

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA DE POSGRADO



**“MODELO DE SIMULACIÓN Y EL MONITOREO DE LA
CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE PUCALLPA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN EMPRESARIAL

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN GESTIÓN
EMPRESARIAL**

TESISTA: WALTER GILBERTO ROMÁN CLAROS

ASESOR: Dr. ROSARIO VARGAS RONCAL

HUÁNUCO- PERÚ

2019

DEDICATORIA:

A mi esposa Lesly, mis hijos Walter Hugo Lot y Lezly Esther, a mis padres Marciano y mi adorada Madre Q.E.P.D. Constantina, mis hermanos, Victoria, Oscar, Hugo, Betty y Tito, quienes me ayudaron y motivaron en todo momento para la culminación de mis estudios.

WALTER GILBERTO

AGRADECIMIENTO:

Nuestro agradecimiento profundamente a todos los que hicieron posible la realización de esta investigación; A mi Alma Mater, Universidad Nacional de Hermilio Valdizan.

A mi asesor Dr. Rosario Vargas Roncal.

RESUMEN

El objetivo fue desarrollar un modelo de simulación para prospectar el comportamiento de la calidad de aire en el futuro en base a la determinación de la concentración de aire generados por emisiones de material particulado (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa, además se propone una aplicación informática como herramienta para mejorar el monitoreo de la calidad de aire. El tipo de investigación es aplicada, híbrido o mixto, longitudinal, descriptivo explicativo y analítico.

Se tomaron 12 muestras o puntos en forma no probabilística a juicio de valor para la evaluación y control en los distritos de Calleria, Manantay y Yarinacocha, en los cuales se hicieron mediciones durante 24 días utilizando un equipo muestreador HIVOL PM_{10} , de acuerdo al protocolo establecidos, para luego con los resultados y otras variables de referencia plantear un modelo de simulación con una metodología de la dinámica de sistemas realizada con software Vensim y finalmente hacer una propuesta de una aplicación informática para el monitoreo de la calidad de aire.

Los resultados de PM_{10} de (E1 – E12) fue de $291.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sobrepasando el ECA, se encuentra con un nivel de alerta, considerado como de CUIDADO, un índice de calidad de aire (INCA) de 194.26, con una calificación de Umbral de Cuidado. El modelo dinámico simulado, nos proporciona la predicción del comportamiento de la concentración de PM_{10} desde el año 2017 al 2028, siendo en el 2017 la concentración $291.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el 2028 sería $476.897 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Después de analizar las diferencias bajo el Pre-Test (μ_1) y Post-Test (μ_2), obtenemos una media de 4.34 y una desviación estándar de 0.23, que de acuerdo a la escala establecido, se encuentra en el intervalo [Bueno, Muy bueno]; de acuerdo a la hipótesis analizada con t-student a un nivel de confianza del 95%, rechazamos la H_0 ; es decir que la aplicación o sistema propuesto influye significativamente en la mejora del proceso del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa.

Palabras clave: Monitoreo, Partículas en suspensión, Muestreo, Protocolo, Modelado.

ABSTRACT

The objective was to develop a simulation model to prospect the behavior of air quality in the future based on the determination of the concentration of air generated by emissions of particulate matter (PM10) in the city of Pucallpa, in addition an application is proposed Information technology as a tool to improve air quality monitoring. The type of research is applied, hybrid or mixed, longitudinal, descriptive, explanatory and analytical.

Twelve samples or points were taken in a non-probabilistic way in the opinion of value for evaluation and control in the districts of Calleria, Manantay and Yarinacocha, in which measurements were made for 24 days using an HIVOL PM10 sampling equipment, according to the established protocol , then with the results and other reference variables, propose a simulation model with a methodology of system dynamics carried out with Vensim software and finally make a proposal for a computer application for air quality monitoring.

The results of PM10 of (E1 - E12) was 291.4 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ exceeding the ECA, it meets an alert level, considered as CARE, an air quality index (INCA) of 194.26, with a threshold rating of care. The simulated dynamic model provides us with the prediction of the behavior of the PM10 concentration from 2017 to 2028, being in 2017 the concentration 291.4 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, in 2028 it would be 476.897 $\mu\text{g} / \text{m}^3$. After analyzing the differences under the Pre-Test (μ_1) and Post-Test (μ_2), we obtain an average of 4.34 and a standard deviation of 0.23, which according to the established scale, is in the interval [Good, Very good]; according to the hypothesis analyzed with t-student at a 95% confidence level, we reject the H_0 ; that is to say that the proposed application or system significantly influences the improvement of the air quality monitoring process in the city of Pucallpa.

Keywords: Monitoring, Suspended particles, Sampling, Protocol, Modeling.

RESUMO

O objetivo foi desenvolver um modelo de simulação para prospectar o comportamento da qualidade do ar no futuro, com base na determinação da concentração de ar gerada pelas emissões de material particulado (PM10) na cidade de Pucallpa, além de ser proposta uma aplicação Tecnologia da informação como ferramenta para melhorar o monitoramento da qualidade do ar. O tipo de pesquisa é aplicado, híbrido ou misto, longitudinal, descritivo, explicativo e analítico.

Doze amostras ou pontos foram coletados de maneira não probabilística, na opinião de valor para avaliação e controle nos distritos de Calleria, Manantay e Yarinacocha, nas quais as medições foram realizadas por 24 dias usando um equipamento de amostragem HIVOL PM10, de acordo com o protocolo estabelecido. , em seguida, com os resultados e outras variáveis de referência, proponha um modelo de simulação com uma metodologia de dinâmica de sistema realizada com o software Vensim e, finalmente, faça uma proposta para uma aplicação computacional para monitoramento da qualidade do ar.

Os resultados do PM10 de (E1 - E12) foram 291,4 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ superiores ao ECA, atendem a um nível de alerta, considerado CARE, um índice de qualidade do ar (INCA) de 194,26, com uma classificação de limiar de cuidados. O modelo dinâmico simulado nos fornece a previsão do comportamento da concentração de PM10 de 2017 a 2028, sendo em 2017 a concentração de 291,4 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, em 2028 seria de 476.897 $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Após analisar as diferenças no pré-teste (μ_1) e no pós-teste (μ_2), obtemos uma média de 4,34 e um desvio padrão de 0,23, que de acordo com a escala estabelecida, está no intervalo [Bom, Muito bom]; de acordo com a hipótese analisada com t-student com um nível de confiança de 95%, rejeitamos o H_0 ; isto é, a aplicação ou sistema proposto influencia significativamente a melhoria do processo de monitoramento da qualidade do ar na cidade de Pucallpa.

Palavras-chave: Monitoramento, Partículas suspensas, Amostragem, Protocolo, Modelagem.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
RESUMO.....	vi
INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Fundamentación del problema de investigación.....	1
1.2. Justificación	4
1.3. Importancia o propósito	5
1.4. Limitaciones	5
1.5. Formulación del problema de investigación general y específicos	6
1.6. Formulación de objetivos generales y específicos.....	6
1.7. Formulación de hipótesis generales y específicas	7
1.8. Variables.....	7
1.9. Operacionalización de variables	8
1.10. Definición de términos operacionales	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	10
2.2. Bases teóricas.....	12
2.3. Bases conceptuales	39
2.3. Bases epistemológicas	42
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1. Ámbito.....	46
3.2. Población.....	47
3.3. Muestra	48
3.4. Nivel y tipo de estudio	55
3.5. Diseño de investigación	56
3.6. Técnicas e instrumentos	58
3.7. Procedimiento.....	60
3.8. Aspectos Éticos.....	64

3.9. Tabulación	64
3.10. Análisis de datos.....	64
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	
4.1. Análisis descriptivo.....	88
4.2. Análisis inferencial y contrastación de hipótesis	94
4.3. Discusión de resultados	103
4.4. Aporte de la investigación.....	124
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS.....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
ANEXOS	130
NOTA BIOGRAFICA.....	154

INTRODUCCIÓN

Está demostrado que la contaminación atmosférica causa daños a la salud de los ciudadanos y al medio ambiente. Se trata de un problema con una importante vertiente local, pero también de magnitud planetaria; estimaciones recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que más de 100 millones de personas en América Latina y el Caribe, están expuestas a la contaminación del aire en exteriores, cuyas cantidades exceden los valores guía recomendados por la OMS.

El material particulado PM₁₀ es un contaminante que se encuentra en el aire que respiramos, que pueden penetrar hasta las vías respiratorias, el cual puede causar problemas significativos en la salud de la población en general.

Según el Ministerio de Salud (MINSA), las enfermedades del aparato respiratorio son la primera causa de morbilidad y mortalidad en niños menores de cinco años atendidos en consultas externas (ver <http://www.minsa.gob.pe>). Se estima que, aproximadamente, el 60% de la carga de enfermedades del aparato respiratorio está asociada a la contaminación del aire (WHO, World Health Organization, 2007).

Actualmente, el país cuenta con el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. El Decreto Supremo N° 074-2001-PCM en su artículo 12 señala que el monitoreo de la calidad del aire y la evaluación de los resultados en el ámbito nacional es una actividad de carácter permanente, a cargo del Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), quien podrá encargar a instituciones públicas o privadas dichas labores.

La ciudad de Pucallpa tiene una explosión demográfica casi exponencial, con más de 600 asentamientos humanos en los tres distritos, con una población y densidad del tránsito de vehículos creciente, asimismo con industrias madereras, carboneras, de palma, que no cumplen con lo estipulado en la normas respecto el cuidado del medio ambiente, complementado con las condiciones en las que se encuentran las zonas, calles sin pavimentar, constituyen variables que alimentan la contaminación.

En el presente trabajo de investigación recoge y analiza mediante el monitoreo la calidad del aire como punto de partida, en ese contexto el estudio tuvo como objetivo determinar el nivel de contaminación del aire por partículas menores de 10 micras (PM_{10}) en los distritos de Calleria, Manantay, Yarinacocha, con esos resultados la prospección del comportamiento de la calidad de aire mediante un modelo de simulación utilizando software Vensim. Asimismo se realizó la propuesta de una aplicación informática y se validó los tiempos de ejecución en los procesos, gestión de datos en redes de monitoreo, toma de decisiones, en el monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa.

La tesis viene desarrollada por capítulos, siguiendo los criterios del método científico, está compuesto por cuatro capítulos, los cuales pasamos a describir:

El capítulo I: Descripción del problema de Investigación, donde identificamos el problema que se convierte en un objeto de reflexión sobre el cual se percibe la necesidad de investigar y planteamos los objetivos respectivos.

El Capítulo II: Marco Teórico, embarcamos a la investigación a conocimientos existentes y se asume una posición frente a esas teorías.

El Capítulo III: Metodología, donde se establece la secuencia metodológica de la investigación, la evaluación de las mediciones de material particulado (PM_{10}) y modelamiento del sistema.

Capítulo IV: Resultados y discusión, se muestran los resultados de la investigación, de cómo se tabularon y organizaron los datos, cálculos, análisis, los modelos y la prueba de hipótesis de a investigación; Discusión de resultados, se hace una interpretación acerca de los resultados obtenidos y su relación con otros contextos y las propuestas planteadas.

Finalmente las conclusiones y sugerencias, los anexos, donde se indican la matriz de consistencia, el panel fotográfico, mapas, datos meteorológicos, instrumento de encuesta, que dan sustento al trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del Problema

La Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), durante aproximadamente cinco últimas décadas, ha asistido técnicamente los gobiernos y a las autoridades sanitarias y ambientales para promocionar el interés e inicio de la gestión de la calidad del aire en los países en América Latina y el Caribe.

Según los resultados obtenidos mediante varios programas que permitieron establecer las primeras redes de muestreo y monitoreo del aire, tales como: Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire – Red Panaire; Programa Mundial de Vigilancia y Evaluación de la Calidad del Aire Urbano GEMS/AIR y actual Programa Air Management Information System – AMIS, demuestran que el mayor porcentaje de la ciudadanía de las grandes urbes, están expuestos a las concentraciones de los indicadores de la calidad del aire que están por encima de los valores guías recomendadas por la OMS para preservar una buena salud y el bienestar de la población.

El numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Uno de los principales problemas de las ciudades es el crecimiento del tráfico urbano, incrementando las externalidades ambientales como el ruido, la polución, los desechos tóxicos, contaminación por material particulado, entre otras; las externalidades aumentan a medida que crecen las ciudades, causando impactos económicos importantes, que tienen dos receptores: los habitantes de la ciudad que reciben el impacto, generándoles problemas de salud, y la infraestructura física de la ciudad, en especial el valor de mercado de las propiedades residenciales. **(Sandoval, 2005).**

Estimaciones recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que más de 100 millones de personas en América Latina y el Caribe, están expuestas a la contaminación del aire en exteriores, cuyas cantidades exceden los valores guía recomendados por la OMS.

Este organismo calcula que en la región de América Latina y el Caribe, aproximadamente, 400 mil personas mueren al año por exposición a partículas.

En el Perú, las enfermedades del aparato respiratorio son la primera causa de morbilidad y mortalidad en niños menores de cinco años atendidos en consultas externas (ver [http:// www.minsa.gob.pe](http://www.minsa.gob.pe)). Se estima que, aproximadamente, el 60% de la carga de enfermedades del aparato respiratorio está asociada a la contaminación del aire (**WHO, World Health Organization, 1997**).

La valoración económica del impacto en la salud por la contaminación del aire por PM₁₀ realizada considerando la Hipótesis de Riesgo Medio, asciende a US \$805'941,948.

En el Perú la calidad del aire en exteriores se ha deteriorado a lo largo de los últimos años. Entre las principales causas tenemos: el crecimiento explosivo de la población, la falta de planificación urbana, el uso de tecnologías antiguas en las industrias y el aumento del número de vehículos automotores en circulación, (especialmente con motores Diesel antiguos y con inadecuado mantenimiento).

Pucallpa es la capital de Ucayali y se ubica en el centro oriente del Perú a orillas del río Ucayali. Está en plena selva amazónica a 154 m.s.n.m. El clima de Pucallpa es tropical cálido todo el año. La temperatura promedio durante el año es 26°C, con un promedio de 25°C en julio y un promedio de 26.5°C en los meses de setiembre a enero. La temperatura máxima promedio es 33°C y la temperatura mínima es 21.5°C promedio. La precipitación anual es aproximadamente 1570 mm con mayor precipitación entre los meses de octubre y abril. Tiene una población que excede los 500,000 habitantes.

La contaminación ambiental en la ciudad de Pucallpa, es un problema que viene afectando a su población desde hace tiempo atrás, los efectos principales de esta contaminación son reflejadas en el río Ucayali, en la

propagación de enfermedades infecciosas en la población, en la acumulación de basura en las calles, aguas servidas; no existiendo así políticas adecuadas y si los hay el grado de cumplimiento es mínimo para disminuir dichos efectos.

El tema de contaminación atmosférica representa uno de los problemas ambientales relevantes, las emisiones procedentes del parque automotor, automóviles, mototaxis, motos lineales, la industria maderera, ladrillera, carboneras, procesos de palma, incendios forestales, las vías sin afirmar y asfaltar por acción del viento facilitan la dispersión de las partículas en suspensión, entre otros, constituyen la principal fuente de contaminación a la degradación del aire.

Aun con la contaminación que existe en Pucallpa, la institución de competencia como DESA (Dirección de Salud) que hace las funciones de DIGESA en Pucallpa, tiene una participación casi nula en el monitoreo de la calidad de aire, es más, Pucallpa no está considerado prioritario dentro de la política de monitoreo nacional y el ultimo que realizó fue el año 2010 siendo incipiente sus procesos de muestreo en el monitoreo, desconociendo hasta el año 2017 las cifras reales de contaminación de aire en Pucallpa, más aun con el crecimiento y explosión demográfica casi exponencial; esto implica la necesidad de ir cambiando cada acción de manera que se conozcan los efectos de nuestra actividad individual y colectiva, encaminadas en una dirección distinta, donde la sostenibilidad, la educación ambiental colabore en la mejora ambiental desde una perspectiva muy amplia, que incluye el significado de conceptos básicos tales como: "calidad de vida" y "felicidad humana"; la tecnología informática con sus herramientas pueden ayudar en eso, a obtener información técnica futura para monitorear la calidad del aire en forma eficiente, mejorar la gestión y toma de decisiones por parte de las autoridades en el aspecto ambiental, pero es necesario desde ahora recoger información real de campo, que constituya una de las variables "slac" de un abanico de variables y eso es la intención de la presente tesis.

1.2. Justificación

Que, el Artículo 2° inciso 22 de la Constitución Política del Perú establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Los estándares primarios de calidad del aire consideran los niveles de concentración máxima de los siguientes contaminantes del aire:

Dióxido de Azufre (SO₂), Material Particulado con diámetro menor o igual a 10, micrómetros (PM-10), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Ozono (O₃), Plomo (Pb), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S).

La calidad del aire que respiramos es fundamental para un buen desarrollo de los seres vivos, en el caso del hombre el deterioro de la calidad del aire es directamente proporcional al deterioro de la salud.

Los actores involucrados, principalmente las autoridades de competencia ambiental, deben orientar y sensibilizar a la población, pero para ello es necesario el conocimiento de escenario de simulación, que permita desarrollar planes estratégicos de organización a largo plazo en la dimensión correspondiente.

La Política Nacional del Ambiente establece Lineamientos para la Calidad del Aire que orienta la gestión de la calidad del aire tanto del sector público como privado, debiendo establecer medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes del aire en la salud de la población, sistemas de alerta y prevención de emergencias por la contaminación del aire, con primacía de las zonas con mayor población expuesta a los contaminantes críticos; incentivando la modernización del parque automotor, los combustibles limpios, el transporte público sostenible; identificando y proponiendo la modificación de prácticas consuetudinarias inadecuadas que afectan la calidad del aire. La adopción de medidas técnico normativas es fundamental para la Gestión de la Calidad del Aire.

Que, siendo los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, un instrumento de gestión ambiental prioritario para prevenir y planificar el control de la contaminación del aire sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

La calidad del aire que respiramos es fundamental para un buen desarrollo de los seres vivos, en el caso del hombre el deterioro de la calidad del aire es directamente proporcional al deterioro de la salud.

1.3. Importancia o Propósito

El rápido crecimiento del parque automotor a partir del año 2000 en la ciudad de Pucallpa, representa un problema latente ya que como consecuencia tenemos el incremento del ruido y la contaminación de aire. Además de los aserraderos, parqueteras y triplayeras sin ningún tipo de cuidado en la emisión de sus partículas.

La ciudadanía pucallpina ha empezado a sentir las consecuencias de esta alteración. Citamos el caso del Colegio de Aplicación del Instituto Superior Pedagógico "Horacio Zeballos Gamez", donde se realizaron exámenes médicos a las estudiantes y los resultados mostraron una mayor incidencia de enfermedades respiratorias en comparación con estudios realizados en otras escuelas de distintas localidades que estén cerca a industrias como es el caso de MAISAC, que se encuentra al costado de la Institución Educativa mencionada, ello amerita y justifica la investigación.

1.4. Limitaciones

El compromiso y participación de las autoridades de competencia en materia ambiental en las diversas etapas y fases de la metodología del proyecto.

Posible desconocimiento del proceso de simulación por parte de los expertos en la identificación de los factores claves de cambio y visión clara del objetivo de estudio.

Técnico

El informe de investigación se limita a las experiencias sobre la aplicación de la Simulación de Sistemas, para el efecto determinaremos los libros, revistas especializadas, artículos científicos y otras fuentes documentales que ayuden a explicar el problema materia de investigación.

Temporal

El estudio se sujeta a la duración de un año.

Espacial

El estudio se efectuó en la ciudad de Pucallpa.

Económico

El financiamiento del estudio fue cubierto con los fondos propios del investigador y apoyo de alguna institución.

1.5. Formulación del Problema**1.5.1. Problema General**

En qué medida un modelo de simulación y una aplicación informática influye en el monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa.

1.5.2. Problemas Específicos

1. ¿Cuáles son las concentraciones de calidad de aire menores a 10 micras (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa?
2. ¿De qué manera la creación de un modelo de simulación permite prospectar el comportamiento de la calidad de aire en el futuro?
3. ¿Influye en forma positiva una aplicación web, como herramienta informática en el proceso de monitoreo del PM_{10} en la ciudad de Pucallpa?.

1.6. Formulación de los Objetivos**1.6.1. Objetivo General**

Desarrollar un modelo de simulación y una aplicación informática para mejorar el sistema de monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa.

1.6.2. Objetivos Específicos

1. Determinar la concentración de partículas menores a 10 micras (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa.
2. Modelar y prospectar el comportamiento de la calidad de aire en el futuro mediante un modelo de simulación.

3. Diseñar y desarrollar una aplicación informática para el proceso de monitoreo la calidad de aire PM_{10} en la ciudad de Pucallpa.

1.7. Formulación de Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

El modelo de simulación y la aplicación informática contribuye en el mejoramiento del monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa.

