colorimétrico verde, (calidad de aire buena).

De igual manera el $PM_{2.5}$ que en las 3 zonas de estudio superan el valor máximo de $25 \mu g/m^3$ de los intervalos según el INCA (resolución N°181 emitida por el MINAM), en Carabayllo se obtuvo un promedio de $62.19 \mu g/m^3$ en el mes de marzo a diferencia del mes de abril $49.82 \mu g/m^3$, dando el modelamiento con una coloración colorimétrica en escala de Verde (calidad de aire buena), Amarillo (calidad de aire moderada) y Anaranjado (calidad de aire mala), Villa María del Triunfo tiene un promedio de marzo de $98.21 \mu g/m^3$ y en el mes de abril $82.62 \mu g/m^3$, por lo que

también se consideró que sobrepasan los valores máximos de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dando el modelamiento con una coloración colorimétrica en escala de Verde (calidad de aire buena), Amarillo (calidad de aire moderada) y Anaranjado (calidad de aire mala) y por último la zona del distrito de Campo de Marte que tiene como promedio $51.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de marzo y $53.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de abril por lo que también se consideró que sobrepasan los valores máximos de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obteniendo un modelamiento con una coloración colorimétrica en escala de Verde (calidad de aire buena), Amarillo (calidad de aire moderada) y Anaranjado (calidad de aire mala).

REFERENCIAS

Ministerio de Salud. (2009). Informes de calidad de aire. Recuperado de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/pral2/mpca-informes/INFORME%20Cajamarca%20Dic%202009.pdf>

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2013-2014). *Informe nacional de calidad de aire*. Lima: Perú. (Primera edición) Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>

Ministerio del Ambiente – MINAM.(2018). *Gestión de calidad de aire*. Lima:Peru. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2018.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú – SENAMHI (2011). *Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales*. Recuperado de <https://senamhi.gob.pe/load/file/01403SENA-3.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú – SENAMHI (2020). *Boletín mensual de vigilancia de la calidad de aire Lima Metropolitana*. Lima: Perú. (Sexta Edición) Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-81.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú – SENAMHI (2020). *Informe de vigilancia de la calidad de aire del área de Lima Metropolitana*. Lima: Perú.

Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-82.pdf>

Gobierno de España. (2019). *ministerio para la transicion ecologica y el reto demográfico material particulado PM₁₀*. Recuperado de <http://www.prtr-es.es/Particulas-PM10,15673,11,2007.html>

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2016). *Resolucion N°181 Aprueban los indices de calidad de aire*. Lima: Perú. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>

OEHHA. (2020). *Office of Environmental Health Hazard Assessment*, p.1. Recuperado de <https://cfpub.epa.gov/airnow/index.cfm?action=aqibasics.particle>

Aragón, L. (2020) *Efecto de la pandemia de COVID-19 en la calidad de aire*. Perú. Recuperado de <https://www.easp.es/web/coronavirusysaludpública/efecto-de-la-pandemia-de-covid-19-en-la-calidad-del-aire-impacto-en-la-salud-respiratoria/>

Lenin,R. (2017) *Modelamiento geoestadístico de mediciones de concentración de material particulado (PM₁₀) para la evaluación de un método simplificado*.

(Tesis de Pregrado). Universidad la Molina-Lima. Recuperado de http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1143/pdf_7

Gaitán, M. (2007) *Análisis del estado de la calidad del aire de Bogotá*. (Tesis de Pregrado). Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a11.pdf>

SENAMHI. (09 de Marzo de 2016). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/9323-consultar-los-avisos-meteorologicos-mas-recientes-en-peru>

Global energy review.(2020).*Impacto de la crisis del Covid 19 en la demanda Global de energía y las emisiones de CO₂ y PM₁₀*. Paris. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>

Grupo de Trabajo Multidisciplinar (GTM). (2020). *Grupo de Trabajo Multidisciplinar (GTM)*. Madrid: Ciencias e innovación. Recuperado de <https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.26172fcf4eb029fa6ec7da6901432ea0/?vgnnextoid=2dcef74a14052710VgnVCM1000001d04140aRCR>

D

Chen, K. (2020). *Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak.* China. Recuperado de <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.05.20054502v2.full.pdf>

SENMAHI. (31 de marzo de 2020) *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.* (Boletín N° 03). Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02215SENA-81.pdf>

SENMAHI. (31 de abril de 2020) *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.* (Boletín N° 04). Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-83.pdf>

Vizcarra, M. (30 de Abril de 2020). *gob.pe*. Obtenido de Plataforma digital unica del estado Peruano : <https://www.gob.pe/institución/minam/noticias/110755-calidad-de-aire-en-lima-durante-cuarentena-alcanzo-niveles-que-recomienda-organización-mundial-de-salud>

Universidad de Antioquia.(2006). *Revista Facultad Nacional de Salud Pública.* Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/120/12024208.pdf>

Laboratorio de calibración de analizadores de gas acreditado por INN Chile. (2014-2018). *Ambiente y Tecnología* . Obtenido de <http://www.ayt.cl/catalogo-de-productos/monitores-de-material-particulado/continuos/calidad-del-aire-continuos/monitor-atenuacion-beta-pm10-pm2-5-thermo-5014i/>

Villacorta, L. D. (2019). Instrumentos de calidad de monitoreo de calidad de aire. *En Repositorio Universitario UNFV*, 8, pp 9 – 10. Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4080>

Organización mundial de la Salud. (2018). *Calidad de aire -Salud* . Recuperado de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Rodríguez, L. (2014). *Protocolo para el monitoreo y saneamiento de la calidad de aire*. Bogotá. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88>

Cervantes, J. (2011). *Manual de operaciones de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*. Mexico. Recuperado de <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.05.20054502v2.full.pdf>

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación Sampieri*. (6° Edición). pp 4 – 91. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed>.