1.7.2. Hipótesis específicas

- **H₁:** La concentración de aire por partículas menores a 10 micras (PM_{10}) en la ciudad de Pucallpa es alta.
- **H₂:** La predicción de la realidad con un modelo de simulación con las variables que intervienen en la calidad de aire de PM_{10} tiene tendencia altamente creciente con variaciones irregulares.
- **H₃:** El diseño y aplicación web propuesto influye significativamente en la mejora del proceso de monitoreo de la calidad de aire PM_{10} en la ciudad de Pucallpa.

1.8. Variables

1.8.1 Variable independiente (x)

Modelo de simulación y aplicación informática (sistema de información).

1.8.2 Variable dependiente (y)

Proceso de Monitoreo de calidad de aire.

1.8.3 Variable Interviniente

La población de la ciudad de Pucallpa, empresas, trabajadores de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) de la ciudad de Pucallpa.

1.9. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIONES		DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL				
Modelo de simulación y aplicación informática (sistema de información)	Proceso mediante el cual se diseña un modelo dinámico de sistemas y se plasma un sistema de codificación para el monitoreo en base a un protocolo.	El ingrediente principal para la recopilación de datos de partículas menores a 10 micrones es el HIVOL PM ₁₀ . En cuanto al software a utilizar es el Vensim.	• Modelamiento y software de simulación.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de corrida. • Variación de Proyecciones o prospecciones. 	* Miliseg, seg.	
Proceso de Monitoreo de calidad de aire.	Protocolos y acciones para determinar los datos en base a los ECAs.	Niveles de concentración y las variaciones de promedios, valores máximas y mínimas. de la calidad de aire.	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de material particulado • Índice de calidad ambiental (INCA) 	<ul style="list-style-type: none"> * Índice de calidad de aire. * Límite máximo de partículas menores a 10 micrones. 	Buena: 0-50 Moderada: 50-100. Mala: 101-VUEC(*)	
		Están asociadas con información de tipo meteorológicas como velocidad y dirección del viento, temperatura, presión atmosférica, altitud, precipitación, humedad relativa e información geo referenciada.	Estándares de calidad ambiental para Aire (ECA).	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Coordenadas UTM. • Mapas del distrito • Plano de zonificación • Formatos de campo 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de alerta: <ul style="list-style-type: none"> * Cuidado. * Peligro. * Emergencia. 	*Intervalo de concentración (ug/m ³) : 0-75 → Verde 76-150 → Amarillo 151-250 → Naranja >250 → Rojo
					Valor estándar ECA. Separación, inercia/filtración. (gravimetría)	Calificación: Buena: 0-50 Moderada: 50-100. Mala: 101-VUEC(*)
					* Período anual y 24 horas.	Miliseg, seg.

* VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

1.10. Definición de términos operacionales

Estándares de Calidad del Aire (ECA)

La máxima concentración de una sustancia potencialmente tóxica que puede permitirse en un componente ambiental durante un periodo definido.

Nivel de alerta

Concentración de contaminantes atmosféricos que la autoridad competente ha decidido que se acerca a la que puede causar un daño a la salud o es un riesgo para ella.

Estado de Cuidado

Estado en que el nivel de concentración del contaminante puede comenzar a causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en miembros de grupos sensibles, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades Respiratorias obstructivas crónicas (asma, bronquitis crónica, enfisema, entre otras) y enfermedades cardiovasculares.

Estado de Peligro

Estado en que el nivel de concentración del contaminante genera riesgo de causar efectos serios en la salud de cualquier persona.

Protocolo

Conjunto ordenado de reglas o procedimientos que se siguen para llevar a cabo una función determinada.

Red de monitoreo

Conjunto de estaciones de monitoreo interconectadas en una misma zona.

Simulación

Proceso mediante el cual se implanta en un computador un modelo matemático de un cierto aspecto de la realidad.

Contaminante del aire

Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En el contexto internacional

Melgar (2002) aplicó el método de valoración contingente sobre la calidad del aire, en la Ciudad de México, específicamente en la Zona Metropolitana (ZMCM). A Los principales problemas de la calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, están relacionados con las altas concentraciones de Ozono (O_3) y de partículas (fracción respirable, PM_{10}), las cuales frecuentemente exceden el límite máximo permisible establecido por las normas oficiales mexicanas correspondiente. El diseño que se utilizó fue el de Muestreo Aleatorio Simple, a un nivel de confianza de 95 %. El aporte de dicha investigación a este trabajo contribuyó enormemente en tener una primera aproximación con respecto a la metodología de valoración contingente, así como de la amplia descripción que se presenta de los resultados de la aplicación de esta metodología al caso de la contaminación del aire por material particulado en la Ciudad de México.

En el contexto nacional

DIGESA (2011) en su estudio instalaron 50 estaciones de monitoreo en temporadas de verano (febrero a marzo) y también en invierno Julio a setiembre) donde se determinó que en los meses de verano la contaminación por PM_{10} O llega a 150 ug/m^3 y en invierno 28 ug/m^3 , mientras que el comportamiento del $PM_{2.5}$ en verano es 55 ug/m^3 y en invierno 25 ug/m^3 . Lo cual estas diferencias de captaciones de PM_{10} se dan debido a que hay movimientos de masas de aire más frecuentes por las mañanas y las tardes de verano, sin embargo en invierno se registran menores cantidades de movimientos de aire que usualmente se dan por las noches, llegando a la conclusión que en el verano es más alto el nivel de contaminación; que pese a la considerable reducción de sus valores con respecto al anterior estudio que se realizó

en el año 2000, el material particulado, PM_{10} y $PM_{2.5}$, aun son los principales contaminante en lima-callao. Esta se dispersa de sur a nor-este por los vientos, lo que podría contribuir al incremento de enfermedades respiratorias de la población expuesta en estos distritos. Según **García (2008)** el Material Particulado (PM) en suspensión es considerado como uno de los contaminantes del aire más importantes en términos de sus posibles efectos sobre la salud de las personas.

Las PM_{10} o material Particulado, forma parte de los denominados contaminantes criterio que son los considerados como de mayor impacto en la salud humana, por lo cual, se ha generado una normatividad donde se marcan límites permisibles de concentración en un período de tiempo buscando reducir sus efectos nocivos (**García, 2008**).

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas (**Arciniégas, César, 2012**).

Los materiales particulados (polvo, MP), identificados como PST (partículas suspendidas totales), PM_{10} (material particulado con un diámetro menor a 10 micrómetro, μm) y $PM_{2.5}$ (material particulado con un diámetro menor a 2.5 micrómetro, μm) son parte de los indicadores criterios para medir la calidad del aire limpio en un área determinada (**OMS, 2006**).

Las partículas son eliminadas de la atmósfera mediante dos mecanismos: la deposición en la superficie de la tierra (deposición seca) y la incorporación a gotas de las nubes durante la formación de la lluvia (deposición húmeda), dichas partículas provienen de los procesos de combustión de fuentes tanto móviles como fijas y de fenómenos naturales. La composición química del material particulado varía de acuerdo a la fuente (**SENAMHI, 2011**).

En el contexto local

Según la Dirección General de Salud Ambiental (**DIGESA, 2010**), en su estudio del "Monitoreo de la calidad del Aire en la Ciudad de Pucallpa

Marzo del 2010" indica que en sus cuatro puntos de monitoreo, siendo el Hospital Amazónico, CLAS 07 de Junio, Comedor Nacional N° 18, Hospedaje Sky Room, los resultados oscilan entre 9.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 77.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Siendo el menor valor en la estación E-1 (Hospital Amazónico), mientras que el mayor valor se encontró en la estación E-4 (Hospedaje Sky Room) respectivamente. Determinando que todas las estaciones de monitoreo de la calidad del aire de Partículas Menores a 10 Micras (PM-10) ubicadas en la ciudad de Pucallpa, están por debajo del Estándar de Calidad Ambiental del Aire (ECA).

En el distrito de Yarinacocha las muestras de concentración del PM-10 tienen un valor promedio de 308.374 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la CFB con Av. Aeropuerto (Frente al cementerio) y 220.403 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Av. Yarinacocha/Jr. 2 de mayo. **(GOREU, 2010)**.

Según el informe titulado **contaminación del aire por material particulado en inmediaciones de los corredores viales de Behrentz (2009)**, menciona que las altas concentraciones de material particulado en inmediaciones de los corredores viales de las ciudades son debidas, en un porcentaje importante, a las emisiones causadas por el tráfico vehicular. De la misma manera, otros elementos como el estado de mantenimiento en el que se encuentran las vías, pueden ser determinantes de los niveles de contaminación registrados.

2.2. Bases teóricas

La contaminación es cualquier cambio indeseable en las características físicas, químicos y biológicas ya sea del aire, del agua y del suelo, que puede afectar negativamente al hombre y a la biodiversidad en general. Se puede hablar de dos tipos de contaminación: una provocada por el hombre, y otra generada por las actividades industriales.

El impacto de la moderna tecnología industrial, la urbanización masiva y la explosión demográfica, están amenazando seriamente el sistema que soporta la vida en el planeta. Los factores que influyen en la contaminación atmosférica son:

- Alta densidad poblacional
- Concentración industrial

- Parque automotor
- Zonas con poca ventilación o áreas verdes

Las industrias provocan peligro al medio ambiente y a la naturaleza, la agroindustria mecánica, fábricas de calaminas, ladrilleras, curtiembres, compuestos químicos, plásticos, refinería de petróleo; descargan a la atmósfera, hidrógeno sulfurado, amoníaco, monóxido de carbono y polvos, esta combustión del carbón produce a su vez lluvia ácida, acidifica los lagos y destruye los bosques, afecta a la salud produciendo muchas enfermedades como tuberculosis, afecciones respiratorias, aparato circulatorio, cáncer, en cuanto al petróleo, genera problemas respiratorios, impide además el transporte del oxígeno a la sangre.

Además como fuente de contaminación del aire, tenemos los olores desagradables de las fábricas, los basureros, la deposición al aire libre. Otro factor de contaminación atmosférica es la procedente de vehículos automóviles y mototaxis; con referencia a los contaminantes de la capa de ozono se puede mencionar al, monóxido de carbono (CO), plomo, dióxido de nitrógeno (NO₂), los que reaccionan fotoquímicamente en presencia de NO₂ para formar ozono (O₃) y las partículas en suspensión que contienen plomo (Pb) y metales pesados.

El dióxido de nitrógeno, que es un gas pardusco que puede producir trastornos respiratorios a las personas sensibles, por ejemplo las personas asmáticas y de corta edad.

El ozono que se encuentra más lejos que las nubes, es parte de la atmósfera y sirve para protegernos de los rayos peligrosos que provienen del sol, la contaminación industrial y los aerosoles creados por el hombre, llegan hasta la capa de ozono, destruyéndola, dejando pasar las radiaciones solares dañinas para la vida, los aerosoles formados por reacciones fotoquímicas en la atmósfera, causan irritación pulmonar esto es muy nocivo porque las personas que se encuentran expuestas a concentraciones de ozono, superior a los valores permitidos, padecen de inflamación pulmonar, disminución de la capacidad respiratoria y menor resistencia a las infecciones pulmonares.

El plomo es un pernicioso componente del material en suspensión, que altera al sistema nervioso, produce intoxicación por aspiración.

Durante las últimas décadas las regiones densamente urbanizadas han ido experimentando un deterioro de la calidad del aire asociado al incremento de emisiones de contaminantes atmosférico, Pucallpa no es la excepción de este problema.

2.2.1. El aire y su efecto en la salud

El aire

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al aire puro como “la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros (La millonésima parte de un milímetro) hasta 0,5 milímetros”, los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre.

Los principales gases que conforman el aire son el Nitrógeno y el Oxígeno (con un porcentaje de 78.08 y 20.95%, respectivamente), destacando el Argón entre los menos comunes, con 0.93%.

Algunos de los componentes que pertenecen al “resto de gases” (equivalente a 0.04%) si se encuentran en concentraciones mayores a las normales son sustancias nocivas para el medio ambiente y la salud humana. Estos incluyen: ozono troposférico (O₃), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de Carbono (CO), material particulado (PM), entre otras sustancias potencialmente tóxicas conocidos como contaminantes del aire.

Calidad de aire

Contar con un ambiente sano y equilibrado para el desarrollo de la vida es un derecho fundamental establecido en la Constitución Política de nuestro país.

Una buena calidad del aire contribuye a una mejor calidad de vida de la población; lo cual se logra con el compromiso y la participación activa de todos los actores involucrados, Estado, empresa y población; siendo responsabilidad del Estado implementar las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento de importantes instrumentos de gestión ambiental como Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Límites Máximos Permisibles (LMP), Planes de Acción, entre otros.

Por el contrario, la presencia de contaminantes por encima de los niveles establecidos en los ECA no solo significa una disminución de la calidad ambiental del aire, sino una disminución de la calidad de vida de la población, con efectos adversos para su salud, así como el deterioro paisajístico de la ciudad.

2.2.2. Principales contaminantes del aire

Según **Roberts Alley**, los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores, no sólo geofísicos (ciclos estacionales de energía y radiaciones en superficie terrestre) y meteorológicos (dirección del viento, temperatura ambiental, humedad, etc.), sino también con aquellos factores de carácter socioeconómico, pues las presiones que ejercen la economía y el crecimiento de la población a lo largo de los años han sido determinantes en el estado actual de la calidad del aire.

Es por esta razón que se señala a la contaminación del aire como uno de los principales fenómenos de la vida urbana ya que la capacidad natural del aire para diluir los contaminantes se ha sobrecargado con el incremento de contaminantes de origen antropogénico. Así, la población, el desarrollo industrial y la dependencia de los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado.

Los principales contaminantes o contaminantes criterio, los cuales cuentan con estándares de calidad ambiental establecidos son el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono (O₃), material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM₁₀), material particulado con diámetro menor o igual a 2,5 micrómetros (PM_{2,5}), plomo (Pb), benceno, hidrocarburos totales (HT) e hidrógeno sulfurado (H₂S). Teniendo en cuenta pruebas científicas relativas a la contaminación del aire y sus consecuencias en la salud y múltiples estudios de investigación toxicológicos y epidemiológicos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó el 2005 las Guías para el O₃, SO₂, NO₂ y PM (de 10 y 2,5 micras de diámetro), valores que han servido de base en el país,

para la actualización y establecimiento de los ECA para el SO₂ y PM_{2,5} respectivamente.

2.2.3. Material particulado y partículas en suspensión

Es una mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire (aerosoles), el cual se clasifica de acuerdo a su tamaño, en partículas con diámetro menor a 10 micras, 2,5 micras y 1 micra.

Proviene en su mayoría del uso de combustibles fósiles que contienen azufre y de los oxidantes fotoquímicos formados en la atmósfera por reacciones químicas complejas entre los HC, óxidos de nitrógeno (NO_x) y CO, todos relacionados con las emisiones vehiculares. Las fuentes móviles contribuyen con un 50 % o más en las concentraciones de material particulado en las áreas urbanas.

Ecologistas en Acción (2006). El término "partículas en suspensión" abarca un amplio espectro de sustancias orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales y artificiales.

La combustión de carburantes fósiles generada por el tráfico (una de las principales fuentes de contaminación por partículas en las ciudades) puede producir diversos tipos de partículas: partículas grandes, por la liberación de materiales quemados (cenizas volátiles), partículas finas, formadas por la condensación de materiales vaporizados durante la combustión, y partículas secundarias, mediante reacciones atmosféricas de contaminantes desprendidos como gases.

En relación con sus efectos sobre la salud se suelen distinguir; PM₁₀ (partículas "torácicas" menores de 10 µm que pueden penetrar hasta las vías respiratorias bajas), las PM_{2,5} (partículas "respirables" menores de 2.5 µm que pueden penetrar hasta las zonas de intercambio de gases del pulmón), y las partículas ultrafinas (menores de 100 nm, que pueden llegar a pasar por el torrente circulatorio.) Las PM₁₀ están detrás de numerosas enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, y cánceres de pulmón.

Dióxido de Azufre (SO₂)

Es un gas incoloro y no inflamable, de olor asfixiante e irritante. De vida media en la atmósfera corta (unos 2 a 4 días), casi la mitad de las

emisiones vuelven a depositarse en la superficie, mientras que el resto se transforma en iones sulfato (SO_4^{2-}). Con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se reduce y transforma en trióxido de azufre. Es soluble en agua, formando la lluvia ácida (ácido sulfúrico), y sales como los sulfitos y bisulfitos.

Más del 50% de las emisiones de SO_2 provienen de las actividades antropogénicas, particularmente por la combustión del carbón y petróleo. Las fuentes móviles, fundiciones, siderurgia, refinerías son algunas de las principales fuentes; en tanto que los volcanes son fuentes naturales.

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno presentan un carácter corrosivo, son oxidantes y actúan como catalizadores en la formación de “nieblas” (conocidas también por el término inglés “smog”) al reaccionar con hidrocarburos en presencia de radiación solar. Todo esto puede ocasionar irritación ocular y del tracto respiratorio, así como bronquitis, principalmente en niños.

Dióxido de Nitrógeno (NO_2)

Es el principal óxido del gas nitrógeno, el cual se disocia por acción fotoquímica y produce una coloración gris amarillenta en las ciudades con elevado índice de contaminación, reaccionando en el aire con otros agentes contaminantes. Además del parque automotor, los NO_x pueden provenir de las emisiones de diferentes industrias, tales como cemento, vidrio, acero, entre otras.

Monóxido de Carbono (CO)

Alrededor del 70% proviene de fuentes móviles pues prácticamente todo emana por la combustión incompleta de los vehículos a motor. El CO es un contaminante importante ya que si llega a ser inhalado en altas concentraciones sustituye al oxígeno en la sangre formando la carboxihemoglobina (COHb); si ésta llega a conformar más del 2% en la sangre, produce problemas en la salud de las personas. La concentración de CO es un parámetro adecuado para el seguimiento de la contaminación primaria de origen vehicular, ya que su determinación es comparativamente sencilla respecto de la de otros contaminantes atmosféricos. Además, se puede utilizar para establecer correlaciones con

otros contaminantes primarios, en particular óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y material particulado. Este hecho es relevante para inferir la evolución horaria de material particulado en suspensión, cuya determinación sobre períodos cortos de tiempo es más dificultosa, y permitirá obtener indirectamente concentraciones de compuestos orgánicos volátiles, previo análisis de la composición de la flota vehicular y la distribución de vehículos por tipo de combustible.

Ozono (O₃)

Otro de los contaminantes comunes en áreas urbanas es el ozono. El O₃ es denominado “contaminante secundario” debido a que se forma cuando los óxidos del nitrógeno y los hidrocarburos orgánicos volátiles sin quemar, en su mayor parte de los escapes de los vehículos, se combinan en la atmósfera con el oxígeno en presencia de la luz solar. Niveles elevados de ozono se asocian a efectos en la salud tales como constricción del pecho e irritación de las mucosas, así como al aumento de los efectos sobre las alergias del sistema inmunológico. Asimismo, contribuye con la formación del “smog fotoquímico”.

Muchas ciudades de América Latina luchan por reducir sus altos niveles de ozono. Por ejemplo, se sabe que la concentración de ozono en la Ciudad de México, medida en 1995, era 10 veces mayor que la concentración atmosférica natural, el doble de la concentración máxima permitida en Japón o en los Estados Unidos, y lo suficientemente alta como para dañar la vegetación y la salud humana. Por otro lado, en Santiago, los niveles altos de ozono afectan a la ciudad durante unos 150 días al año.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)

Los Compuestos Orgánicos Volátiles son sustancias químicas que contienen carbono y que, al reaccionar con óxidos de nitrógeno, forman O₃. Algunos ejemplos de COVs son el benceno, formaldehído y los disolventes, como tolueno y xileno, entre otros.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) ha centrado la mayoría de sus esfuerzos en controlar dichas sustancias pues éstas son altamente tóxicas, sobre todo por ser comprobados carcinógenos, esto es, compuestos que producen cáncer. Así, por

ejemplo, la exposición prolongada al benceno –compuesto que se encuentra en forma natural en el petróleo y se concentra más cuando éste se refina para producir gasolina de alto octanaje– produce alteraciones en la médula de los huesos y una disminución del número de glóbulos rojos, lo que a su vez puede producir anemia. También puede ocasionar hemorragias y afectar al sistema inmunológico, aumentando la probabilidad de contraer infecciones. Por este motivo, la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido el límite de una parte de benceno por millón de partes de aire del trabajo (1 ppm) durante una jornada diaria de ocho horas (o 40 horas semanales). Debido a su extenso uso, el benceno es una de las 20 sustancias químicas más producidas en los Estados Unidos en términos de volumen pues se emplea tanto en la manufactura de ciertos tipos de caucho, lubricantes, tinturas, detergentes, como en la elaboración de medicamentos y plaguicidas.

Plomo (Pb)

En los motores de los autos, al quemarse la gasolina con Plomo se producen sales de Plomo (cloruros, bromuros, óxidos) que ingresan al ambiente a través de los tubos de escape e ingresan en un 15% al cuerpo de las personas a través de la respiración. En el organismo humano, los principales sistemas sensitivos al plomo son el renal, el cardiovascular y el neurológico. El plomo afecta la producción de hemoglobina en diversas etapas, presentándose casos de anemia, si su nivel supera los 80 µg/dl en la sangre. En el sistema renal se pueden presentar daños en los riñones como consecuencia de la exposición a altos niveles de plomo.

Dióxido de Carbono (CO₂)

Producto de la combustión, es el principal gas responsable del efecto invernadero. Se produce en la respiración de vegetales y animales, y sobre todo, en las combustiones completas de productos fósiles (petróleo y carbón). El CO₂ juega un papel importante en los procesos vitales de plantas y animales, tales como fotosíntesis y respiración. Así también contribuye a que la Tierra mantenga una temperatura habitable, siempre y cuando se estabilice en unas cantidades determinadas.

Lamentablemente, alrededor del 22% de la actual concentración de CO₂ en la atmósfera existe debido a actividades humanas, lo que viene generando el incremento artificial del efecto invernadero, lo que explica el fenómeno conocido como cambio climático de consecuencias imprevisibles para países como el Perú, considerado en el ámbito mundial como uno de los más vulnerables al cambio del clima global.

2.2.4. Impacto de la contaminación del aire en la salud y la vida de las personas

Según la **OMS (2002)**, La exposición al material particulado se asocia de forma clara a una prevalencia incrementada de efectos adversos sobre la salud de las poblaciones humanas, principalmente por su incidencia en procesos cardiacos y respiratorios. Las estadísticas de morbilidad y mortalidad pueden facilitarnos información sobre qué ocurre con las condiciones de salud si las personas se encuentran frecuentemente expuestas a material particulado.

Habitualmente la población más susceptible la forman niños y ancianos, que responden de manera más documentada a la exposición al material particulado que los adultos. Como resultado de los numerosos factores que intervienen se hace difícil establecer relaciones claras entre factores individuales y la exposición a material particulado de forma individual.

El sistema respiratorio constituye la principal vía de entrada al organismo para el material particulado presente en el aire y el grado de penetración está en relación directa con el tamaño de la partícula, ya que a menor tamaño, la partícula podrá eludir más fácilmente los mecanismos de defensa del sistema respiratorio.

2.2.5. La contaminación en el Perú

La contaminación ambiental es un problema que se ha venido agravando en las últimas décadas en el Perú, sin embargo, en la práctica es poco lo que se ha hecho para reducirla a niveles aceptables o permitidos. A principios de la presente década se emitieron dos normas legales substanciales que tienen como objetivo principal controlar los niveles de los contaminantes; sin

embargo, hasta la fecha, no logran el real efecto para el que fueron dictaminadas: reducir la contaminación.

En efecto, en el año 2001, se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, mediante el Decreto Supremo 074-2001-PCM (norma publicada el 24 de Junio del 2001), en el cual se restringe a los contaminantes Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Ozono, PM_{10} y $PM_{2.5}$. Esta norma tiene como objetivo controlar la contaminación crónica, es decir, por espacios de tiempo prolongados y sostenidos.

Posteriormente, en el año 2003, se aprobó el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire, a través del Decreto Supremo N° 009-2003-SA (norma publicada el 25 de Junio del 2003) el cual tiene como objetivo controlar la contaminación aguda a través de exposiciones de corta duración, los cuales se caracterizan por requerir medidas inmediatas para reducir la concentración del contaminante en el aire y disminuir la exposición de la población a dichos contaminantes.

En el Perú, la contaminación del aire en el Perú se genera debido al desarrollo de actividades industriales (como la actividad pesquera, maderera o minera) y por el deficiente parque automotor. De manera específica para Lima Metropolitana, el parque automotor y la actividad industrial son las principales causas de contaminación del aire. No se hizo estudios en todo el país, como por ejemplo Pucallpa, que no figura en el mapa de contaminación (red de monitoreo), pero si Iquitos resalta en el oriente y es de asumir que son muy similares en la ciudad de Pucallpa.

En efecto, según Plan Integral de Saneamiento Atmosférico – PISA de las unidades vehiculares son responsables de aproximadamente el 90% de la contaminación del aire (específicamente en PM_{10}), mientras que el 10% restante se explica por las fuentes estacionarias (PISA, 2002).

TABLA 01. MORBILIDAD RESPIRATORIA RELACIONADAS AL POLVO Y OTROS AGENTES EN UCAYALI, 2013-2017.

Cód.	MORBILIDAD	AÑOS				
		2017	2016	2015	2014	2013
	TOTAL GENERAL ...	767,577	726,220	488,079	430,744	393,023
J068	FARINGO AMIGDALITIS AGUDA	41,168	37,187	31,579	32,196	26,381
J029	FARINGITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA	39,938	33,932	29,973	25,628	21,204
J00X	RINOFARINGITIS AGUDA, RINITIS AGUDA	30,842	28,216	23,497	22,777	19,081
J209	BRONQUITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA	20,677	19,850	16,937	17,578	16,220
J039	AMIGDALITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA	20,324	17,885	15,165	10,073	8,928
J40X	BRONQUITIS, NO ESPECIFICADA COMO AGUDA O CRONICA	6,478	7,010	7,328	6,298	4,896
J459	ASMA NO ESPECIFICADO. ASMA DE APARICION TARDIA. BRONQUITIS ASMATICA/SOB SIBILIANCIA, HIP	5,414	6,449	4,115	3,968	3,705
J304	RINITIS ALERGICA, NO ESPECIFICADA	1,521	2,222	4,028	2,713	1,293
J189	NEUMONIA, NO ESPECIFICADA	1,273	1,690	1,582	1,673	1,208
J310	RINITIS CRONICA	1,266	1,250	1,129	1,234	963
J020	FARINGITIS ESTREPTOCOCICA	933	1,169	1,061	902	754
J448	OTRAS ENFERMEDADES PULMONARES OBSTRUCTIVAS CRONICAS ESPECIFICADAS	915	901	985	891	646
J040	LARINGITIS AGUDA	851	863	708	607	486
J028	FARINGITIS AGUDA DEBIDA A OTROS MICROORGANISMOS ESPECIFICADOS	805	780	667	451	380
J219	BRONQUIOLITIS SIN ESPECIFICAR, BRONQUIOLITIS AGUDA	736	752	380	404	278
J069	INFECCION AGUDA DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES, NO ESPECIFICADA	573	658	366	382	265
J019	SINUSITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA	445	479	303	285	222

TABLA 02. MORBILIDAD RESPIRATORIA RELACIONADAS AL POLVO Y OTROS AGENTES EN UCAYALI

Cód.	MORBILIDAD	AÑOS				
		2017	2016	2015	2014	2013
J449	ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA, NO ESPECIFICADA	374	397	293	274	209
J180	BRONCONEUMONIA, NO ESPECIFICADA	362	391	276	253	199
J47X	BRONQUIECTASIA	350	343	229	193	195
J42X	BRONQUITIS CRONICA NO ESPECIFICADA	297	331	201	177	194
J348	OTROS TRASTORNOS ESPECIFICADOS DE LA NARIZ Y DE LOS SENOS PARANASALES	263	316	192	168	172
J042	LARINGOTRAQUEITIS AGUDA	228	279	189	163	164
J311	RINOFARINGITIS CRONICA	224	266	155	117	147
J041	TRAQUEITIS AGUDA	215	214	153	113	142
J312	FARINGITIS CRONICA	181	193	139	111	105
J10X	INFLUENZA POR AH1N1 - INFLUENZA DEBIDA A OTRO VIRUS DE INFLUENZA IDENTIFICADO	170	168	124	102	103
J342	DESVIACION DEL TABIQUE NASAL	161	140	112	62	98
J159	NEUMONIA BACTERIANA, NO ESPECIFICADA	150	127	106	62	84
J343	HIPERTROFIA DE LOS CORNETES NASALES	109	114	80	61	78
J301	RINITIS ALERGICA DEBIDA AL POLEN	106	113	70	53	59
J841	OTRAS ENFERMEDADES PULMONARES INTERSTICIALES CON FIBROSIS	101	106	60	52	58
J030	AMIGDALITIS ESTREPTOCOCICA	97	93	60	50	49
J393	REACCION DE HIPERSENSIBILIDAD DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES, SITIO NO ESPECIFICAD	94	91	45	48	47
J038	AMIGDALITIS AGUDA DEBIDA A OTROS MICROORGANISMOS ESPECIFICADOS	92	90	41	45	46
J450	ASMA PREDOMINANTEMENTE ALERGICA. BRONQUITIS ALERGICA	92	83	41	40	44
J060	LARINGOFARINGITIS AGUDA	88	78	36	37	43
J46X	ESTADO ASMATICO. ASMA AGUDA SEVERA.	82	73	35	36	42
J208	BRONQUITIS AGUDA DEBIDA A OTROS MICROORGANISMOS ESPECIFICADOS	72	72	34	32	42

J410	BRONQUITIS CRONICA SIMPLE	67	60	33	31	41
J210	BRONQUIOLITIS AGUDA DEBIDA A VIRUS SINCITIAL RESPIRATORIO	63	50	28	31	37
J22X	INFECCION AGUDA NO ESPECIFICADA DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	63	46	28	25	35
J321	SINUSITIS FRONTAL CRONICA	63	44	26	24	31
J350	AMIGDALITIS CRONICA	56	41	25	21	26
J129	NEUMONIA VIRAL, NO ESPECIFICADA	53	38	20	18	23
J849	ENFERMEDAD PULMONAR INTERSTICIAL, NO ESPECIFICADA	48	37	18	17	21
J300	RINITIS VASOMOTORA	46	35	18	17	20

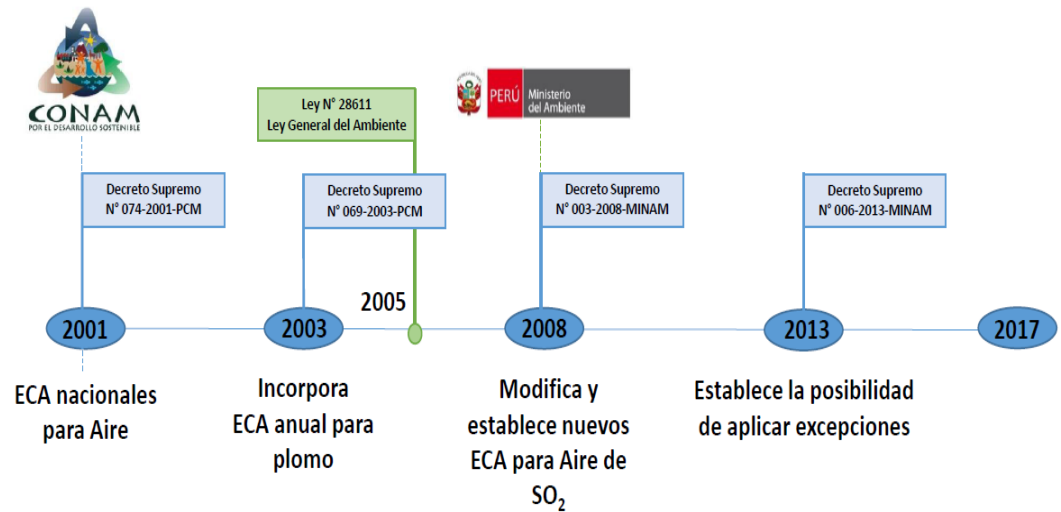
Fuente: DIRESA-Ucayali.

2.2.6. Sustento legal y desarrollo institucional de la calidad del aire

Marco Normativo y Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles. Promovido por el CONAM, y promulgado mediante DS 074-2001-PCM, el reglamento tiene por finalidad, establecer las etapas y los procedimientos para la aprobación de estándares de calidad Ambiental (dentro de ellos los referidos a la calidad el aire) y los Límites Máximos Permisibles de emisiones y efluentes.

Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire

Promovido por el CONAM y promulgado mediante DS 074-2001-PCM, el reglamento tiene por objetivo, proteger la salud, mediante la aplicación gradual de estándares de calidad ambiental del aire. (Todos los valores se expresan concentraciones en microgramos por metro cúbico (mg/m³). NE significa no exceder.

Fig. 01: DIAGRAMA DEL MARCO LEGAL VIGENTE**TABLA 03: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE**

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis [1]
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) [2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

[1] o método equivalente aprobado.

[2] El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

2.2.7. Índice de calidad del aire

El índice de Calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire.

Para un mejor entendimiento, el INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire. La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la 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 entre 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, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud.

La tabla 04 muestra los valores del INCA, con las 4 calificaciones y los colores utilizados para cada caso.

TABLA 04: VALORES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

CALIFICACION	VALORES DEL INCA	COLORES
BUENA	0 – 50	VERDE
MODERADA	51 – 100	AMARILLO
MALA	101 – VUEC*	ANARANJADO
VUEC	>VUEC*	ROJO

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

Cuidados y recomendaciones

De acuerdo a la calificación INCA la población sensible y población en general deberán tomar en cuenta los cuidados y recomendaciones que se muestran en la tabla 05.

TABLA 05: CUIDADOS y RECOMENDACIONES DEL INDICE DE CALIDAD DE AIRE (INCA).

CALIFICACION	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 algunos 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 para 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 la salud de cualquier persona y efectos serios en la al población sensible, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003- SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005- SA.

TIPO DE ALERTA	Material Particulado (PM10)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Monóxido de carbono CO	Sulfuro de Hidrógeno H ₂ S
Cuidado	> 250 ug/m ³ promedio de 24 horas	> 500 ug/m ³ por 3 horas consecutivas	> 15000 ug/m ³ promedio de 8 horas	> 1500 ug/m ³ para 24 horas
Peligro	> 350 ug/m ³ promedio de 24 horas	> 1500 ug/m ³ por 2 horas consecutivas	> 20000 ug/3 promedio de 8 horas	> 3000 ug/m ³ para 24 horas
Emergencia	> 420 ug/m ³ promedio de 24 horas	> 2 00 ug/m ³ por 90 minutos consecutivos	> 35000 ug/m ³ promedio de 8 horas	> 5000 ug/m ³ para 24 horas

Cálculo del índice de calidad del aire (INCA)

Los valores del Índice de Calidad del Aire (INCA) son calculados tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de Aire y como rango final, el valor umbral de aplicación de los Niveles de Estados de Alerta. El INCA se elabora sobre la base de información de calidad del aire que se genere en las zonas de atención prioritaria. La determinación matemática del INCA para cada contaminante (INCA = "I" en las ecuaciones), se basa en una relación entre el valor registrado de la concentración del contaminante (indicado entre corchetes []) y su correspondiente valor del estándar de calidad ambiental para cada caso. La información se muestra en la Tabla 06.

TABLA 06: CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE (INCA)

Material particulado (PM10) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0 – 50	0 – 75	$I (\text{PM10}) = \frac{[\text{PM10}] *}{100/150}$
51 – 100	76 – 150	
1101 – 167	151 – 250	
>167	>250	

2.2.8 Marco institucional

Consejo Nacional del Medio Ambiente – CONAM

El CONAM es la autoridad ambiental nacional. Tiene por finalidad planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la Nación. Constituye un organismo público descentralizado adscrito al ámbito de la Presidencia del Consejo de Ministros. EL Plan “A Limpiar el Aire”, promulgado mediante resolución Presidencial el CONAM en abril del 2002 comprende un paquete de recomendaciones, definiciones e instrumentos de gestión para mejorar la calidad del aire, y tiene por finalidad formular una estrategia, políticas

y medidas que permitirían alcanzar y/o no sobrepasar los estándares nacionales de calidad del aire en un plazo determinado.

El plan está dirigido para el fortalecimiento de todos los GESTAS (Grupos de Estudio Técnico Ambiental) que el CONAM ha establecido en diferentes ciudades del Perú donde se manifiesten procesos de contaminación crítica. El Plan contiene directivas para mejorar la comprensión de la administración de la calidad de aire local, señala tipos de estudios necesarios, recomienda otros.

Destaca fundamentalmente el Plan la necesidad de articular esfuerzos transversales entre los Gestas a fin de mejorar la medición de las externalidades negativas y la búsqueda de la efectividad de las medidas que se implementen. Hace un especial énfasis el Plan al desarrollo de líneas de base y el desarrollo de estudios para la cuantificación del daño al ambiente y a la salud pública.

Dirección General de Salud Ambiental y Ocupacional – DIGESA

Es una dirección de línea del Ministerio de Salud, la cual desempeña un rol técnico normativo a nivel nacional encargada de normar, supervisar, controlar, evaluar y concertar con los gobiernos locales y demás componentes del Sistema Nacional de Salud, así como con otros sectores los aspectos de Protección del ambiente, Saneamiento Básico, Higiene Alimenticia, Control de Zoonosis y Salud Ocupacional. La Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección del Ambiente (**DEEPA**) está encargada de elaborar planes, programas, proyectos de prevención y control de la contaminación ambiental, así como normar, controlar y aplicar las sanciones establecidas en la legislación sanitaria y ambiental; supervisa el cumplimiento de Normas y Reglamentos Sanitarios en aspectos de Ecología y Protección del ambiente. Verifica el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para la protección de la Salud.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC

La Dirección General de Asuntos Socio-Ambientales (DGSA) tiene como objetivo de velar por el cumplimiento de las normas de conservación del medio ambiente del subsector, con el fin de garantizar el adecuado manejo de los recursos naturales durante el desarrollo de

las obras de infraestructura de transporte; así como de conducir los procesos de expropiación y reubicación que las mismas requieran.

Formula y propone políticas, estrategias, proyectos de normas socio-ambientales para el subsector, así como programas y planes de trabajo socio-ambiental para el subsector.

Del mismo modo, aprueba y supervisa los asuntos socio-ambientales de los proyectos del Subsector Transportes en todas sus etapas, coordinando asuntos relacionados con la gestión socio-ambiental con los órganos del subsector transportes.

Marco de Referencia de Procedimientos de Monitoreo Atmosférico

Los trabajos respectivos de monitoreo se realizan bajo las indicaciones del Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire, Dirección General de Asuntos Ambientales. Esta guía tiene el objetivo de establecer pautas para los programas de monitoreo de la calidad del aire, emisiones gaseosas y mediciones meteorológicas, así como los instrumentos a emplearse, su uso y calibración, frecuencia de registro, análisis de datos, así como la forma de presentación de los reportes para la evaluación ambiental de las actividades de desarrollo en el sistema de su manejo y en cumplimiento del Art. 5to del Decreto Supremo N° 059-92-EM, en relación al Medio Ambiente.

El manual tiene como objetivo principal uniformar los procedimientos de monitoreos e incorporar la información necesaria para el establecimiento de estándares nacionales o límites máximos permisibles de emisiones gaseosas y de material particulado.

2.2.9. Metodología sistémica

Generalidades y definiciones

En primer lugar, empezaremos por sistema.

Este término se emplea con frecuencia, aunque con distintas acepciones. De modo coloquial hablamos de un sistema, como de un modo o manera de hacer algo; así, decimos que tenemos un sistema para resolver un problema o para alcanzar un objetivo. No es ese el sentido que aquí nos interesa. Más formalmente hablamos de un sistema como de un objeto dotado de alguna complejidad, formado por partes coordinadas, de modo que el conjunto posea una cierta unidad,

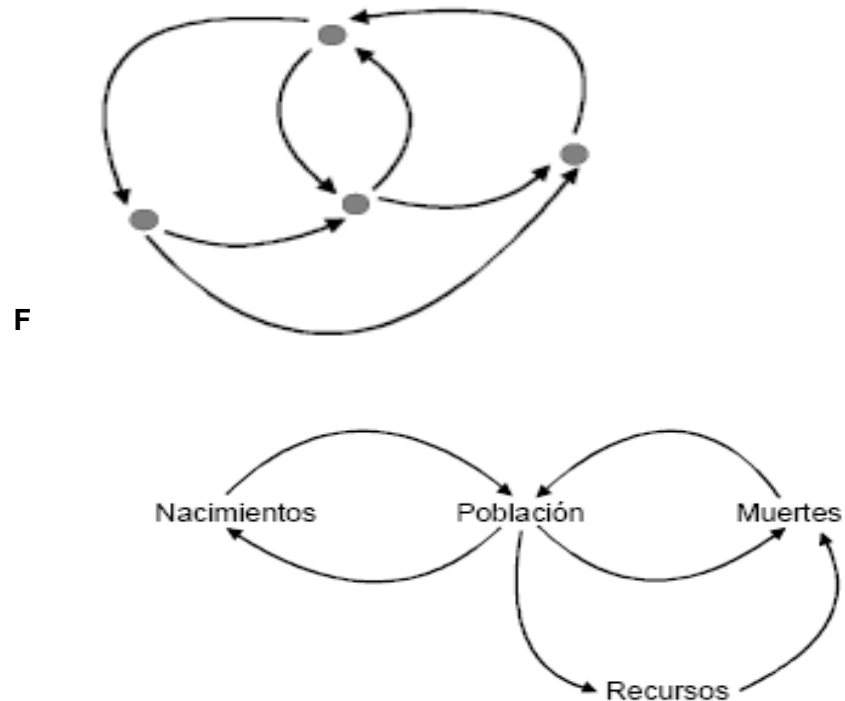
que es precisamente el sistema. Así, hablamos del sistema planetario, formado por los planetas unidos mediante las fuerzas gravitatorias; de un sistema económico, formado por agentes económicos, relacionados entre sí por el intercambio de bienes y servicios; de un sistema ecológico, formado por distintas poblaciones, relacionadas mediante cadenas alimentarias o vínculos de cooperación; etc.