ANEXOS

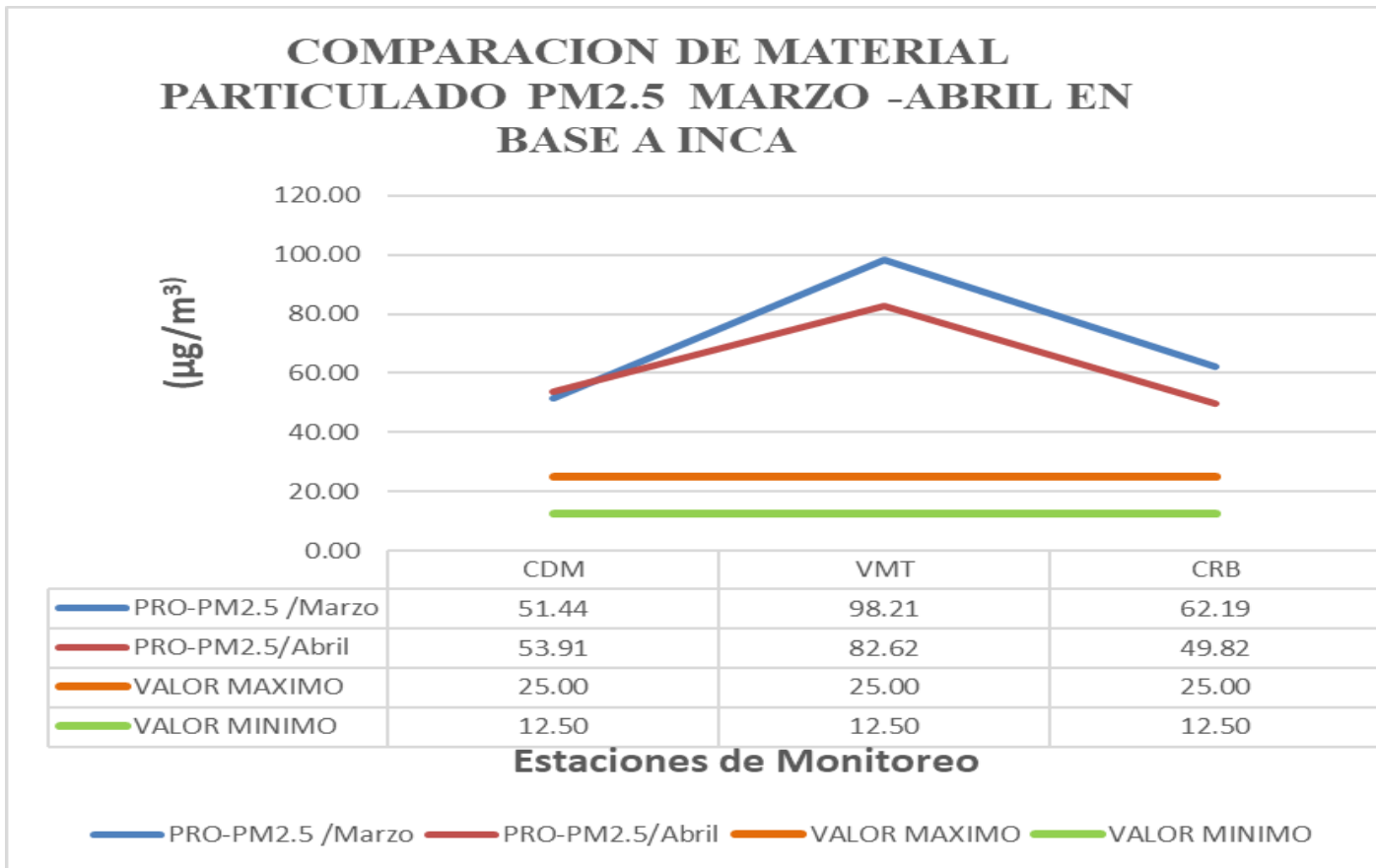


Figura 40. Comparación de promedios de las concentraciones.

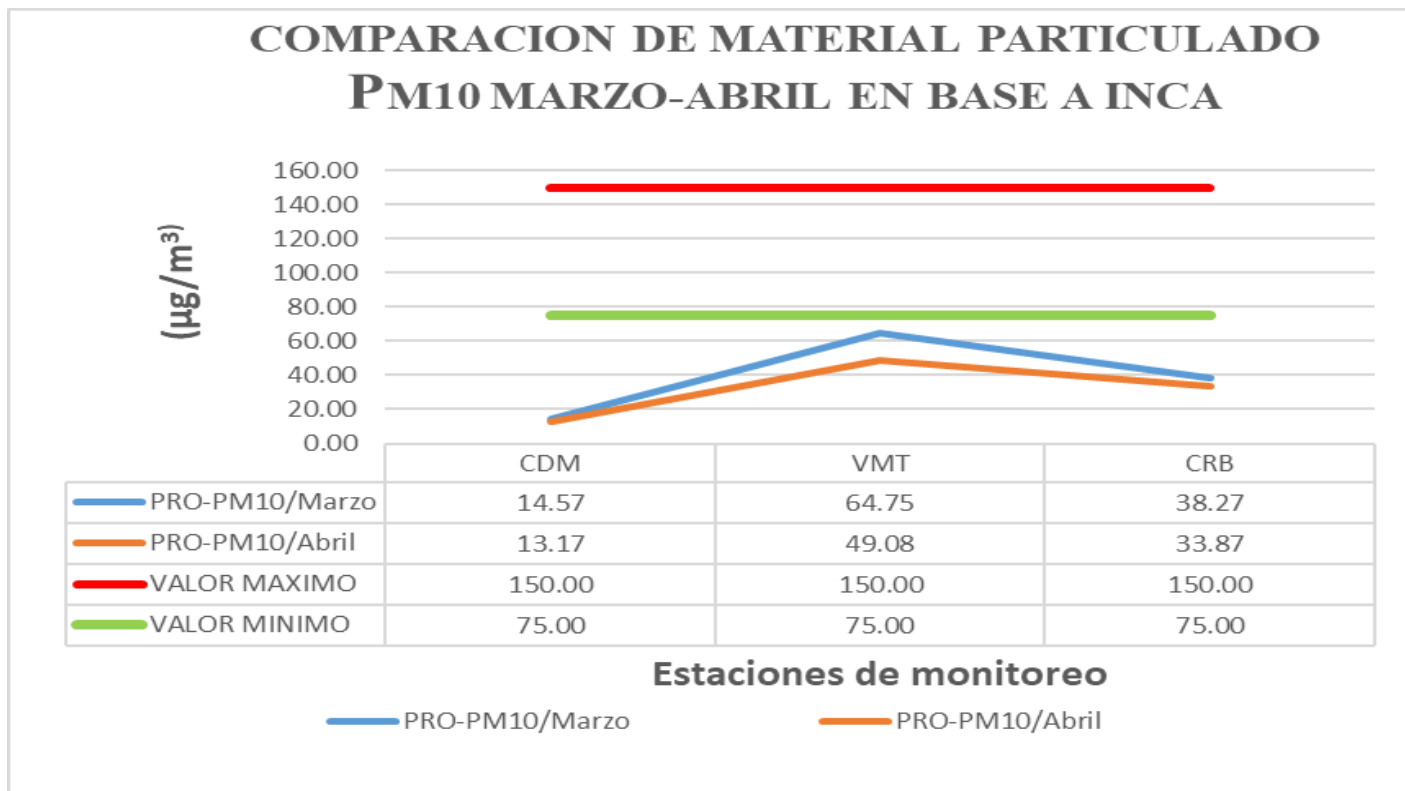


Figura 41. Comparación de promedio de la concentración de PM10 según INCAS en las 3 estaciones de monitoreo

Tabla 31.

Resultados de las estaciones de monitoreo PM₁₀ de Lima Metropolitana, Campo de Marte(CDM), Santa Anita (STA), Villa María del Triunfo (VTM) y Carabayllo (CBR)- SENAMHI.

FECHA	CDM	STA	VMT	CRB	FECHA	CDM	STA	VMT	CRB	FECHA	CDM	STA	VMT	CRB
1/03/2020	11.71	S/D	34.75	S/D	26/03/2020	12.44	S/D	17.26	10.73	20/04/2020	13.62	S/D	24.39	13.49
2/03/2020	12.28	S/D	26.69	S/D	27/03/2020	12.49	S/D	18.26	10.85	21/04/2020	10.09	S/D	S/D	11.42
3/03/2020	12.44	S/D	24.10	S/D	28/03/2020	12.96	S/D	20.47	13.29	22/04/2020	8.51	S/D	S/D	8.57
4/03/2020	16.06	S/D	31.02	S/D	29/03/2020	15.15	S/D	24.49	11.96	23/04/2020	8.85	S/D	S/D	9.97
5/03/2020	15.80	S/D	30.70	27.04	30/03/2020	16.00	S/D	31.45	13.76	24/04/2020	9.55	S/D	S/D	10.21
6/03/2020	17.71	S/D	29.27	27.14	31/03/2020	16.56	S/D	25.84	15.59	25/04/2020	11.32	S/D	S/D	14.04
7/03/2020	13.61	S/D	33.94	24.62	1/04/2020	18.25	S/D	25.31	14.82	26/04/2020	12.36	S/D	S/D	10.59
8/03/2020	10.50	S/D	26.94	17.52	2/04/2020	17.03	S/D	25.14	14.75	27/04/2020	13.98	S/D	S/D	13.08
9/03/2020	13.95	S/D	28.46	S/D	3/04/2020	17.74	S/D	22.38	15.43	28/04/2020	16.14	S/D	S/D	16.19
10/03/2020	13.34	S/D	28.78	S/D	4/04/2020	13.40	S/D	S/D	12.59	29/04/2020	16.16	S/D	S/D	15.53
11/03/2020	14.99	S/D	28.08	S/D	5/04/2020	14.75	S/D	S/D	10.62	30/04/2020	18.52	S/D	S/D	18.16
12/03/2020	14.41	S/D	32.65	S/D	6/04/2020	14.14	S/D	20.61	11.89					
13/03/2020	13.50	S/D	29.72	50.65	7/04/2020	11.99	S/D	24.20	13.20					
14/03/2020	13.15	S/D	26.58	19.60	8/04/2020	11.90	S/D	18.74	10.97					
15/03/2020	13.30	S/D	28.57	15.39	9/04/2020	12.83	S/D	18.34	9.04					
16/03/2020	12.30	S/D	24.94	14.87	10/04/2020	13.16	S/D	14.54	10.64					
17/03/2020	10.53	S/D	17.87	9.78	11/04/2020	11.79	S/D	20.61	10.59					
18/03/2020	10.91	S/D	22.06	11.56	12/04/2020	10.96	S/D	17.71	7.84					
19/03/2020	9.34	S/D	12.90	7.54	13/04/2020	16.10	S/D	18.96	13.57					
20/03/2020	9.93	S/D	15.52	8.58	14/04/2020	18.75	S/D	18.49	13.24					
21/03/2020	11.48	S/D	17.24	10.10	15/04/2020	11.02	S/D	14.80	11.62					
22/03/2020	8.84	S/D	15.15	8.51	16/04/2020	9.42	S/D	16.03	11.10					
23/03/2020	11.29	S/D	19.50	10.90	17/04/2020	12.54	S/D	27.63	15.60					
24/03/2020	11.30	S/D	18.91	9.96	18/04/2020	15.80	S/D	23.59	13.49					
25/03/2020	10.36	S/D	19.04	7.67	19/04/2020	13.65	S/D	20.33	11.41					