Este es el uso del término sistema que vamos a adoptar.

Un sistema, en este sentido, lo entendemos como una unidad cuyos elementos interaccionan unos con otros, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común. Es algo que se percibe como una identidad que lo distingue de lo que la rodea, y que es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes.

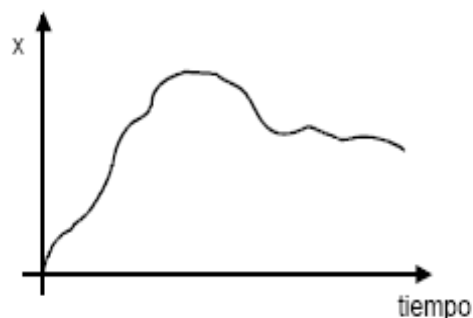
Sin embargo, la consideración de que en la realidad todo está relacionado con todo puede pecar de excesivamente etérea, y resultar poco operativa. Por tanto, nos interesará concentrarnos en ciertos aspectos de la realidad a los que se pueda considerar como sistemas, aunque para ello se tenga que prescindir de alguna de sus conexiones. Nos vamos a centrar principalmente en la clase de sistemas caracterizada por el hecho de que se puede especificar claramente las partes que lo forman y las relaciones entre esas partes mediante las que se articulan en la correspondiente unidad. La descripción más elemental que podemos hacer de ellos es sencillamente enunciar ese conjunto de partes y establecer un esbozo de cómo se influyen esas partes entre sí. A esta descripción elemental asociaremos la imagen de un grafo (véase la figura 2), cuyos nodos son esas partes, y cuyas aristas representan las influencias que se producen entre ellas. Un ejemplo más concreto de grafo de un sistema se muestra en la figura 3 que muestra el grafo de un sistema demográfico. Este grafo aporta una descripción de naturaleza estructural del sistema, y diremos que representa su estructura.

Figura 02. Grafo que representa un sistema.



El otro término que aparece en la locución dinámica de sistemas es dinámica. El término dinámica lo emplearemos por oposición a estática, y con él queremos expresar el carácter cambiante de aquello que adjetivamos con ese término. A algo que cambia se le suele asociar una imagen como la que se muestra en la figura 04, que muestra la trayectoria de una magnitud.

Figura 04. Trayectoria que describe el comportamiento de una magnitud x .



Al hablar de dinámica de sistemas nos referimos a que las distintas variables que podemos asociar a sus partes sufren cambios a lo largo del tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas.

Otros conceptos que conviene revisar en este momento son los de experimento, modelo y simulación. El término experimento se puede definir como el proceso de extraer datos de un sistema mediante la activación de sus entradas. Con el término modelo, al igual que sucede con el de sistema, se emplea en múltiples sentidos. El que aquí nos interesa es el que se refiere al modelo como representación. El modelo es un objeto que representa a otro. En este sentido una definición muy apropiada es la que nos da Marvin Minsky: Para un observador O un objeto M es un modelo de un objeto S (un sistema) y un experimento (E), si O se puede servir de M para aplicar E y responder a cuestiones que le importan con relación a S.

Una característica importante a tener en cuenta es que la definición de Marvin Minsky no describe “modelos para sistemas *per se*”. Un modelo está siempre relacionado con el par sistema y experimento. Así cuando se escucha a alguien decir: “el modelo de ese sistema no es válido” no se puede saber de que están hablando, ya que un modelo de un sistema puede ser válido para un experimento y no serlo para otro. En este sentido, ningún modelo de un sistema es válido para todos los posibles experimentos excepto el propio sistema o una copia idéntica del mismo.

Realizando experimentos recopilamos conocimientos del sistema, que al principio disponemos en una forma no estructurada. Al comprender cuales son las causas y cuales los efectos, y disponiendo las observaciones tanto en orden espacial como temporal, organizamos el conocimiento que se adquiere durante el experimento.

Las propiedades de un buen modelo se pueden resumir en las dos siguientes:

1. Debe de reflejar adecuadamente aquellas características del sistema que son de nuestro interés, y
2. debe ser lo suficientemente sencillo como para resultar manejable.

Para definir el término simulación podemos acudir a la definición que nos da Granino Korn: Una simulación es un experimento realizado sobre un modelo. Nuestro interés está en el subconjunto de simulaciones que son codificables como programas de ordenador (simulaciones matemáticas). Donde, una simulación matemática es una descripción codificada de un experimento que hace referencia al modelo al cual se aplica. Es muy importante, en este contexto, darse cuenta de la separación física entre la descripción del modelo y la descripción del experimento.

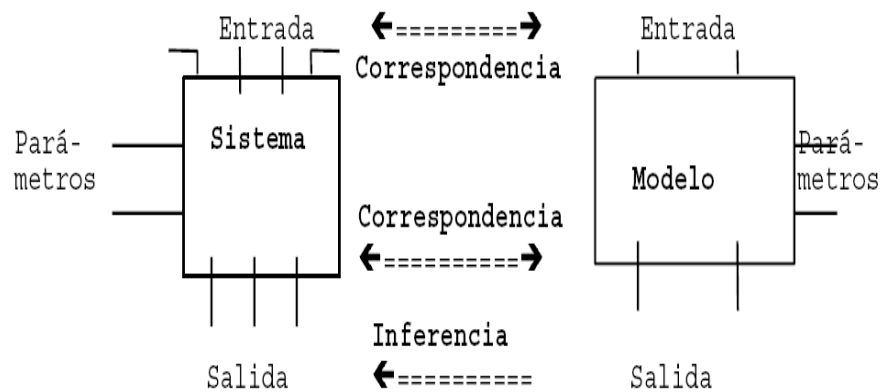
No obstante existe un cierto peligro en esta separación, ya que podemos aplicar un experimento a un modelo para el cual este no resulta válido.

2.2.10. Modelo

La simulación de sistemas implica la construcción de modelos. Desde muy antiguo la humanidad ha intentado adivinar el futuro. Ha querido conocer qué va a pasar cuando suceda un determinado hecho histórico. La simulación ofrece, sobre bases ciertas, esa predicción del futuro, condicionada a supuestos previos.

Para ello se construyen los modelos, normalmente una simplificación de la realidad.

Surgen de un análisis de todas las variables intervinientes en el sistema y de las relaciones que se descubren existen entre ellas.



A medida que avanza el estudio del sistema se incrementa el entendimiento que el analista tiene del modelo y ayuda a crear modelos más cercanos a la realidad.

En el modelo se estudian los hechos salientes del sistema o proyecto. Se hace una abstracción de la realidad, representándose el sistema/proyecto, en un modelo.

El modelo que se construye debe tener en cuenta todos los detalles que interesan en el estudio para que realmente represente al sistema real (Modelo válido). Por razones de simplicidad deben eliminarse aquellos detalles que no interesan y que lo complicarían innecesariamente.

Se requiere pues, que el modelo sea una fiel representación del sistema real. No obstante, el modelo no tiene porqué ser una réplica de aquél. Consiste en una descripción del sistema, junto con un conjunto de reglas que lo gobiernan. Las reglas definen el aspecto dinámico del modelo. Se utilizan para estudiar el comportamiento del sistema real.

Como ejemplo de modelo físico se pueden citar los túneles de viento donde se ensayan los aviones, los simuladores de vuelo, los canales de experiencia donde se ensayan los barcos, etc.

Como ejemplo de modelo abstracto, se pueden citar los modelos econométricos donde, entre otras cosas, se pueden ensayar las consecuencias de medidas económicas antes de aplicarlas.

Dado un sistema, son muchas las representaciones que se pueden hacer de él.

Depende de las facetas del sistema que interesan en el estudio, de la herramienta que se utiliza en el mismo e incluso de la modalidad personal del que lo construye.

2.2.11. Simulación

Construido el modelo, se ensaya una alternativa en él con el fin de aplicar las conclusiones al sistema. Los resultados obtenidos no tienen valor si no son aplicables al sistema. La simulación tiene como principal objetivo la predicción, es decir, puede mostrar lo que

sucedirá en un sistema real cuando se realicen determinados cambios bajo determinadas condiciones.

La simulación se emplea sólo cuando no existe otra técnica que permita encarar la resolución de un problema. Siempre es preferible emplear una alternativa analítica antes que simular. Lo anterior no implica que una opción sea superior a otra, sino que los campos de acción no son los mismos. Mediante la simulación se han podido estudiar problemas y alcanzar soluciones que de otra manera hubieran resultado inaccesibles.

La simulación involucra dos facetas:

1) Construir el modelo

2) Ensayar diversas alternativas con el fin de elegir y adoptar la mejor en el sistema real, procurando que sea la óptima o que por lo menos sea lo suficientemente aproximada.

Software Vensim

Vensim es una herramienta gráfica de creación de modelos de simulación que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de Dinámica de Sistemas. Vensim proporciona una forma simple y flexible de crear modelos de simulación, sean con diagramas causales o con diagramas de flujos.

Las relaciones entre los elementos del sistema representan las relaciones causales, que se muestran mediante la conexión de palabras con flechas. Esta información se usa después por el Editor de Ecuaciones para crear el modelo de simulación. Se puede analizar el modelo en el proceso de construcción teniendo en cuenta las causas y el uso de las variables, y también estudiando los ciclos relacionados con una variable. Mientras que se construye un modelo que puede ser simulado, Vensim permite explorar el comportamiento del modelo.

2.2.12. La gestión de la calidad del aire y la modelización

La gestión de la calidad del aire puede ser entendida como un conjunto de actividades cuya ejecución es coordinada con el

objetivo genérico común de proteger o mejorar la calidad del aire en un emplazamiento o área geográfica determinada.

Las actividades de gestión de la calidad del aire requieren la existencia de un marco de referencia en el que existan mecanismos que permitan:

- Identificar y efectuar un diagnóstico de posibles problemas.
- Definir objetivos de calidad del aire.
- Establecer normas y procedimientos de control y actuación.
- Diseñar y definir estrategias de control y vigilancia y programas de actuación.

En una primera etapa, el desarrollo de las actividades relacionadas con la gestión de la calidad del aire ha estado vinculado a la necesidad de dar respuesta a problemas concretos, en su mayor parte de carácter local (zonas de alta contaminación, impacto de focos específicos, etc.). Por ello, buena parte de las actividades relacionadas con la gestión de la calidad del aire han estado muy vinculadas a los sistemas operativos de vigilancia y control de la contaminación, fundamentalmente basados en la medida de contaminantes.

Sin embargo, en las últimas décadas, la preocupación por nuevos problemas relacionados con la calidad del aire, la complejidad de los mismos, la necesidad de abordar cuestiones globales e interterritoriales o el reconocimiento de que el medio ambiente atmosférico es responsabilidad de la sociedad en su conjunto, ha facilitado que la gestión de la calidad del aire evolucione hacia nuevos enfoques. Desde estos nuevos enfoques, la calidad del aire no es solo vista como un 'objeto pasivo' a proteger y conservar, sino también como un elemento de gestión y planificación que puede tener una incidencia directa en la vida cotidiana de los ciudadanos y en el desarrollo de la sociedad en su conjunto.

Algunos ejemplos de estos problemas pueden ser:

- La limitación que puede suponer la calidad del aire para la construcción de nuevas instalaciones industriales y de producción de energía.

- Los problemas derivados del crecimiento de las ciudades y, en particular, del parque de vehículos.
- La influencia de las emisiones en áreas distintas a las que se produce en origen la emisión.
- La preocupación creciente por la contaminación debida a contaminantes secundarios y partículas.
- La influencia de las emisiones en el cambio climático.
- Los posibles efectos de la calidad del aire sobre la salud, los ecosistemas y los materiales.

La complejidad y la dificultad del tratamiento de los problemas que se plantean hacen que los mismos no puedan ser abordados haciendo uso exclusivamente de sistemas de observación, vigilancia y control basados sólo en medidas directas. Dichos sistemas deben ser complementados con nuevas herramientas que ayuden a efectuar tales valoraciones, entre las cuales la modelización puede jugar un papel determinante.

Un ejemplo práctico reciente en nuestro país puede ser la transformación sufrida por el sector eléctrico en los últimos años, en los cuales se ha iniciado el proceso de reconversión o cierre de instalaciones antiguas y de construcción de nuevos centros de producción de energía eléctrica, que utilizan como combustible fundamentalmente el gas natural. Desde el punto de vista de la gestión de la calidad del aire, la construcción de este tipo de instalaciones plantea, por un lado, un problema de planificación, que requiere la estimación a futuro del impacto de los nuevos focos emisores y, por otro, un problema de operación y control en tiempo real, como es la necesidad de establecer una vigilancia y un control específico que contemple, incluso, reducir emisiones en los casos en los que puedan producirse superaciones de los estándares de calidad del aire. El tratamiento, tanto de un problema, como del otro, no puede ser realizado adecuadamente sin hacer uso de técnicas de modelización.

2.3. Bases Conceptuales

- **PM₁₀**: Es un indicador de contaminación atmosférica y representa las partículas cuyo diámetro aerodinámico es menor o igual a 10 micrómetros.
- **Calidad Ambiental**: Estructuras y estado de los procesos ecológicos que permiten el desarrollo sostenible, la conservación de la diversidad biológica y desarrollo de la vida. También se puede entender como el conjunto de propiedades de los elementos del ambiente que permiten reconocer las condiciones en que estos últimos se encuentran.
- **Emisión**: Todo fluido gaseoso, puro o con sustancias en suspensión que emanen como residuos o productos de la actividad humana.
- **Contaminante del aire**: Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano.
- **Estándares de Calidad del Aire (ECA)**: Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través de mecanismos y plazos detallados en la presente norma. Como estos Estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios.
- **Límite Máximo Permisible(LMP)**.- Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar serios daños a la salud, bienestar humano o al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.
- **Línea de Base**: Estado actual del área de actuación, previa a la ejecución de un proyecto. Comprende la descripción detallada de los atributos o características del ambiente del área de emplazamiento de un proyecto de inversión.
- **Monitoreo**: Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, generada como

orientación para actuar y para alimentar los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental.

- **Mitigación:** Medidas o actividades dirigidas a atenuar o minimizar, los impactos y efectos negativos que un proyecto de inversión puede generar sobre el ambiente.
- **Prevención:** Diseño y ejecución de medidas, obras o actividades dirigidas a prevenir, controlar o evitar eliminar o anular la generación de los impactos y efectos negativos que un proyecto de inversión puede generar sobre el ambiente.
- **Simulación:** Proceso mediante el cual se implanta en un computador un modelo matemático de un cierto aspecto de la realidad.
- **Sistema:** Entidad formada por un conjunto de elementos en interacción.
- **Sistema dinámico:** Objeto matemático formado por un espacio de estados y una regla que prescribe la evolución en él. Los modelos matemáticos que se construyen mediante dinámica de sistemas son sistemas dinámicos.
- **Modelo.** Objeto artificial construido para representar de forma simplificada a un sistema real o a un fenómeno de la realidad.
- **Temperatura:** Es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro.
- **Comportamiento de un sistema.** Representación gráfica del conjunto de trayectorias que describen los cambios que sufren a lo largo del tiempo las variables asociadas a un sistema.
- **Constante.** Elemento cuyo valor no cambia durante una simulación.
- **Diagrama de Forrester.** Diagrama que muestra las relaciones entre las variables de un sistema, una vez que han sido clasificadas en variables de nivel, de flujo y auxiliares. Constituye una reelaboración del diagrama de influencias. Recibe también las denominaciones de diagrama de flujos y niveles, de flujos-niveles.
- **Diagramas de influencias.** Grafo cuyos nodos son los elementos del sistema y cuyas aristas indican las influencias entre ellos.

Constituye una representación gráfica de la **estructura** del sistema

Recibe también la denominación de **diagrama causal**.

- **Dinámica de sistemas.** Disciplina para el estudio de las relaciones entre la **estructura** y el **comportamiento** de un sistema con ayuda de modelos informáticos de simulación.
- **Flujo.** Variable que representa el cambio que sufre una determinada magnitud por unidad de tiempo. En los modelos de dinámica de sistemas se asocian a cada variable de nivel una o varias variables de **flujo**.
- **Límites de un sistema.** Límites que delimitan el sistema que se está considerando. En el interior del sistema se incluyen exclusivamente los elementos considerados más relevantes para el problema estudiado. Los elementos que afectan y a su vez son afectados por el sistema se consideran en el interior de los límites, mientras que aquellos que sólo afectan o se ven afectados se consideran fuera de los límites.
- **Modelo informático.** Modelo de simulación susceptible de ser implantado en un computador.
- **Nivel.** Variable que corresponde a un proceso de acumulación en la dinámica de un sistema. Este proceso se realiza mediante las variables de **flujo**.
- **Nube.** Símbolo empleado en los diagramas de Forrester para indicar una fuente o un sumidero de una variable de **nivel**. La fuente no resulta relevante para el modelo.
- **Proceso de modelado.** Proceso mediante el cual se construye un modelo de un aspecto problemático de la realidad. En dinámica de sistemas comprende tres pasos fundamentales: la elaboración de un **modelo mental**, su transcripción a un **diagrama de influencias** y su conversión en un **diagrama de Forrester**, a partir del cual se dispone ya de un modelo matemático que puede ser programado en un computador.
- **Realimentación.** Proceso en virtud del cual se recibe continuamente información con relación a los resultados de las acciones previamente tomadas, de modo que a partir de esa información, y de los objetivos propuestos, se adoptan las decisiones con relación a las futuras

acciones a tomar. La estructura de influencias correspondiente es circular. Se emplea también, aunque incorrectamente, el término «retroalimentación».

- **Simulación.** Proceso mediante el cual se implanta en un computador un modelo matemático de un cierto aspecto de la realidad.
- **Variable.** Atributo de un sistema al que se puede asociar una medida mediante un número real y cuyo valor puede cambiar a lo largo del tiempo.

2.4. Bases epistemológicas

La humanidad arribó al tercer milenio con un reto sin precedentes, heredado del siglo anterior, resolver los alarmantes problemas medioambientales, que afectan a todo el planeta Tierra y a cuanto existe en él, estos problemas tienen como particularidad que no distinguen clases sociales, culturas, ni fronteras nacionales, de ahí que sean considerados como problemas globales.

La aparición del hombre representó, sin dudas, un importante jalón en el desarrollo de la naturaleza: comenzó la historia de la humanidad en la que subyace la relación entre los hombres y la naturaleza y la relación entre los propios hombres para su subsistencia y desarrollo como especie, muchas veces en un medio hostil.

El científico ambientalista James Lovelock propuso ya a finales de los años setenta la hipótesis denominado Gaia (diosa griega de la Tierra), que consistía en un modelo interpretativo de la Tierra que afirma que la vida, transformando la Biosfera, fomenta y mantiene unas condiciones adecuadas para sí misma, afectando al entorno. Según la hipótesis Gaia, la atmósfera y la parte superficial del planeta Tierra se comportan como un todo coherente donde la vida, su componente característico, se encarga de autorregular sus condiciones esenciales tales como la temperatura, composición química y salinidad en el caso de los océanos.

Los trabajos revisados acerca de percepción de la contaminación del aire se han ubicado en cierto paradigma. En la mayoría de los casos la afiliación a un determinado paradigma resulta bastante evidente.

Pero en aquellos en que no lo es, los diferentes aspectos mantienen cierta consistencia interna.

En primera instancia, no es de extrañar que la mayoría se ubique en los primeros dos paradigmas mencionados, el positivista y el post-positivista.

Desde el paradigma positivista, la percepción pública de la contaminación del aire es un fenómeno real, predecible y susceptible de cuantificación y de análisis estadístico. Los estudios adscritos a este paradigma presentan una racionalidad técnica y explican en términos cuantitativos como la percepción pública de la contaminación del aire se configura a partir de la interacción de variables tales como las características socioeconómicas de la zona, la proximidad a las zonas de riesgo, la presencia de tráfico vehicular, la edad, el género y la raza. Sin duda, este tipo de estudios permite una primera aproximación acerca de los procesos cognitivos relativos a la contaminación del aire; sobre todo al haber identificado a la experiencia perceptual directa como la principal fuente de conciencia de la contaminación del aire y haber reconocido el efecto del halo del barrio.

En otro orden, también permiten disponer de información relativa a magnitudes amplias de personas. Sin embargo, la metodología cuantitativa propia de este paradigma dificulta tener una comprensión más integral y profunda acerca de la forma en que cada individuo y grupo social interpreta y vive la contaminación.