Tabla 32.

Resultados de las estaciones de monitoreo PM_{2.5} de Lima Metropolitana, Campo de Marte(CDM), Santa Anita (STA), Villa María del Triunfo (VTM) y Carabayllo (CBR)- SENAMHI.

FECHA	CDM	STA	VMT	CRB	FECHA	CDM	STA	VMT	CRB	FECHA	CDM	STA	VMT	CRB
1/03/2020	17.56	21.96	110.16	S/D	24/03/2020	15.87	21.10	59.81	41.94	16/04/2020	16.51	20.65	103.44	63.97
2/03/2020	21.65	25.79	127.90	S/D	25/03/2020	14.47	17.90	44.30	32.19	17/04/2020	19.13	22.22	95.34	65.48
3/03/2020	22.27	25.02	105.14	S/D	26/03/2020	18.16	19.62	62.16	45.32	18/04/2020	23.67	24.92	84.08	60.69
4/03/2020	32.22	27.91	135.39	S/D	27/03/2020	18.14	20.52	67.99	48.54	19/04/2020	19.92	21.21	51.11	41.90
5/03/2020	27.24	30.98	139.36	S/D	28/03/2020	19.50	21.78	75.98	59.53	20/04/2020	20.11	24.92	100.63	58.89
6/03/2020	33.37	30.26	122.50	S/D	29/03/2020	21.06	21.91	60.53	47.23	21/04/2020	14.44	19.86	54.38	48.34
7/03/2020	22.83	37.71	131.72	S/D	30/03/2020	22.94	22.15	73.24	64.60	22/04/2020	12.11	18.37	66.93	39.34
8/03/2020	19.48	25.54	118.78	S/D	31/03/2020	24.17	23.20	66.25	60.57	23/04/2020	13.13	21.12	85.38	43.56
9/03/2020	33.31	38.43	156.29	S/D	1/04/2020	25.62	24.90	66.46	48.22	24/04/2020	13.88	20.83	76.78	48.26
10/03/2020	27.91	26.08	146.95	S/D	2/04/2020	23.57	24.23	76.33	54.17	25/04/2020	17.01	24.71	104.47	66.73
11/03/2020	31.26	28.35	143.26	S/D	3/04/2020	23.29	23.78	62.30	53.71	26/04/2020	18.58	20.07	55.09	37.79
12/03/2020	24.66	30.29	139.55	114.64	4/04/2020	18.72	22.00	52.96	42.68	27/04/2020	20.46	23.59	96.07	53.26
13/03/2020	23.84	29.45	126.03	87.80	5/04/2020	21.90	17.14	34.85	30.32	28/04/2020	24.70	26.46	86.59	70.69
14/03/2020	23.66	27.50	124.77	87.97	6/04/2020	19.65	20.19	74.14	47.78	29/04/2020	27.20	28.04	92.65	67.94
15/03/2020	20.67	24.47	107.50	68.22	7/04/2020	15.73	20.45	67.49	57.89	30/04/2020	29.92	31.81	118.89	78.42
16/03/2020	21.47	26.31	113.31	68.96	8/04/2020	16.18	19.50	69.25	42.24					
17/03/2020	16.72	20.52	73.44	46.62	9/04/2020	15.83	17.82	36.70	28.99					
18/03/2020	17.59	20.84	75.05	55.05	10/04/2020	16.79	19.32	32.75	32.34					
19/03/2020	13.81	17.83	48.39	35.54	11/04/2020	16.54	18.17	69.82	45.28					
20/03/2020	14.18	19.77	49.42	37.28	12/04/2020	16.21	18.40	39.13	29.78					
21/03/2020	19.34	20.04	57.71	43.72	13/04/2020	22.72	23.47	75.99	56.22					
22/03/2020	17.66	18.89	60.00	40.14	14/04/2020	30.62	25.63	90.81	56.68					
23/03/2020	20.50	23.12	87.83	62.14	15/04/2020	18.51	22.07	88.00	52.47					

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.



Cajamarca, 30 de julio del 2020

Dr.
Ken Takahashi
Presidente Ejecutivo
SENAMHI-PERU

Presente. -

Es grato dirigirme a usted en nombre la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, para saludarlo cordialmente y al mismo tiempo presentarle a nuestros egresados de la carrera de Ingeniería Ambiental, quienes solicitan datos de las estaciones meteorológicas de Lima Norte – Estación Carabaylo, Lima Este – Estación Santa Anita, Lima Sur – Estación Villa María del Triunfo, Lima Centro – Estación del Campo de Marte, en los parámetros de: PM10, PM2.5 Y SO₂ de los meses Abril – Mayo del 2020, para poder elaborar su tesis que tiene como título: “Modelamiento con ArcGis de la calidad atmosférica en Lima – Metropolitana durante el estado de emergencia nacional COVID 19”. Toda información que se brinde a nuestros egresados tiene fines estrictamente académicos.

Los egresados que tiene a cargo el trabajo en mención son:

Apellidos y Nombres	Código
• Regalado Cotrina Juan Daniel	N00031687
• Vásquez Quispe Roxana Elizabeth	N00036847

Agradezco por anticipado la atención que brinde a la presente.

Atentamente;



Ing. Magda Rosa Velasquez Marin
Coordinadora Carrera Ingeniería Ambiental
UPN – Cajamarca

Figura 42. Carta de presentación por la directora de carrera.

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.

**GERENCIA GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DEL PERU – SENAMHI**
Presente. -

ROXANA EIZABETH VASQUEZ QUISPE
JUAN DANIEL REGALADO COTRINA

PSJ: San Agustín 150
Prolongación Guadalupe 312b

con N° DNI: 70207739; 72559627. Telf.: 944473134; 992 057 347

E-mail: roxanasvasquez18e@gmail.com, jjddaniel.22@gmail.com

Universidad: Universidad privada del Norte

Carrera: Ingeniería Ambiental

Ante usted me presento y expongo;

Solicito datos de la Estación METEREOLÓGICAS DE Lima Metropolitana para poder realizar mi proyecto de tesis que tiene como objetivo Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la calidad atmosférica en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19-D.S.044-2020-PCM.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN	PARÁMETROS	ESCALA	PERÍODOS
CRB – Estación Carabayllo	PM10 ,PM2.5 y SO2	Diaria	Febrero, Marzo y Abril del 2020
STA – Estación Santa Anita	PM10 ,PM2.5 y SO2	Diaria	Febrero, Marzo y Abril del 2020
VMT – Estación de Villa María del Triunfo	PM10 ,PM2.5 y SO2	Diaria	Febrero, Marzo y Abril del 2020
CDM – Estación de Campo de Marte	PM10 ,PM2.5 y SO2	Diaria	Febrero, Marzo y Abril del 2020

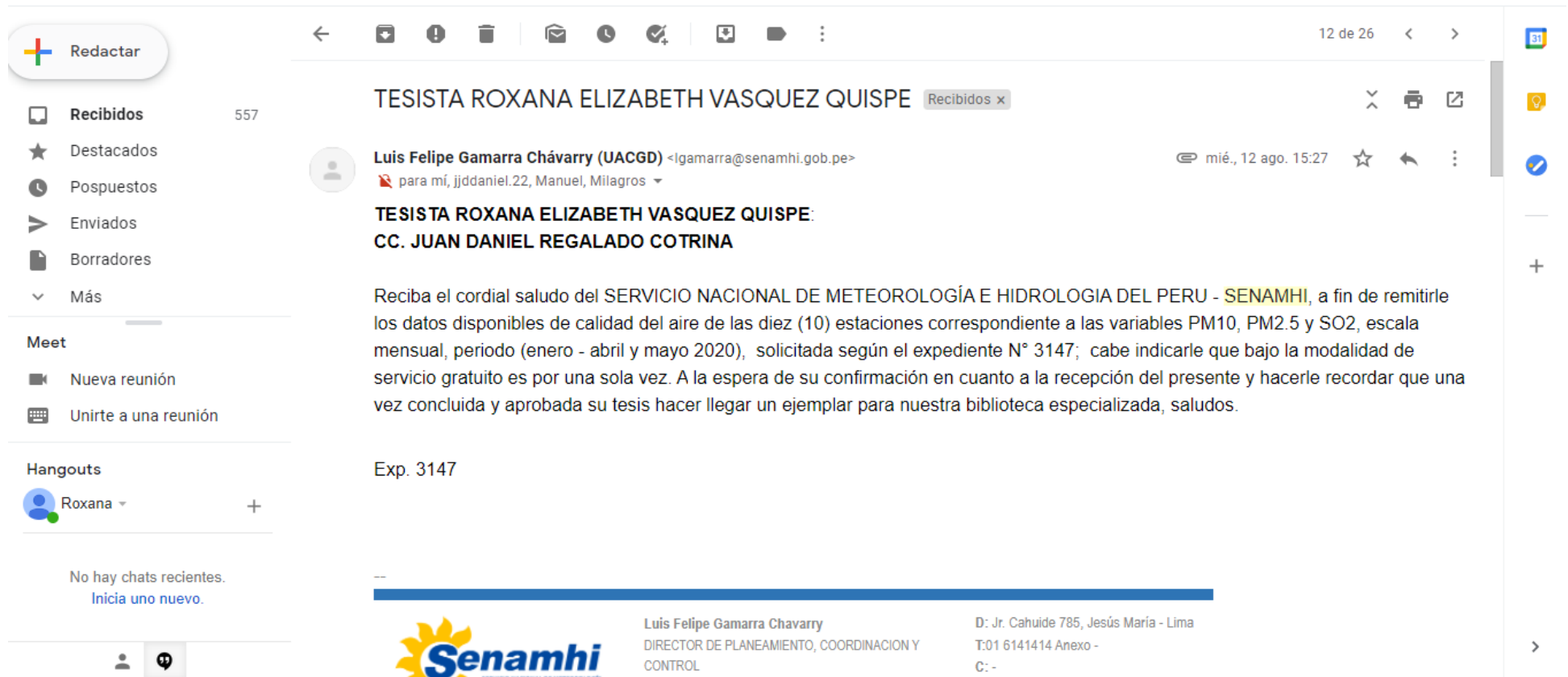
Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Lima, 13 de Agosto del 2020