Desde el paradigma de la teoría crítica, en la percepción de los problemas ambientales influyen la posición de los sujetos en la estructura social y sus condiciones materiales de vida. Se destaca así la importancia de las relaciones sociales, sus procesos y sus estructuras, en la configuración de las preocupaciones ambientales. Su objetivo es establecer una relación entre la construcción de las preocupaciones y percepciones ambientales y la base material de la sociedad. Estos estudios destacan los vínculos entre inequidad ambiental e inequidad social y enfatizan la necesidad de integrar

políticas ambientales con políticas sociales y económicas para acortar la brecha entre exclusión social y exclusión ambiental.

En el paradigma constructivista, la percepción de la contaminación del aire tiene un carácter intersubjetivo; es una construcción social llena de significados. Por ello, los estudios se abocan a describir, interpretar y entender como la percepción pública de la contaminación del aire se constituye a través y a partir de la vida cotidiana, el conocimiento local, las interacciones personales, el apego al lugar y de la memoria local; todo ello por medio de métodos cualitativos. Desde este paradigma se trata de comprender cómo se representan las diferentes percepciones y se construyen los diferentes conocimientos. A su vez dicho abordaje representa la entrada al lenguaje de la subjetividad y del mundo de los significados y de los símbolos mediante los cuales se entiende la contaminación del aire. Son los mismos sujetos y comunidades quienes expresan en sus propios términos sus ideas, preocupaciones y percepciones acerca de la contaminación del aire. Sin embargo, la metodología utilizada en estos estudios no permite disponer de información acerca de poblaciones amplias y numerosas; además, la tesis de la contextualización de los hechos también puede conducir a no tomar en cuenta factores estructurales que determinan de muchas maneras la forma en la que los individuos viven y perciben la contaminación. Las posturas ontológicas, epistemológicas y metodológicas de los diferentes paradigmas aun cuando aparecen como distantes y contradictorias, deben analizarse como visiones alternativas y complementarias.

Tanto el positivismo como la teoría crítica y el constructivismo tienen alcances y limitaciones propias, y con el debido rigor metodológico todos pueden aportar conocimientos valiosos acerca de este objeto de estudio; por lo que en la construcción de conocimiento es importante explicitar la posición desde la cual el investigador está realizando sus investigaciones, ya que ésta tiene consecuencias para los límites y aportes en la generación de dicho conocimiento.

En este sentido, es necesario que los investigadores reflexionen sobre su propio trabajo, que la investigación no se considere sólo como un conjunto de métodos y técnicas universales y que ellos no se conciban sólo como técnicos que las aplican, sino como sujetos intelectuales que identifican los supuestos filosóficos subyacentes en sus prácticas y que pueden situarse dentro del amplio proceso que constituye la investigación.

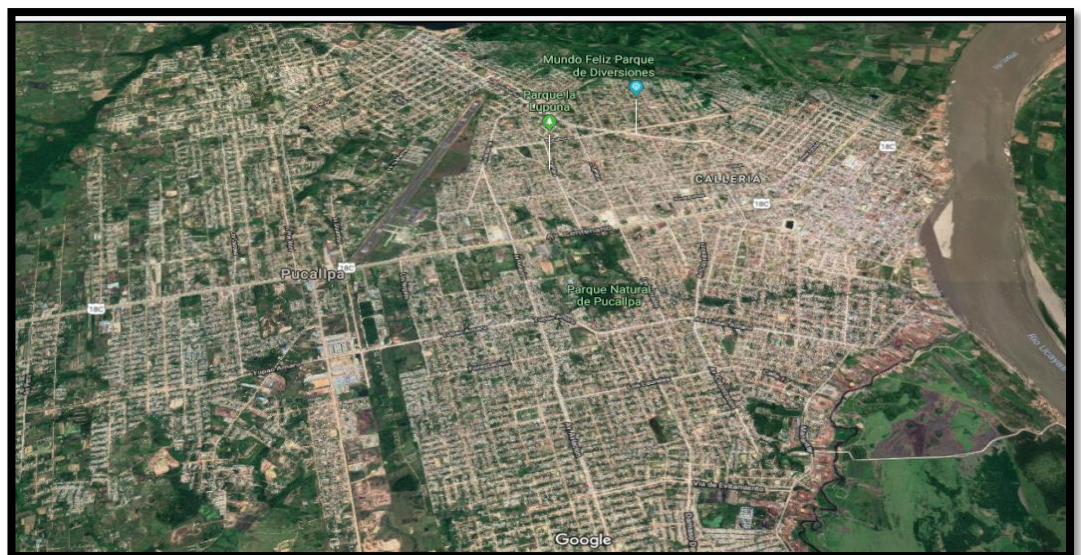
Asimismo, en la elección del paradigma de investigación influye otra serie de factores y circunstancias, como el contexto institucional en donde se desarrolla la actividad, así como el tiempo y los recursos disponibles, pues dicho contexto también construye o fortalece un determinado paradigma. Tanto desde la pertenencia institucional como desde la postura científica es evidente que existe un paradigma dominante con respecto al objeto de conocimiento: en este caso la percepción pública de la contaminación del aire.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. **Ámbito**

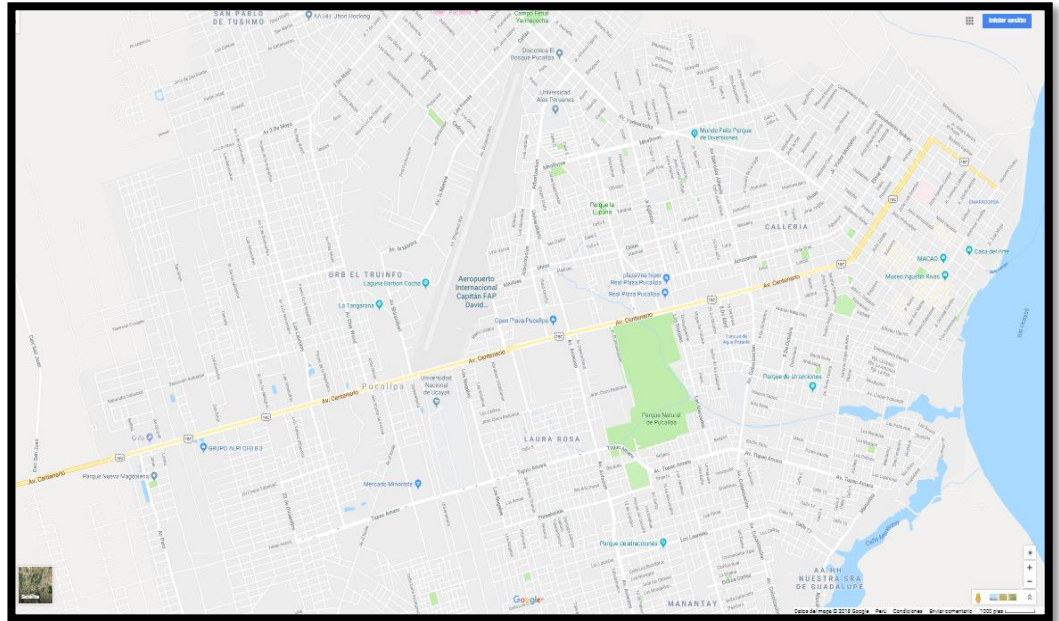
Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de Pucallpa y se ubica en el centro oriente del Perú a orillas del río Ucayali. Está en plena selva amazónica a 154 m.s.n.m. El clima de Pucallpa es tropical cálido todo el año. Ucayali está conformada por cuatro provincias: Padre Abad su capital es Aguaytia, Coronel Portillo su capital es Pucallpa, Atalaya su capital es Atalaya y Purus su capital es Esperanza. La temperatura promedio durante el año es 26°C, con un promedio de 25°C en julio y un promedio de 26.5°C en los meses de setiembre a enero. La temperatura máxima promedio es 33°C y la temperatura mínima es 21.5°C promedio. La precipitación anual es aproximadamente 1570 mm con mayor precipitación entre los meses de octubre y abril. Tiene una población que excede los 500,000 habitantes. La provincia de Coronel Portillo está conformada por seis distritos de: Callería (Capital Pucallpa), Campo Verde (Capital Campo Verde), Iparía (Capital Iparía), Masisea (Capital Masisea), Yarinacocha (Capital Puerto Callao), y Nueva Requena (Capital Nueva Requena).



Mapa 1. Zona de Estudio de la investigación.

3.2. Población

Para la primera etapa, el estudio comprende las calles de la ciudad de Calleria, Manantay y Yarinacocha perteneciente a la provincia de Coronel Portillo, del departamento de Ucayali, se tomó el criterio con el supuesto de considerar las calles más transitadas de las tres zonas de estudio.



Para la propuesta del sistema y la validación de la hipótesis, se considera la población a los trabajadores encargados e intervinientes en el proceso de monitoreo de la calidad de aire, el cual hacen un total de 10 personas, distribuidos de la siguiente manera:

TABLA 06. Personal del Área de unidad-DESA

CARGO	CANTIDAD
Asistente de campo	3
Jefe de Unidad	1
Encargado de Seguridad Industrial	1
Supervisores	3
Laboratorista	2
Total	10

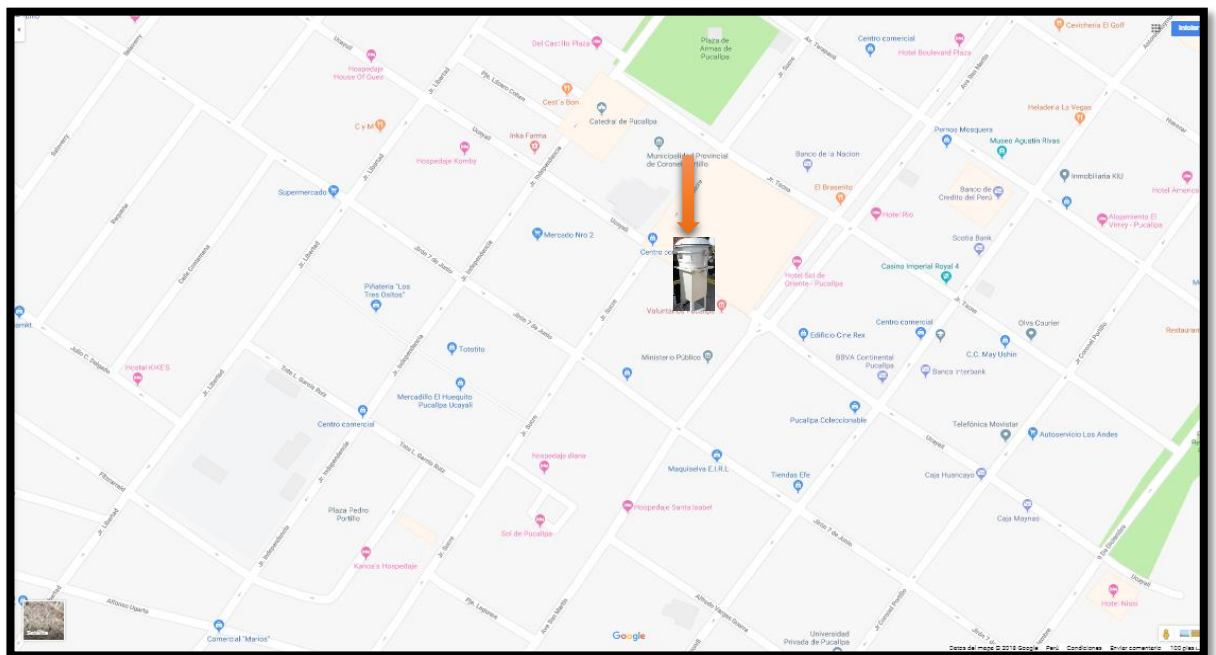
3.3. Muestra

La muestra comprende para la primera etapa las zonas de evaluación de la concentración de Material Particulado en las zonas de Calleria, Manantay y Yarinacocha. El estudio de evaluación de PM₁₀ se determinó los puntos de evaluación de acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad de aire y en forma no probabilística.

➤ UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN EL DISTRITO DE CALLERIA - ESTACION (E-1 AL E-4)

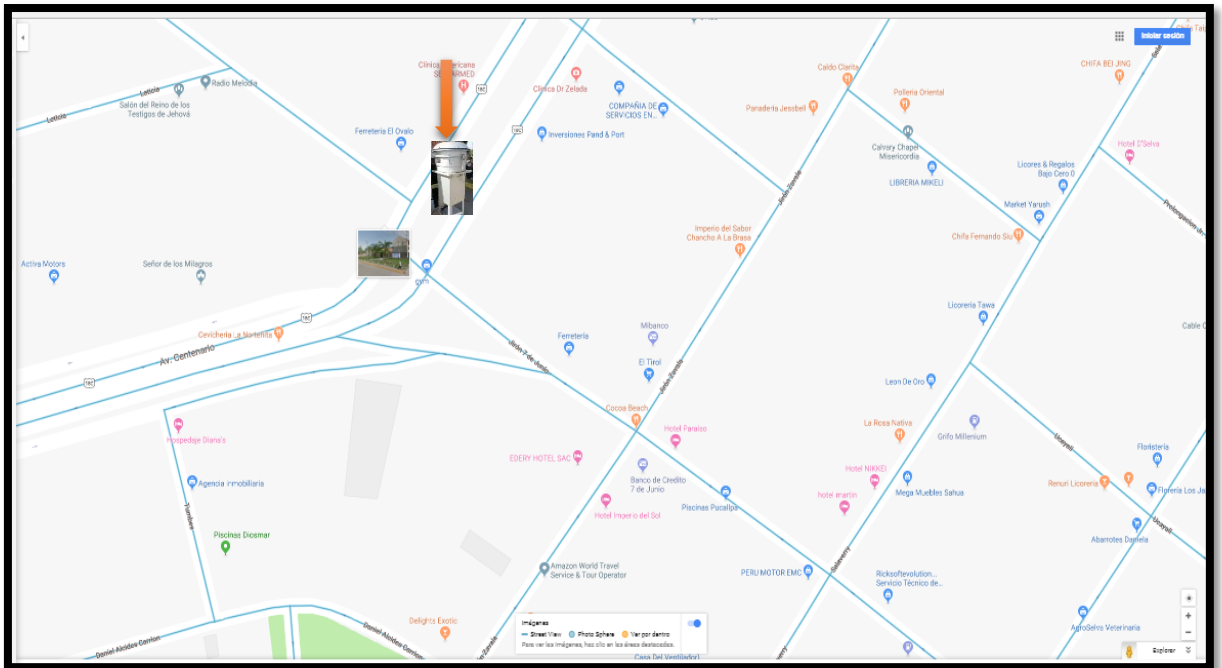
Distrito	Estación	Punto de Monitoreo	Fuente	Contaminante	Fecha de Monitoreo	Hora de instalación de equipos
CALLERIA	E - 1	Entre Av. San Martín y 7 Junio	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	22-11-17 al 25-11-17	8:00 a.m
	E - 2	Entre Jr. 7 de Junio y la Av. Sáenz Peña	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	25-11-17 al 28-12-17	10:00 a.m
	E - 3	Entre Av. Centenario y Av. Colonización	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	28-11-17 al 31-11-17	12:00 m
	E - 4	Entre Av. Amazonas y Arbozización	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	01-12-17 al 04-12-17	8:00 a.m

PUNTO DE MONITOREO: E – 1 (Entre Av. San Martín y 7 Junio)



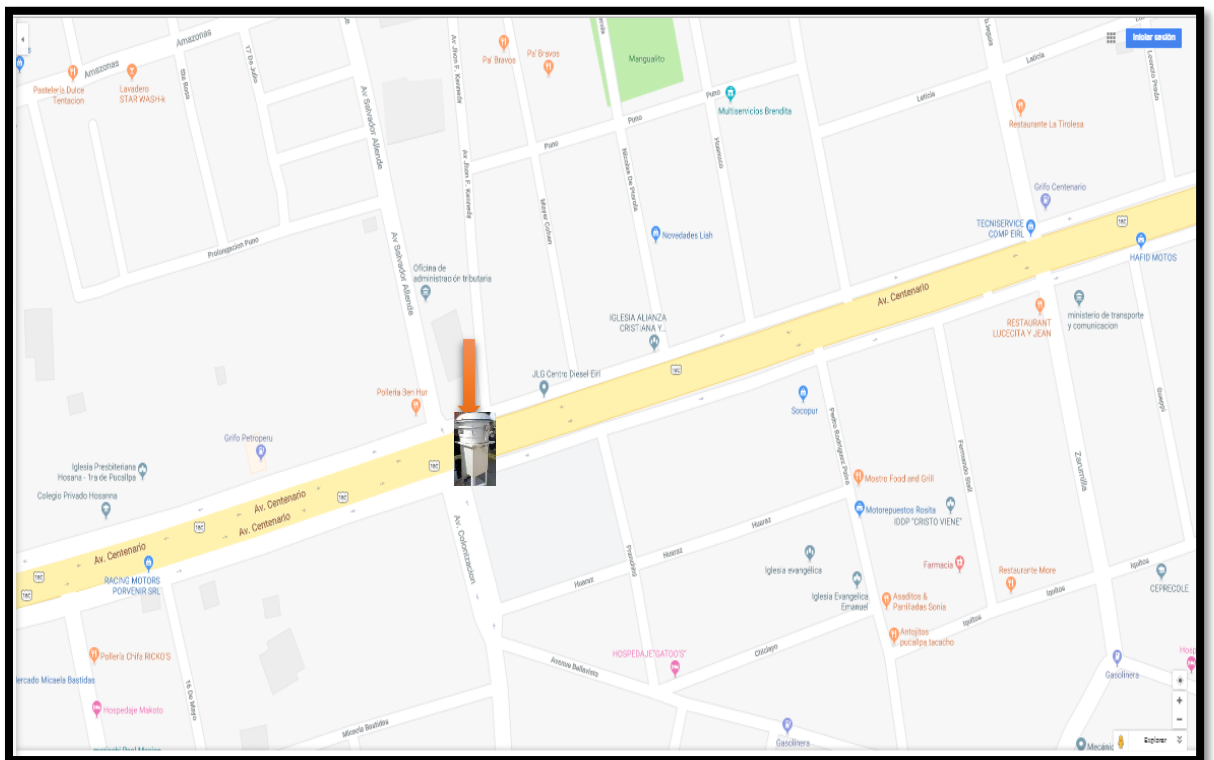


PUNTO DE MONITOREO E – 2 (Entre r. 7 de Junio y la Av. Sáenz Peña)