ROXANA EIZABETH VASQUEZ QUISPE


JUAN DANIEL REGALADO COTRINA

Figura 43. Solicitud para datos de las concentraciones CRB, VTM, CDM de SENAMHI.



The screenshot shows an email interface with a left sidebar and a main content area. The sidebar includes sections for 'Redactar', 'Recibidos' (557), 'Destacados', 'Pospuestos', 'Enviados', 'Borradores', 'Más', 'Meet' (with options for 'Nueva reunión' and 'Unirte a una reunión'), and 'Hangouts' (with a contact named 'Roxana'). The main content area shows an email from 'Luis Felipe Gamarra Chávarry (UACGD)' with the subject 'TESISTA ROXANA ELIZABETH VASQUEZ QUISPE' and recipient 'CC. JUAN DANIEL REGALADO COTRINA'. The email body contains a message from SENAMHI regarding the submission of air quality data for a thesis. The footer of the email includes the Senamhi logo and contact information for Luis Felipe Gamarra Chavarry.

Redactar

Recibidos 557

Destacados

Pospuestos

Enviados

Borradores

Más

Meet

Nueva reunión

Unirte a una reunión

Hangouts

Roxana +

No hay chats recientes.
[Inicia uno nuevo.](#)

← 12 de 26 →

TESISTA ROXANA ELIZABETH VASQUEZ QUISPE Recibidos x

Luis Felipe Gamarra Chávarry (UACGD) <lgamarra@senamhi.gob.pe> mié., 12 ago. 15:27

para mí, jjddaniel.22, Manuel, Milagros

TESISTA ROXANA ELIZABETH VASQUEZ QUISPE:
CC. JUAN DANIEL REGALADO COTRINA

Reciba el cordial saludo del SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DEL PERU - **SENAMHI**, a fin de remitirle los datos disponibles de calidad del aire de las diez (10) estaciones correspondiente a las variables PM10, PM2.5 y SO2, escala mensual, periodo (enero - abril y mayo 2020), solicitada según el expediente N° 3147; cabe indicarle que bajo la modalidad de servicio gratuito es por una sola vez. A la espera de su confirmación en cuanto a la recepción del presente y hacerle recordar que una vez concluida y aprobada su tesis hacer llegar un ejemplar para nuestra biblioteca especializada, saludos.

Exp. 3147

Senamhi

Luis Felipe Gamarra Chavarry
DIRECTOR DE PLANEAMIENTO, COORDINACION Y CONTROL

D: Jr. Cahuide 785, Jesús María - Lima
T:01 6141414 Anexo -
C: -

Figura 44. Correo de Aceptación.

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.

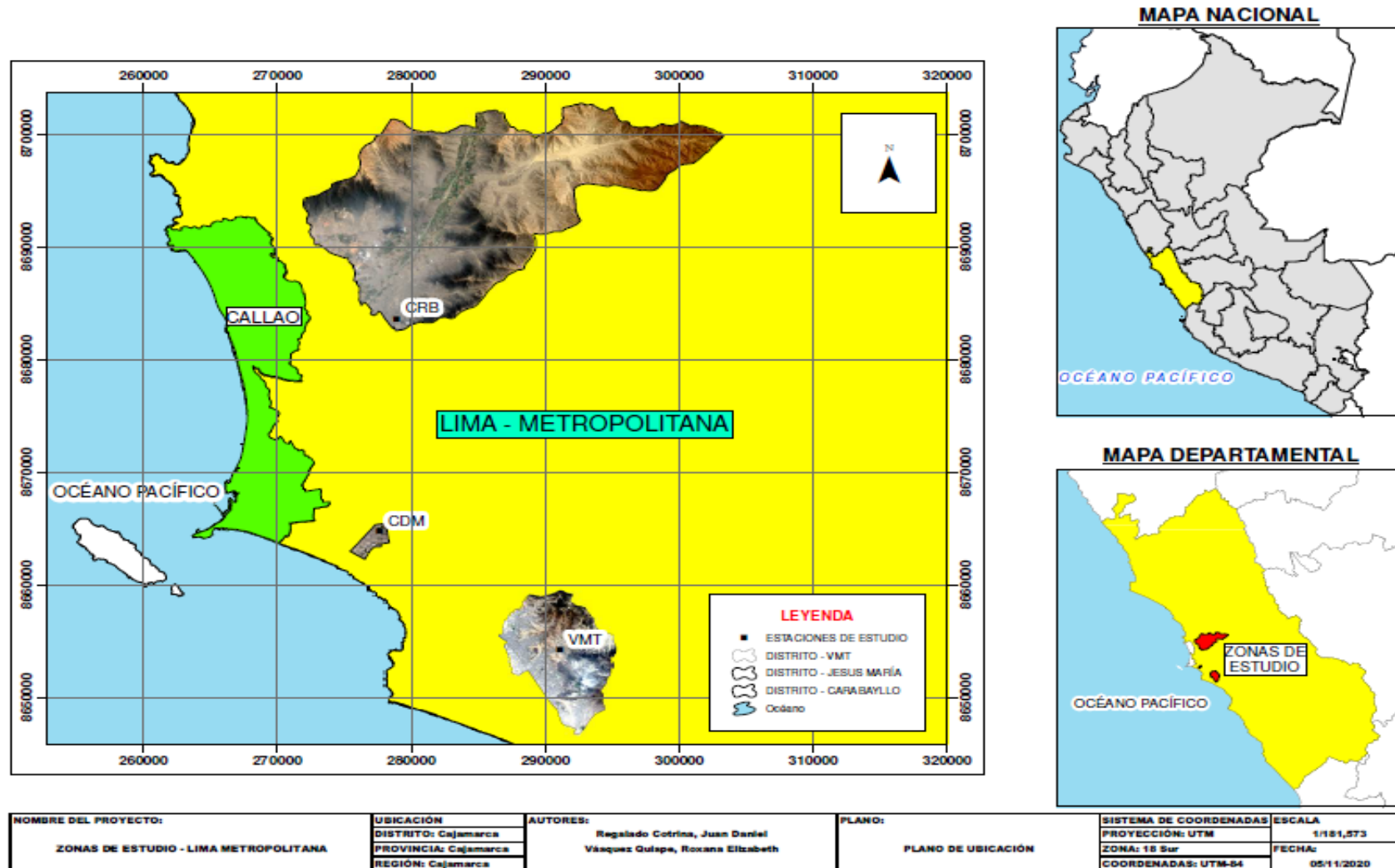


Figura 45. Ubicación de distritos en Lima Metropolitana.

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.



ACTA DE SUSTENTACIÓN		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																														
<p>El Jurado Evaluador de la Tesis/Trabajo de Investigación titulado: “MODELAMIENTO CON ARCGIS 10.7.1 DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO EN LIMA METROPOLITANA DURANTE EL ESTADO DE EMERGENCIA NACIONAL COVID 19 MARZO Y ABRIL DEL 2020”</p> <p>Que ha sustentado el(los) (...)Egresado(os) / (X)Bachiller(es):</p> <p>Juan Daniel, Regalado Cotrina Roxana Elizabeth, Vásquez Quispe Acuerda por: Unanmidad, Aprobar</p> <p>Otorgando la calificación de:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado*</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Excelente</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Sobresaliente</p> <p style="margin-left: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/> Bueno</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Desaprobado</p> <p><small>*Nota: En el caso este formato se use como regularización o continuidad de trámite y no se cuente con la nota específica del evaluado; durante la coyuntura de emergencia – Covid19, se debe de omitir las opciones de aprobado.</small></p> <p>Este acuerdo se hizo de conocimiento del interesado (a) y del público presente.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Presidente (a) del Jurado</td> <td style="width: 55%; text-align: center;">Gladys Sandi Licapa Redolfo</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">REG.CIP: 121969</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><small>Nombre y Apellidos</small></td> <td style="text-align: center;"><small>Nro. Colegiatura o DNI</small></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Miembro del Jurado</td> <td style="width: 55%; text-align: center;">Haniel Josué Torres Joaquín</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">REG.CIP: 185989</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><small>Nombre y Apellidos</small></td> <td style="text-align: center;"><small>Nro. Colegiatura o DNI</small></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Miembro del Jurado</td> <td style="width: 55%; text-align: center;">Jullán Ricardo Díaz Ruiz</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">REG.CIP: 178795</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><small>Nombre y Apellidos</small></td> <td style="text-align: center;"><small>Nro. Colegiatura o DNI</small></td> </tr> </table> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">Cajamarca, viernes, 6 de noviembre de 2020</p> <div style="text-align: right; margin-right: 100px;">  <hr style="width: 200px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> <p>Firma del Presidente(a) del Jurado</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;">CÓDIGO DE DOCUMENTO</td> <td style="width: 25%;">CDH-I-REG-VAC-05.20</td> <td style="width: 10%;">NÚMERO VERSIÓN</td> <td style="width: 5%;">05</td> <td style="width: 10%;">PÁGINA</td> <td style="width: 25%;">Página 1 de 3</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE VIGENCIA</td> <td>20/05/2020</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Presidente (a) del Jurado	Gladys Sandi Licapa Redolfo	REG.CIP: 121969		<small>Nombre y Apellidos</small>	<small>Nro. Colegiatura o DNI</small>	Miembro del Jurado	Haniel Josué Torres Joaquín	REG.CIP: 185989		<small>Nombre y Apellidos</small>	<small>Nro. Colegiatura o DNI</small>	Miembro del Jurado	Jullán Ricardo Díaz Ruiz	REG.CIP: 178795		<small>Nombre y Apellidos</small>	<small>Nro. Colegiatura o DNI</small>	CÓDIGO DE DOCUMENTO	CDH-I-REG-VAC-05.20	NÚMERO VERSIÓN	05	PÁGINA	Página 1 de 3	FECHA DE VIGENCIA	20/05/2020				
Presidente (a) del Jurado	Gladys Sandi Licapa Redolfo	REG.CIP: 121969																														
	<small>Nombre y Apellidos</small>	<small>Nro. Colegiatura o DNI</small>																														
Miembro del Jurado	Haniel Josué Torres Joaquín	REG.CIP: 185989																														
	<small>Nombre y Apellidos</small>	<small>Nro. Colegiatura o DNI</small>																														
Miembro del Jurado	Jullán Ricardo Díaz Ruiz	REG.CIP: 178795																														
	<small>Nombre y Apellidos</small>	<small>Nro. Colegiatura o DNI</small>																														
CÓDIGO DE DOCUMENTO	CDH-I-REG-VAC-05.20	NÚMERO VERSIÓN	05	PÁGINA	Página 1 de 3																											
FECHA DE VIGENCIA	20/05/2020																															