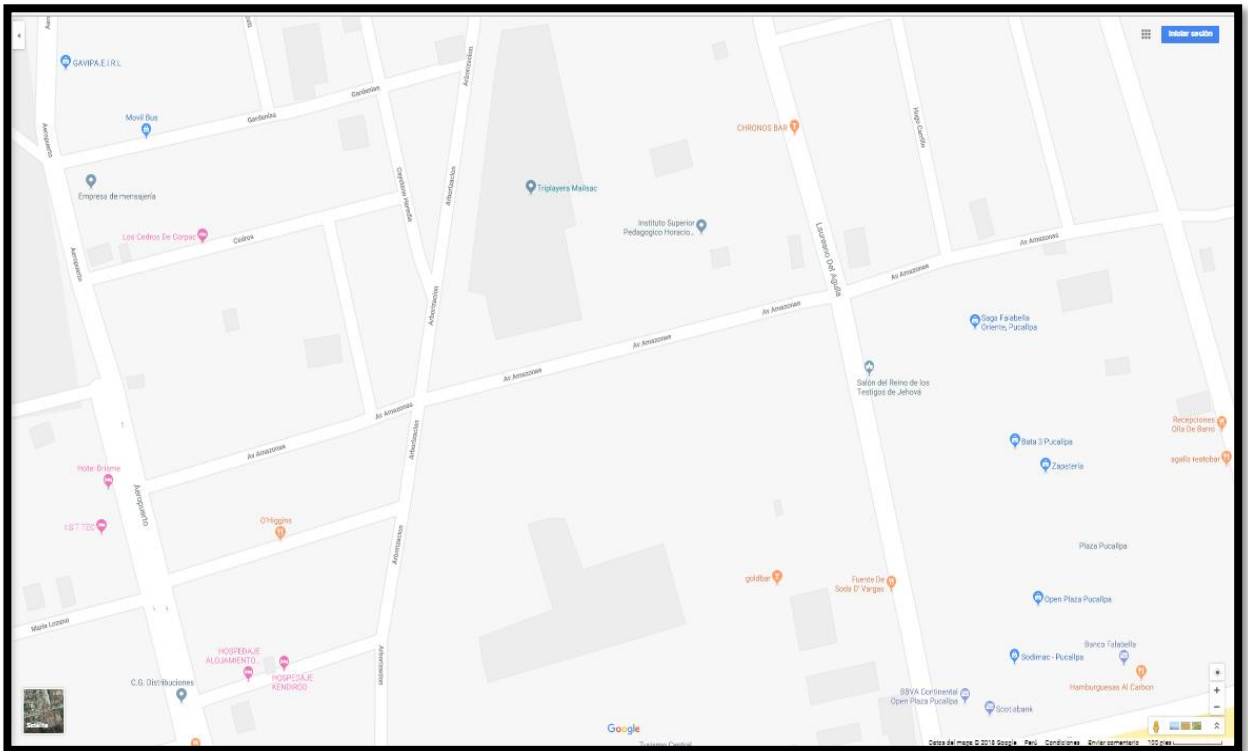


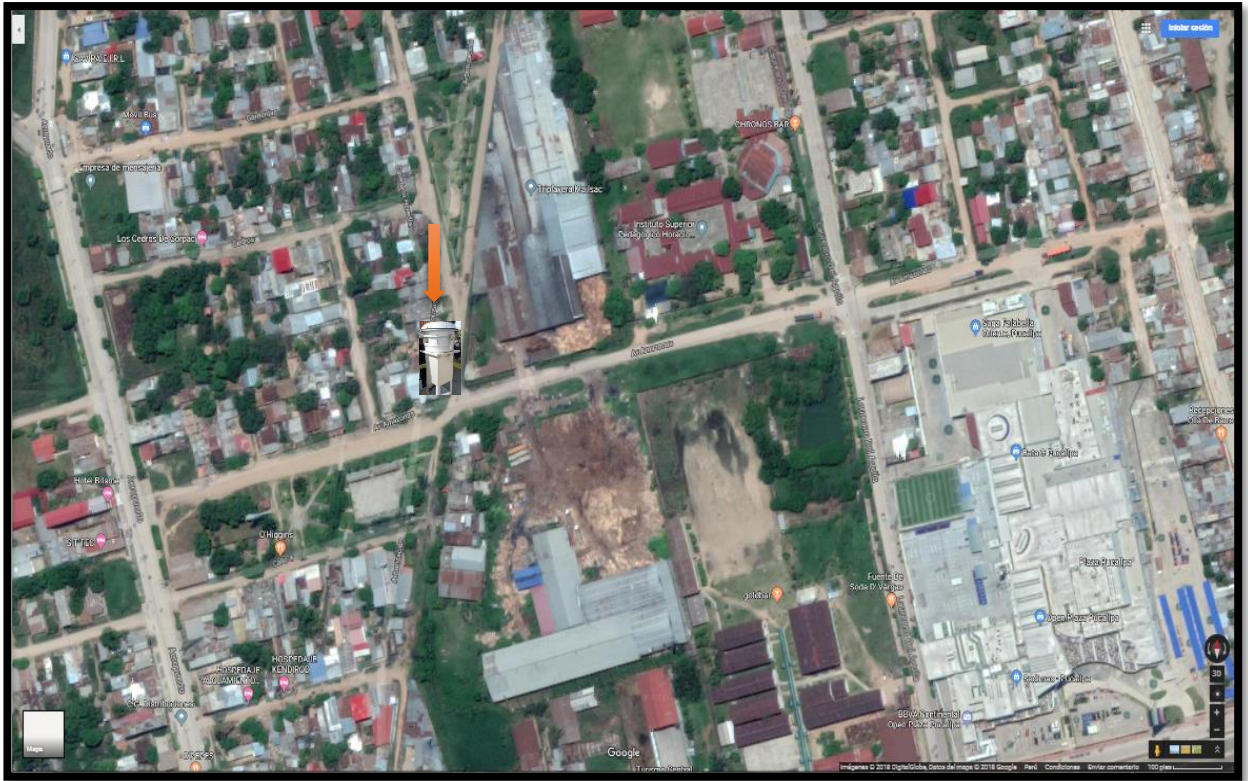
PUNTO DE MONITOREO E – 3 (Entre Av. Centenario y Av. Colonización)





PUNTO DE MONITOREO E – 4 (Entre Av. Amazonas y Arborización)

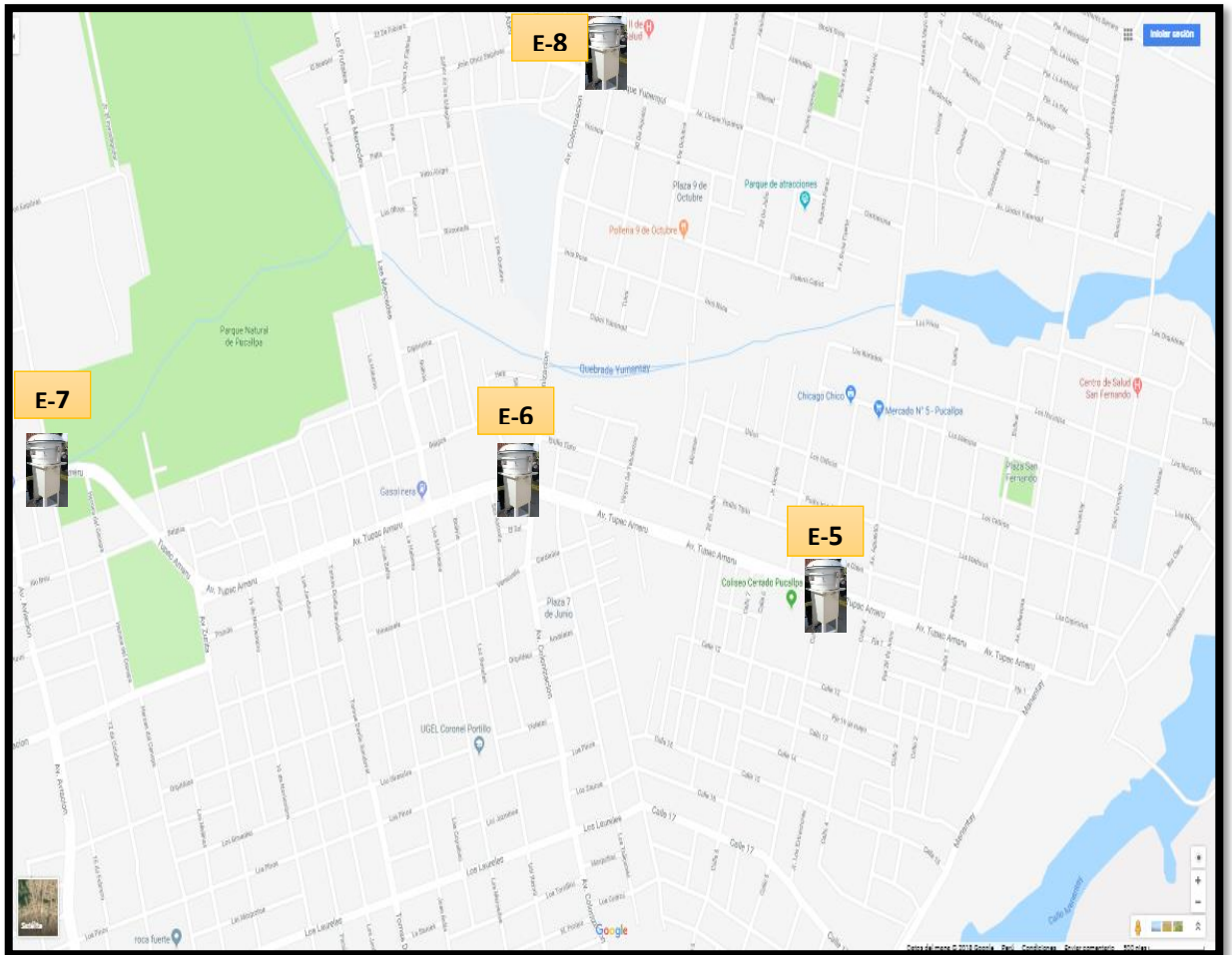




➤ **UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN EL DISTRITO DE MANANTAY - ESTACION (E-5 AL E-8)**

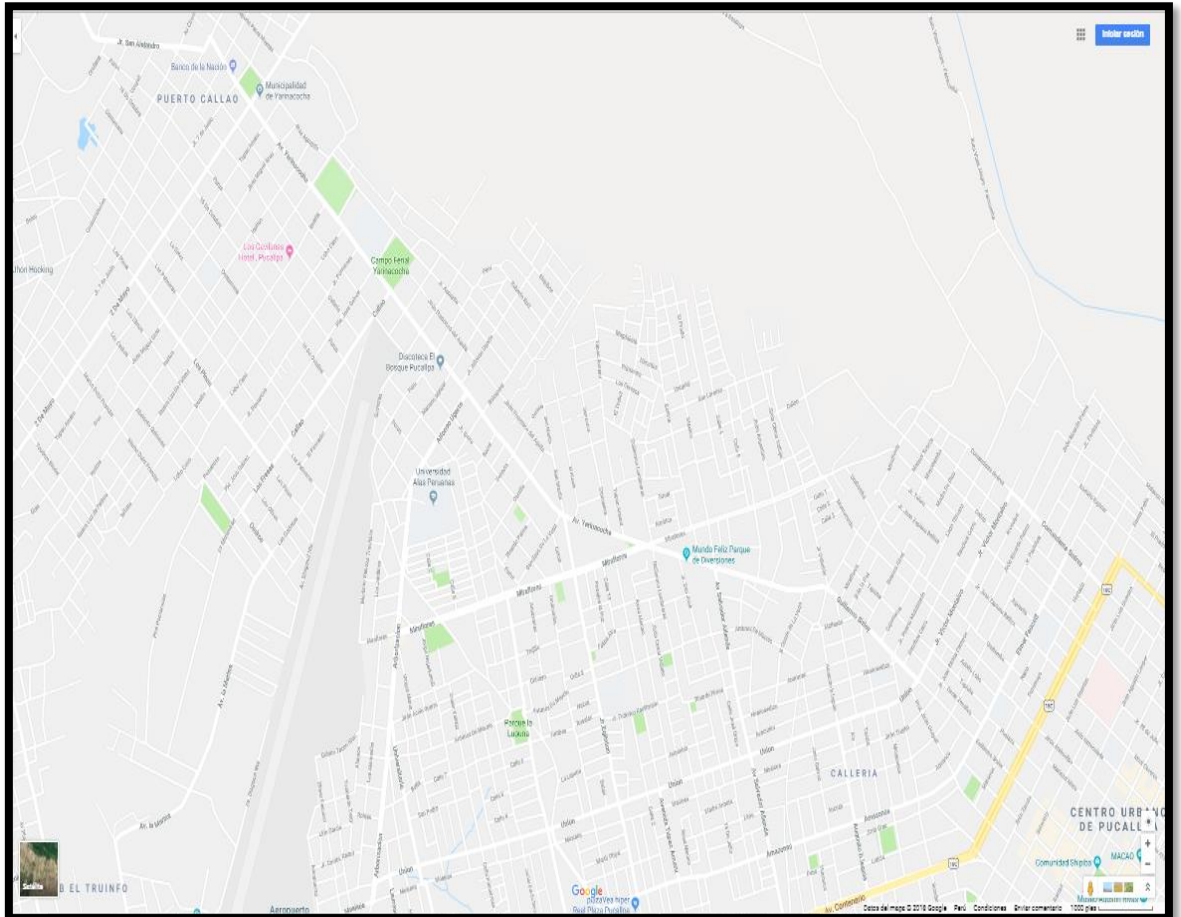
Distrito	Estación	Punto de Monitoreo	Fuente	Contaminante	Fecha de Monitoreo	Hora de instalación de equipos
MANANTAY	E - 5	Entre Av. Túpac Amaru y Jr. Daniel Alcides Carrión	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	05-12-17 al 08-12-17	8:00 a.m
	E - 6	Av. Túpac Amaru y Av. Colonización	Polvo, Vehículos (tráfico intenso) Aserraderos	PM-10, metales pesados	08-12-17 al 11-12-17	12:00 a.m
	E - 7	Av. Aviación y Av. Túpac Amaru	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	11-12-17 al 14-12-17	4:00 p.m
	E - 8	Av. Colonización y Av. Yoque Yupanqui	Polvo, Vehículos (tráfico intenso) Aserraderos	PM-10, metales pesados	14-12-17 al 18-12-17	10:00 a.m

PUNTOS DE MONITOREO: E - 5, E - 6, E - 7, E - 8



➤ **UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN EL DISTRITO DE YARINACocha - ESTACION (E-9 AL E-12)**

Distrito	Estación	Punto de Monitoreo	Fuente	Contaminante	Fecha de Monitoreo	Hora de instalación de equipos
YARINACocha	E - 9	Entre Av. Unión y Jr. Guillermo Sysley.	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	19-12-17 al 21-12-17	8:00 a.m
	E - 10	Av. Miraflores y Av. Arborización	Polvo, Vehículos (tráfico medio) Triplayera y Aserraderos	PM-10, metales pesados	21-12-17 al 24-12-17	2:00 p.m
	E - 11	Entre Av. Yarinacocha y Jr. Callao	Polvo, Vehículos (tráfico intenso)	PM-10, metales pesados	26-12-12 al 29-12-17	8:00 a.m
	E - 12	Av. 2 de Mayo y Jr. Los Pinos	Polvo, Vehículos (tráfico medio) Triplayera y Aserraderos	PM-10, metales pesados	03-01-18 al 06-01-18	8:00 a.m



Además se estimó el mismo número de personas de la unidad de la dirección de salud ambiental (DESA), siguiendo los criterios que ofrece la estadística, teniendo en cuenta el muestreo **NO PROBABILÍSTICO**, por conveniencia o juicio de valor, llegando a tomarse el 100% de la población, el cual es 10.

Meteorología

Con los datos obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali y con equipo de medición de campo (Hi-Vol. Alto volumen, termómetro, barómetro, nanómetro) se determinaron en los puntos mencionados:

- Dirección de viento.
- Velocidad del viento
- Presión atmosférica.

- Temperatura del ambiente
- Humedad relativa
- Precipitación.

Parámetro meteorológico	Unidad	Valor Promedio
Temperatura	(°C)	26.44
Humedad relativa	(%)	87.73
Velocidad viento	(km/h)	2.103
Dirección de viento predominante (de donde viene el viento)	m/seg.	N-S

3.4. Nivel y tipo de investigación

3.4.1 Nivel de investigación

Es descriptivo en su primera etapa y cuasi experimental en la segunda etapa, porque la simulación, el monitoreo de la calidad de aire, maneja datos estadísticos que se recoge de campo, considerando parámetros de temperatura, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, entre otras variables, y se realizó y pre test y pos test con la propuesta de propuesta de solución (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Fue longitudinal, porque se estudió y evaluó la calidad de aire en un periodo de tiempo determinado.

3.4.2 Tipo de investigación

El Tipo de investigación de acuerdo al fin que se persigue es aplicada y de acuerdo a los tipos de datos analizados es cuantitativa, porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren y plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, Román (2018).

Para la recolección de información se tuvo dos etapas:

De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis, primero, se desarrolló una investigación descriptiva, conducente

a lograr una descripción de los hechos tal como sucedieron y a obtener informaciones de las fuentes primarias de los distritos de Calleria, Yarinacocha y Manantay, basadas en el recojo de datos mediante el monitoreo de la calidad de aire con el equipo Hivol PM₁₀, que llevado al laboratorio se obtuvieron informaciones, sobre los valores cuantitativos del aire.

Luego se establecieron las variables para el modelamiento y posteriormente la propuesta mediante un sistema web para el monitoreo de la calidad de aire, con la cual se validó la Hipótesis planteada mediante un pre test y post test.

3.5. Diseño de la investigación

Es inductivo porque la información recogida del trabajo de campo, el cuestionario de preguntas lo vamos a procesar y analizar en tablas estadísticas de acuerdo a las preguntas asignadas (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Para el desarrollo del presente tema de tesis, se empleó la investigación descriptiva no experimental según la temporalización en su primera etapa y dentro de ello se eligió el método longitudinal.

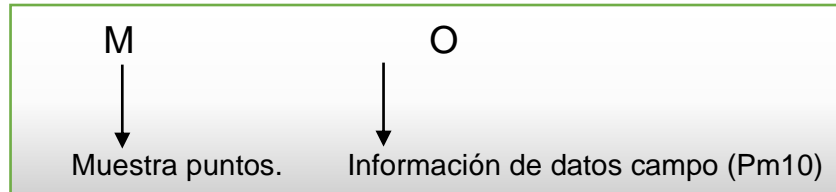
Este diseño de investigación permitió recolectar datos en un tiempo determinado. El propósito de este método fue recoger, describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, mediante la simulación.

Esta investigación se llevó a cabo con la implementación del sistema web para simular el monitoreo de la calidad del aire, de tal manera que permitió describir algunas respuestas mediante la evaluación del cuestionario de preguntas en sus dos etapas, es decir, antes de la propuesta y después de la implementación del sistema informático via web, con la finalidad de encontrar mejora en el monitoreo de la calidad del aire (pre test y pos test).

El **diseño** del presente estudio tiene dos etapas:

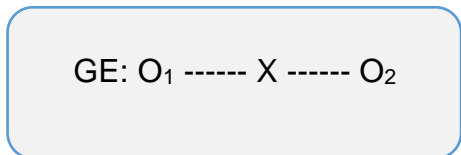
Primera etapa:

Diseño descriptivo simple no experimental: forma más elemental de la investigación, se buscó y recogió información en campo con respecto a un objeto de estudio.

Diagrama o esquema**Segunda etapa:****Diseño cuasi experimental:**

El diseño utilizado fue el de sucesión o en línea conocido como pre-test, post-test o **cuasi experimental** con un solo grupo.

Se puede representar mediante la siguiente simbología: GE, O₁, X, O₂.



Dónde:

GE: Grupo "Estudio".

O₁: Medición de la variable dependiente antes de aplicar la variable independiente (pre prueba).

X: Aplicación de la variable independiente (sistema de monitoreo propuesto).

O₂: Medición de la variable dependiente después de aplicar la variable independiente (post-prueba).

La aplicación de éste diseño significó realizar tres pasos:

- 1) Medición de la variable dependiente antes de aplicar la variable independiente (Pre-Test).

- 2) Aplicación de la variable independiente (X).
- 3) Medición de la variable dependiente después de aplicar la variable independiente (Post-Test).

Finalmente comparar los resultados, para analizar las diferencias y obtener conclusiones respecto al tratamiento o experimento realizado.

3.6. Técnicas e instrumentos

3.6.1. Técnicas

- a) **De muestreo:** El área del estudio de investigación fueron las zonas de mayor población de la jurisdicción de los Distritos de Calleria, Manantay y de Yarinacocha, la evaluación se realizó en 12 puntos considerados por nosotros como lo más críticos, es decir donde hay mayor fluidez de vehículos, zona de construcción de vías y zona cercano a industrias laminadoras de madera y carboneros.

La morfología del relieve al entorno en la zona de estudio es homogénea, comprende: zona terrazas altas (tierras de topografía plana con pendientes mayores al 8% por encima de 15 m sobre el nivel del río) solamente inundados en crecientes excepcionales, zona terrazas medias (superficie de ondulaciones suaves de 5 a 15 m de altura sobre el nivel del río Ucayali, con pendientes entre 0% y 6%) inundados en las crecientes excepcionales, y zona terrazas bajas (topografía con pendientes entre 0% y 2%) inundable estacionalmente.

- b) **La observación directa:** es una técnica bastante objetiva para el recojo de información (las muestra de campo del Hivol PM₁₀, temperatura, velocidad del viento, etc.).

c) Análisis de Documentos: Protocolo de Calidad Ambiental Para el Aire y Gestión de Datos” (DIGESA,2005) y se comparó principalmente los niveles de la muestra con los “Estándares de Calidad del Aire” establecidos en D.S. 074-2001-PCM; Reglamento de Estándares Nacionales de calidad Ambiental para aire DS N° 074-2001-PCM, en la cual se consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud, como estos estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios (SO₂, **PM**₁₀, CO, NO₂, O₃, Pb, H₂S), asimismo se consideró la Resolución Ministerial N° 181-2016, que establece el índice de Calidad del Aire – INCA.

3.6.2. Equipos e Instrumentos utilizados en la recolección de datos utilizados.

Materiales y equipos

- **Equipos y materiales de laboratorio**
 - ✓ Balanza analítica
 - ✓ Estufa para el secado
 - ✓ Guantes Quirúrgicos
- **Equipos portátiles para medición de parámetros de campo**
 - ✓ Muestreador de alto volumen (HIVOL PM₁₀)
 - ✓ Filtros de Cuarzo
 - ✓ Silicona Dow N° 316
 - ✓ Cartilla de flujo para energía
 - ✓ Barómetro de pulgada de agua
 - ✓ Bolsas impermeables herméticas para filtros
 - ✓ Estabilizador y extensión
 - ✓ GPS
 - ✓ Cámara Fotográfica digital

- **Documentos Técnicos**

- ✓ Protocolo de calidad ambiental para del Aire
- ✓ Estándares de calidad del aire (D.S. 074-2001-PCM).
- ✓ Encuesta
- ✓ Mapa de zonificación de Pucallpa.
- ✓ Formatos de campo

3.7. Procedimientos

3.7.1 Evolución de las mediciones de material particulado (PM₁₀) y modelamiento del sistema.

A). Protocolo par muestreo de partículas en suspensión (PM₁₀) utilizando el equipo muestreador de alto volumen de flujo constante - Hivol.