Figura 46. Acta de Sustentación.

“Modelamiento con ArcGis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima Metropolitana durante el estado de emergencia Nacional Covid 19 marzo y abril del 2020”.



ACTA DE SUSTENTACIÓN		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																														
<p>El Jurado Evaluador de la Tesis/Trabajo de Investigación titulado: “MODELAMIENTO CON ARCGIS 10.7.1 DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO EN LIMA METROPOLITANA DURANTE EL ESTADO DE EMERGENCIA NACIONAL COVID 19 MARZO Y ABRIL DEL 2020”</p> <p>Que ha sustentado el(los) (...)Egresado(os) / (X)Bachiller(es):</p> <p>Juan Daniel, Regalado Cotrina Roxana Elizabeth, Vásquez Quispe</p> <p>Acuerda por: Unanimidad, Aprobar</p> <p>Otorgando la calificación de:</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado* <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Sobresaliente <input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Desaprobado </p> <p><small>*Nota: En el caso este formato se use como regularización o continuidad de trámite y no se cuente con la nota específica del evaluado; durante la coyuntura de emergencia – Covid19, se debe de omitir las opciones de aprobado.</small></p> <p>Este acuerdo se hizo de conocimiento del interesado (a) y del público presente.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Presidente (a) del Jurado</td> <td style="width: 55%;">Gladys Sandi Licapa Redolfo</td> <td style="width: 30%;">REG.CIP: 121969</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Nombre y Apellidos</td> <td style="text-align: center;">Nro. Colegiatura o DNI</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Miembro del Jurado</td> <td style="width: 55%;">Haniel Josué Torres Joaquín</td> <td style="width: 30%;">REG.CIP: 185989</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Nombre y Apellidos</td> <td style="text-align: center;">Nro. Colegiatura o DNI</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Miembro del Jurado</td> <td style="width: 55%;">Jullán Ricardo Díaz Ruiz</td> <td style="width: 30%;">REG.CIP: 178795</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Nombre y Apellidos</td> <td style="text-align: center;">Nro. Colegiatura o DNI</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Cajamarca, viernes, 6 de noviembre de 2020</p> <div style="text-align: center;">  <hr style="width: 200px; margin: 0 auto;"/> <p>Firma del Presidente(a) del Jurado</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;">CÓDIGO DE DOCUMENTO</td> <td style="width: 25%;">COR-F-REC-VAC-05.20</td> <td style="width: 15%;">NÚMERO VERSIÓN</td> <td style="width: 10%;">05</td> <td style="width: 15%;">PÁGINA</td> <td style="width: 20%;">Página 1 de 3</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE VIGENCIA</td> <td>20/05/2020</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Presidente (a) del Jurado	Gladys Sandi Licapa Redolfo	REG.CIP: 121969		Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI	Miembro del Jurado	Haniel Josué Torres Joaquín	REG.CIP: 185989		Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI	Miembro del Jurado	Jullán Ricardo Díaz Ruiz	REG.CIP: 178795		Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI	CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.20	NÚMERO VERSIÓN	05	PÁGINA	Página 1 de 3	FECHA DE VIGENCIA	20/05/2020				
Presidente (a) del Jurado	Gladys Sandi Licapa Redolfo	REG.CIP: 121969																														
	Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI																														
Miembro del Jurado	Haniel Josué Torres Joaquín	REG.CIP: 185989																														
	Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI																														
Miembro del Jurado	Jullán Ricardo Díaz Ruiz	REG.CIP: 178795																														
	Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI																														
CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.20	NÚMERO VERSIÓN	05	PÁGINA	Página 1 de 3																											
FECHA DE VIGENCIA	20/05/2020																															

Figura 47. Acta de Autorización para sustentación.