El muestreo de las partículas respirables se realiza mediante un equipo denominado muestreador de alto volumen PM₁₀, el cual se basa en el principio de impactación inercial para clasificar las partículas según el tamaño deseado. El equipo consiste en un conjunto de tubos inyectoros circulares que se colocan en un plato de impactación (Ver fig.5-6).

Las dimensiones del impactador permiten que las partículas de diámetro menor o igual a 10 micrómetros sigan las líneas de la corriente del flujo de aire dirigiéndose a los tubos inyectoros, mientras que las partículas mayores, con suficiente inercia, se salgan de las líneas de corriente y se impacten contra el plato. Las partículas menores son depositadas en un filtro de cuarzo.

El equipo consta básicamente de un compartimento de impactación, una bomba de succión, un portafiltros, un registrador del flujo (o un dispositivo de medición del flujo en general) y un programador de tiempo de muestreo.

La concentración de la masa de las partículas respirables PM_{10} se calcula por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y el total del flujo de aire.

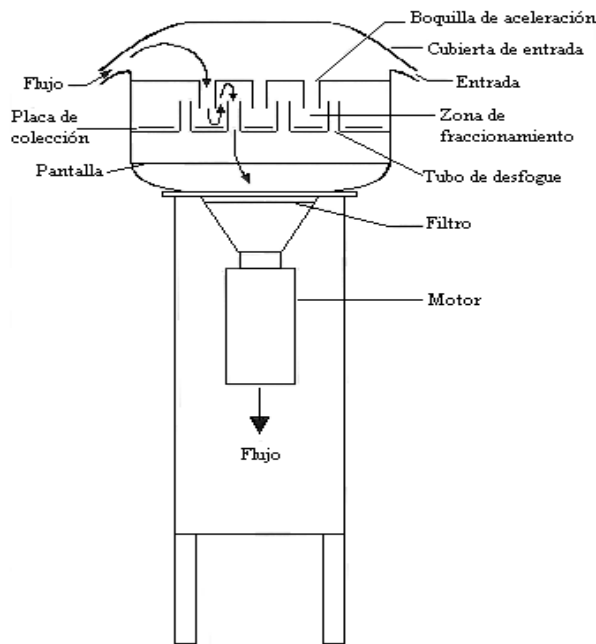


Figura 5. Partes del compartimiento de impactación del equipo PM_{10} .

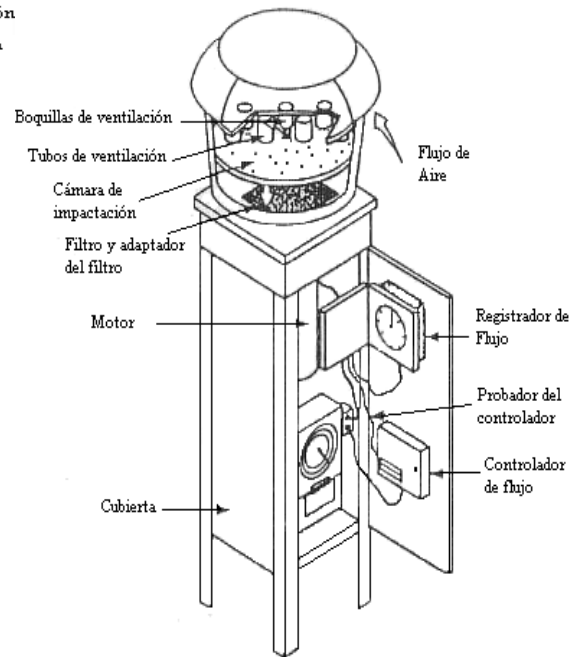


Figura 6. Elementos del equipo Muestreador de alto volumen PM_{10} .

El **protocolo** que se siguió para el estudio de investigación se realizó en función a la información básica disponible y de los diversos parámetros a evaluar, tomando en cuenta los criterios que garantizan que la información básica a analizar y se cumpla con los requisitos mínimos establecidos por los ECAS (estándares nacionales de calidad ambiental) del aire o estándares en base a la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Los criterios utilizados fueron:

- Se identificó los puntos críticos para el monitoreo en los tres distritos.
- Se aplicó los métodos convencionales de acuerdo al protocolo para la recolección de muestras de aire.
- Se utilizó en equipo HIVOL PM_{10} , bajo los criterios, considerando los parámetros de estación y el periodo de muestreo.

- Se realizó el análisis gravimétrico, utilizando las metodologías de evaluación requeridas.
- Se tomó la información y datos actualizados del área de estudio, considerando las condiciones cambiantes en el área de influencia (datos meteorológicos).

Adicionalmente se contó con información y datos tomados como fuente de Universidad Nacional de Ucayali, DESA-Ucayali, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Ucayali, para observar la variación temporal de los parámetros.

Los datos fueron interpretados en base a los estándares numéricos y narrativos. Los numéricos son identificados para un contaminante dado y expresados como valor máximo o un rango aceptable de valores. Los estándares narrativos describen condiciones umbrales de los parámetros ambientales evaluados.

B). Trabajo de campo

La evaluación de la calidad del aire se realizó desde el 22 de Noviembre 2017 hasta el 06 de Enero del 2018.

Se establecieron doce (12) estaciones de muestreo para la determinación de PM₁₀, Partículas Menores a 10 Micrones, Metales Pesados, con el equipo Hivol de Alto Volumen para partículas; a fin de determinar las concentraciones contaminantes de éstos en los distritos durante las 24 horas del día como establece el protocolo. Las determinaciones meteorológicas incluyen la medición de velocidad y dirección del viento, temperatura atmosférica, presión, puntos ge referenciados y humedad relativa.

C). Criterios para la selección de puntos

Según el protocolo de monitoreo de emisiones atmosféricas se recomiendan instalar el equipo Hivol PM₁₀ de acuerdo a barlovento y sotavento de los contaminantes; es decir, de dónde proviene y hacia dónde se dirige el viento.

Bajo ese concepto se aplicó en el presente estudio las consideraciones siguientes:

- Presencia de Industrias que contaminan, como aserraderos, carboneras, fábrica de triplay, etc
- Zonas de mayor tránsito y/o congestión vehicular.
- Zonas de gran presencia de personas, escolares.
- Calles pavimentadas y no pavimentadas.

D). Criterios de evaluación de los puntos de control

Se establecieron los puntos en elegidas a juicio de valor o intencionada, cumpliendo estrictamente el protocolo establecido.



3.8. Aspectos éticos

El investigador declara que todos los datos contenidos en la presente investigación son fehacientes, cumpliendo con el principio de legitimidad que todo profesional debe de poseer.

No habrá fraude, se mantendrá la confidencialidad en lo posible, no se copiara otro trabajo de investigación, no se manipulara los resultados obtenidos, entre otros.

- Se anexa las vitas fotográficas del trabajo de campo de los 12 puntos de muestreo.
- Se anexa las encuestas e pre test y post test realizadas a los trabajadores de DESA Pucallpa.

3.9. Tabulación

Para el trabajo de investigación se hizo uso de los resultados de las mediciones del trabajo de campo, se sistematizó y esto constituyo una de las variables más importantes para el diseño, modelamiento y simulación con software Vensim, asimismo se tabularon y procesaron los datos de pre test y post test con SPSS V-22.

3.10. Análisis de datos

Para el modelamiento del sistema

El objetivo de modelamiento desarrollado fue crear un modelo de simulación, tomando en cuenta distintos escenarios existentes en la contaminación del aire (PM_{10}), considerando las principales variables que sirva como una herramienta para prospectar al futuro.

Etapas consideradas

Esta Metodología presenta 9 etapas, las cuáles son:

1. Descripción del Sistema.
2. Diagrama Causal.
3. Cuadro de Variables.
4. Diagrama Forrester.
5. Sistema de Ecuaciones.

6. Calibrado del Modelo.
7. Análisis de Sensibilidad.
8. Dinámica de Sistemas Validación del Modelo.
9. Utilidad del Modelo.

Gráficamente, se visualiza a continuación:

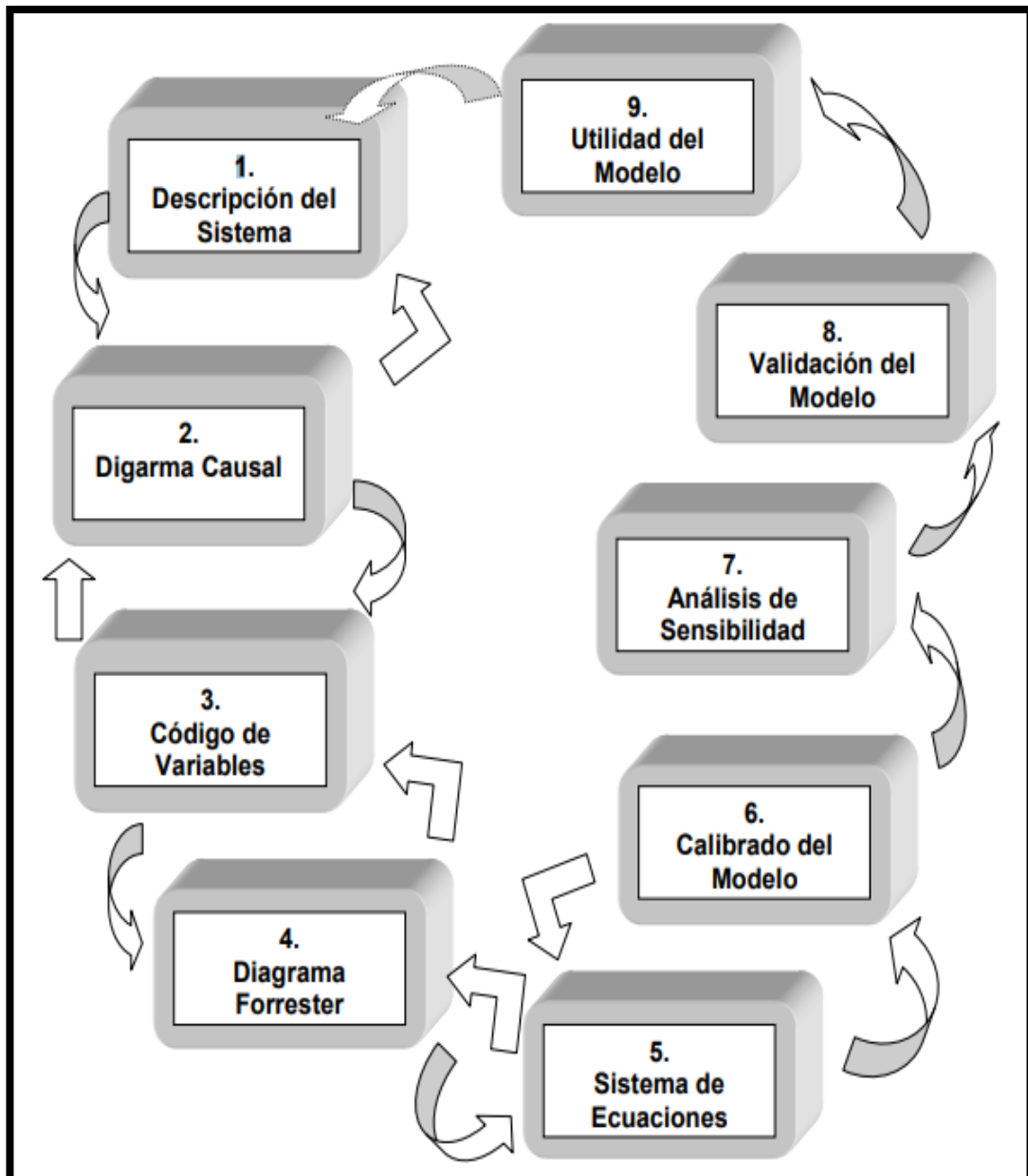


Figura 7: Etapas del Modelamiento del Sistema

A. Fase de conceptualización

Variables

1. Nacimientos.
2. Tasa de nacimiento.
3. Emigrantes.
4. Tasa de emigrantes.
5. Inmigrantes.
6. Tasa de inmigrantes.
7. Población.
8. Muertes.
9. Esperanza de vida.
10. Tasa de muerte por otras causas.
11. Muertes por enfermedades respiratorias.
12. Tasa de muertes por enfermedades respiratorias.
13. Personas enfermas.
14. Recuperados.
15. Tasa de recuperados.
16. Población Inmunes.
17. Tasa de Población inmunes
18. Infectados.
19. Tasa de infectados.
20. Índice de contaminación atmosférica.
21. Concentración PM_{10} .
22. Volumen aire.
23. Cantidad de PM_{10} .
24. Tasa de cantidad de PM_{10} .
25. Emisión de fábricas.
26. Tasa de emisión de fábricas.
27. Emisión parque vehicular.
28. Tasa de emisión de parque vehicular.
29. Emisión de población urbana.
30. Tasa de emisión de población urbana.
31. Población susceptible.

IDENTIFICACION DE VARIABLES

N° ORDEN	NOMBRE VARIABLE	TIPO VARIABLE	NEUMONICO	UNIDAD	OBS
01	Nacimientos	Flujo	Nac	Personas	----
02	Tasa de nacimiento	V.A	Tasa_Nac	%	----
03	Población	Nivel	Pob	Personas	----
04	Muertes	Flujo	Muerte	Personas	----
05	Tasa de muerte por otras causas	V.A	Tasa_Muert	%	----
06	Muertes por enfermedades respiratorias	Flujo	Muert_por_enferm	Personas	----
07	Tasa de muertes por enfermedades respiratorias	V.A	Tasa_Muert_por_e nferm	%	----
08	Personas enfermas	Nivel	Per_enferm	Personas	----
09	Recuperados	Flujo	Recup	Personas	----
10	Tasa de recuperados	V.A	Tasa_Recup	%	----
11	Infectados	Flujo	Infect	Personas	----
12	Tasa de infectados	V.A	Tasa_Infect	%	----
13	Índice de calidad del aire	V.A	Ind_Cal_Aire	--	----
14	Concentración PM10	V.A	Concent_PM10	$\frac{ug}{m^3}$	----
15	Emisión de fábricas	V.A	Emision_Fab	$\frac{ug}{m^3}$	----
16	Tasa de emisión de fábricas	V.A	Tasa_Emision_Fa b	%	----
17	Emisión parque vehicular	V.A	Emision_Vehic	$\frac{ug}{m^3}$	----
18	Tasa de emisión de parque vehicular	V.A	Tasa_Emision_Ve hic	%	----
19	Emisión de población urbana	V.A	Emision_Pob_Urb	$\frac{ug}{m^3}$	----
20	Tasa de emisión de población urbana	V.A	Tasa_Emision_Po b_Urb	%	----
21	Emisión de calles no pavimentadas	V.A	Emision_Call_Pav	$\frac{ug}{m^3}$	
22	Tasa de calles no pavimentadas	V.A	Tasa_Emision_Cal l_Pav	%	

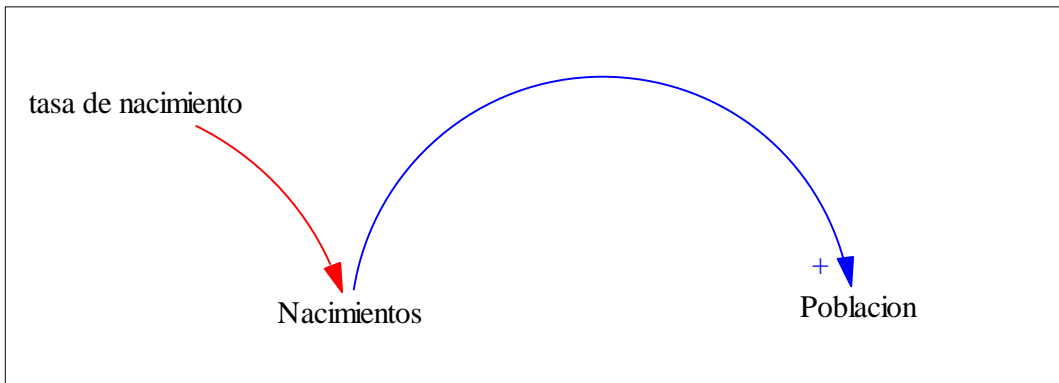
DESCRIPCION DE VARIABLES

N° ORDEN	NOMBRE VARIABLE	DESCRIPCION
01	Nacimientos	Nacimientos de personas en la ciudad de Pucallpa.
02	Tasa de nacimiento	Cantidad porcentual de nacimiento de personas.
03	Población	Personas que viven en la ciudad de Pucallpa.
04	Muertes	Personas que pierden la vida en la ciudad de Pucallpa.
05	Tasa de muerte por otras causas	Cantidad porcentual que representa la cantidad de muertes por motivos diferentes a enfermedades respiratorias causadas por las partículas PM10.
06	Muertes por enfermedades respiratorias	Personas que perdieron la vida a causa de las partículas PM10.
07	Tasa de muertes por enfermedades respiratorias	Cantidad porcentual que representa la cantidad de muertes a causa de las enfermedades respiratorias.
08	Personas enfermas	Personas que se encuentran enfermas de diversas cosas.
09	Recuperados	Personas que se recuperaron de enfermedades causadas por las partículas PM10.
10	Tasa de recuperados	Cantidad porcentual de personas que se recuperaron de enfermedades causadas por las partículas PM10.
11	Infectados	Personas infectadas por enfermedades a causa de las partículas PM10.
12	Tasa de infectados	Cantidad porcentual de personas infectadas por enfermedades a causa de las partículas PM10.
13	Índice de calidad del aire	Índice de calidad del aire representa la calidad del aire en atmosférica.
14	Concentración de PM10	Concentración de partículas PM10 en (ug/m3).
15	Emisión de fábricas	Cantidad en toneladas de partículas PM10 emitidas por las fábricas cada año.
16	Tasa de emisión de fábricas	Cantidad porcentual de la emisión de partículas PM10 por las fábricas.
17	Emisión parque vehicular	Cantidad en toneladas de partículas PM10 emitidas por el parque automotor cada año.
18	Tasa de emisión de parque vehicular	Cantidad porcentual de la emisión de partículas PM10 por las el parque vehicular.
19	Emisión de población urbana	Cantidad en toneladas de partículas PM10 emitidas por la población cada año.
20	Tasa de emisión de población urbana	Cantidad porcentual de la emisión de partículas PM10 por la población.

21	Emisión de calles no pavimentadas	Emisión de partículas PM10 mediante el polvo que generan las calles no pavimentadas.
22	Tasa de calles no pavimentadas	Tasa de Emisión de partículas PM10 mediante el polvo que generan las calles no pavimentadas.

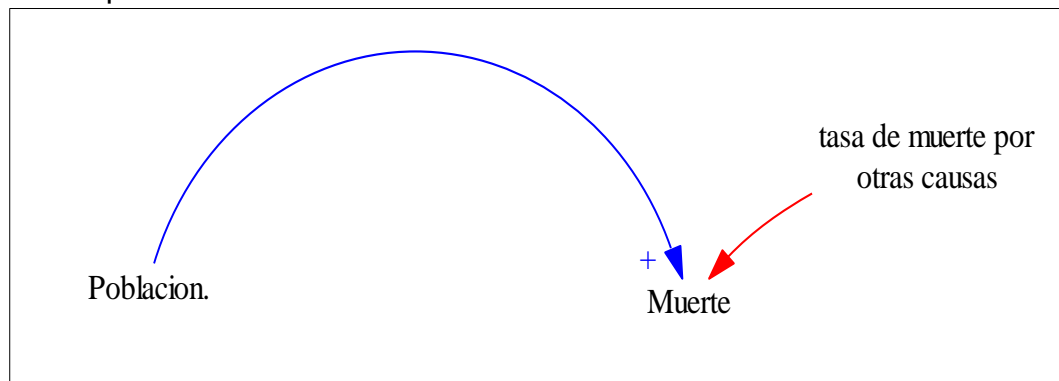
RELACIÓN ENTRE VARIABLES:

A más nacimientos más población:



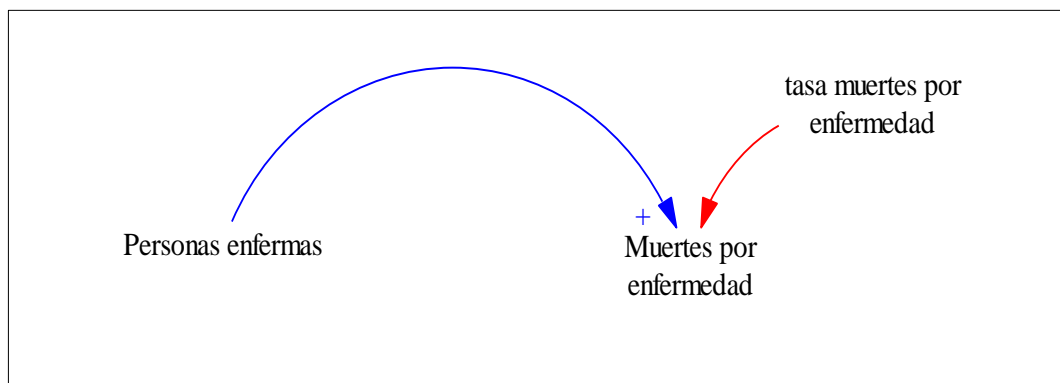
Relación entre nacimientos y población.

A más población más muertes:



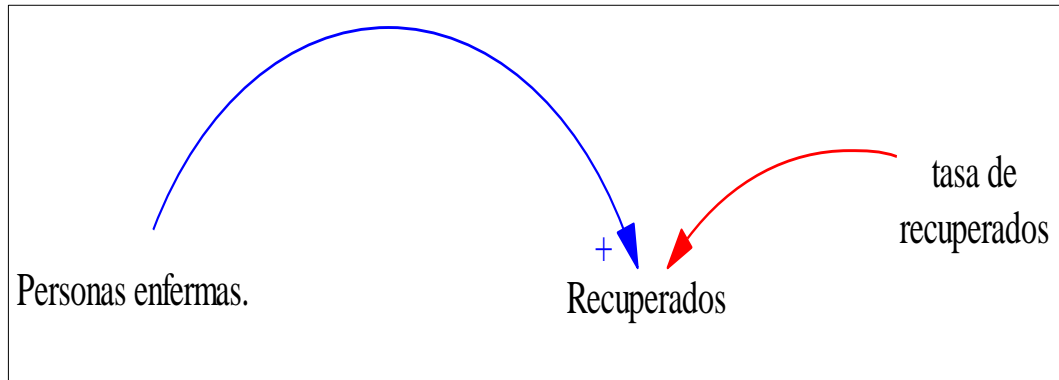
Relación entre población y muerte.

A más personas enfermas más muertes por enfermedad:



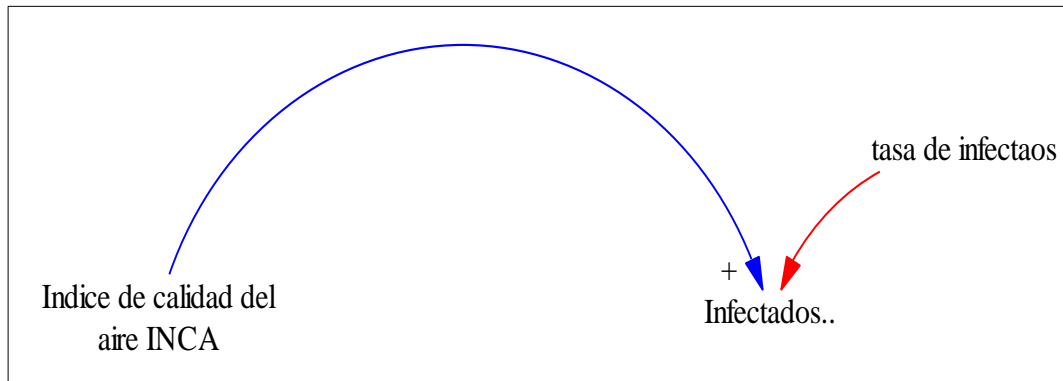
Relación entre personas enfermas y muertes por enfermedad.

A más personas enfermas más personas recuperadas:



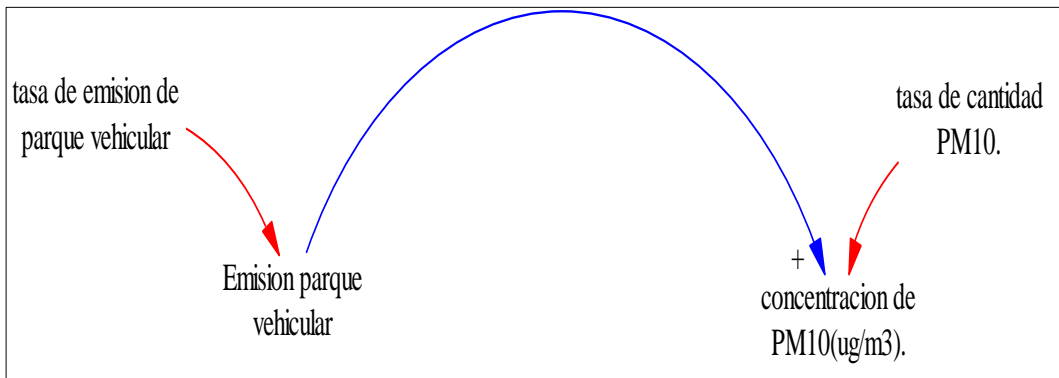
Relación entre personas enfermas y recuperadas.

A mayor índice de índice de calidad del aire INCA



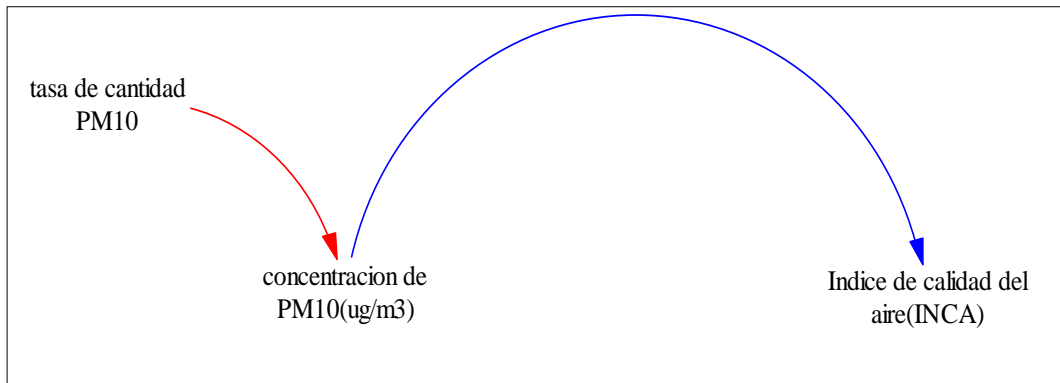
Relación entre índice de calidad del aire INCA e infectados.

A mayor emisión por parte de la población urbana mayor concentración de partículas PM10:



Relación entre emisión de población urbana y concentración de PM10.

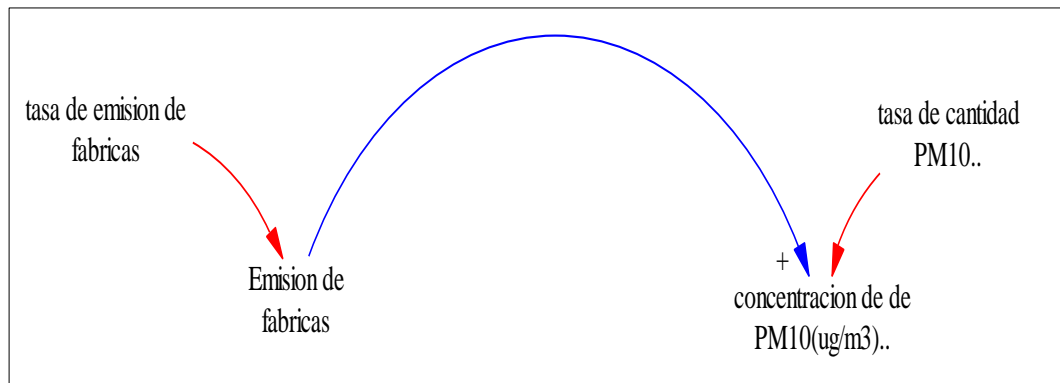
A mayor concentración de las partículas PM10 mayor índice de calidad del



aire:

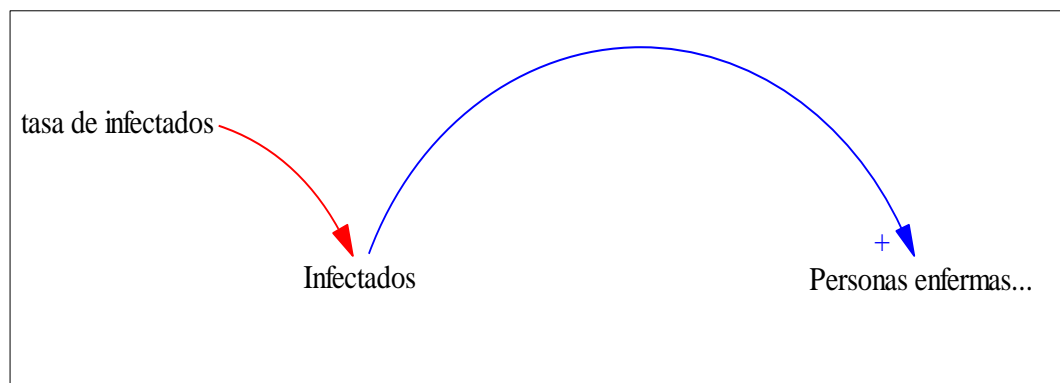
Relación entre concentración de PM10 y índice de calidad del aire.

A mayor emisión de fábricas mayor concentración de partículas PM10:



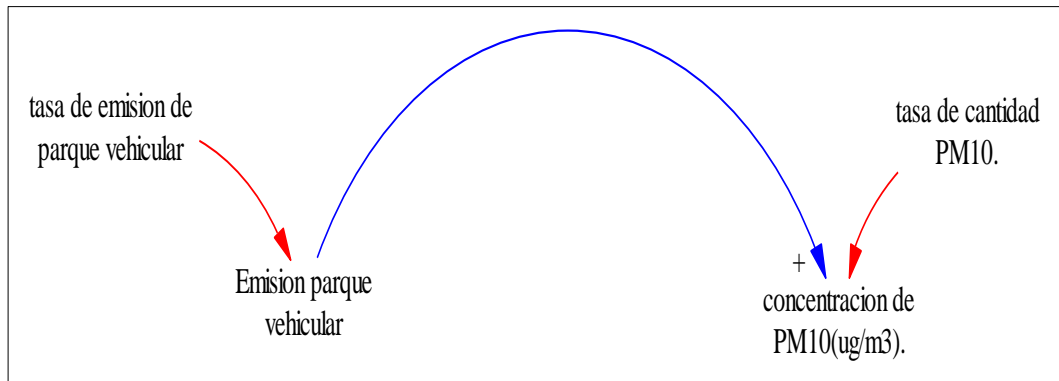
Relación entre emisión de fábricas y concentración de PM10.

A mayor infectados mayor cantidad de personas enfermas:



Relación entre infectados y personas enfermas.

A mayor emisión del parque vehicular mayor concentración de partículas PM10:



Relación entre emisión de parque vehicular y concentración de PM10.

Figura 8: Diagrama Causal

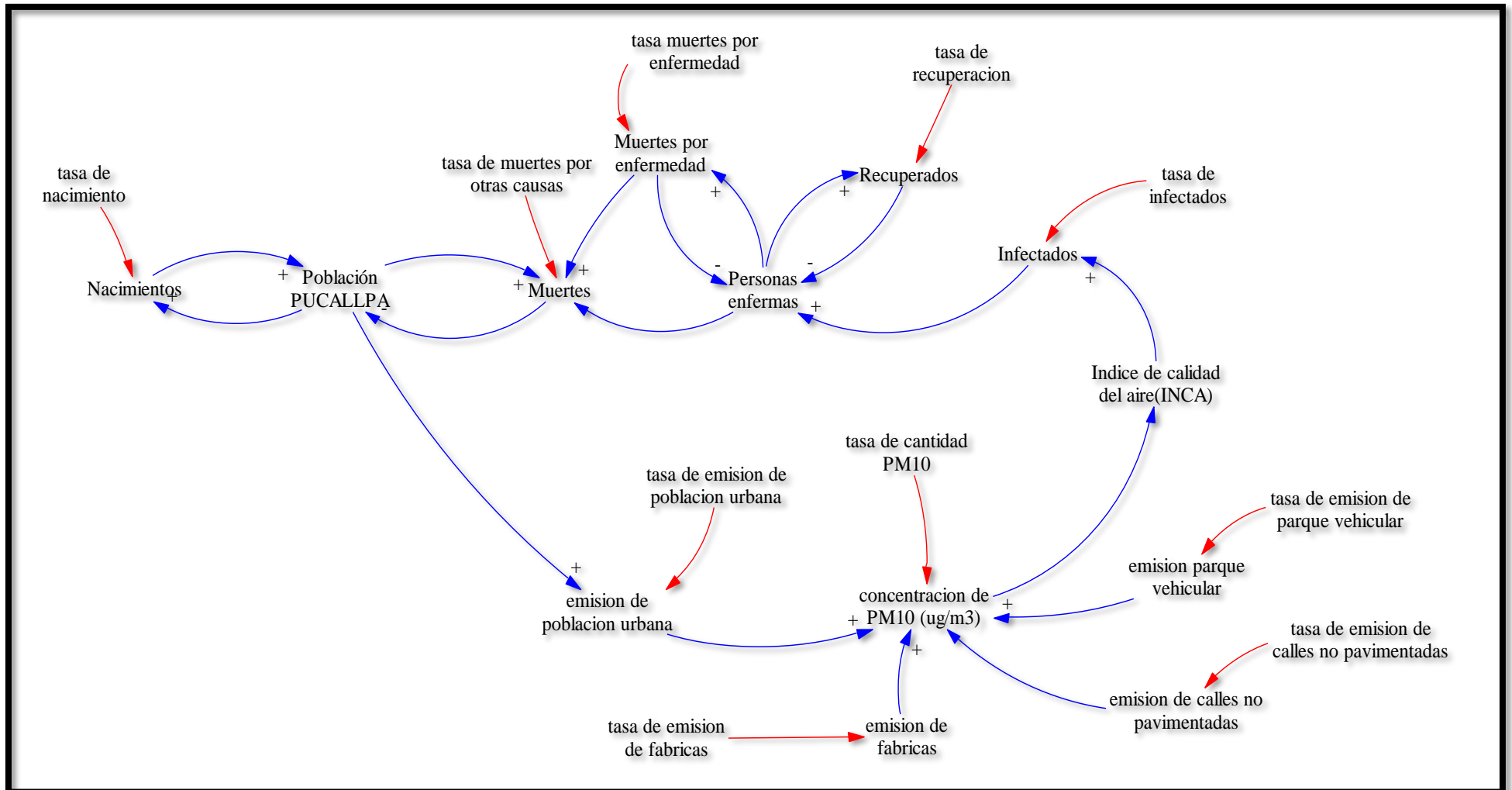
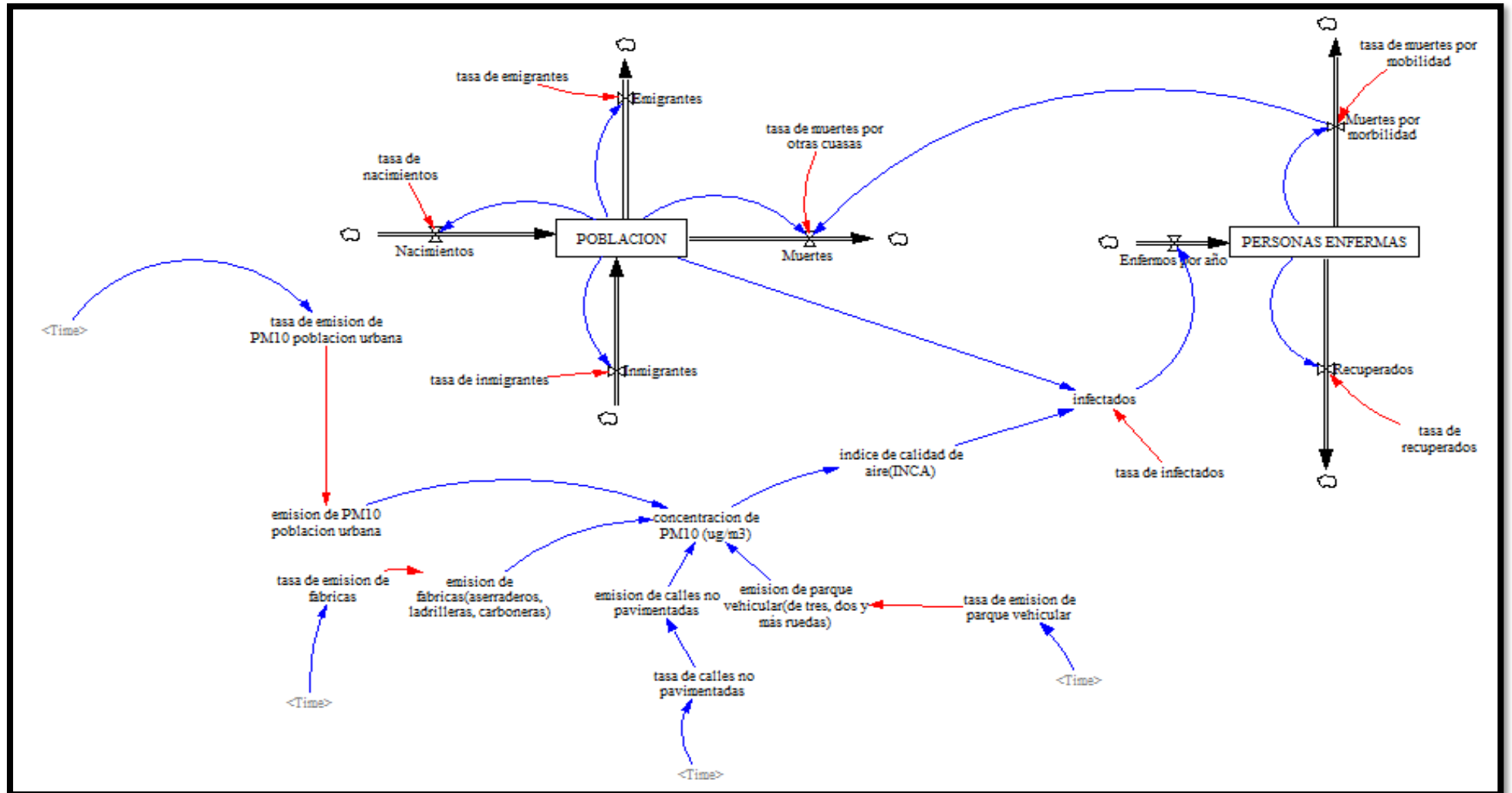
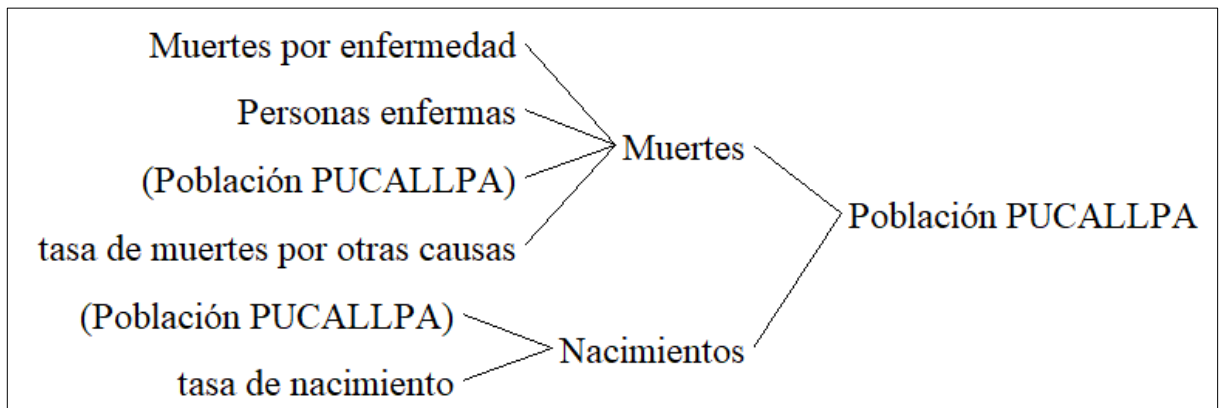


Figura 9: Fase De Formulación: Diagrama De Forrester

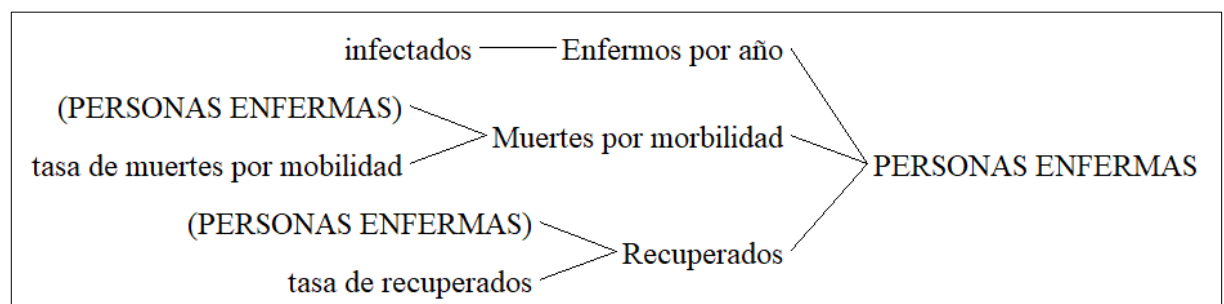


Árbol de variables:

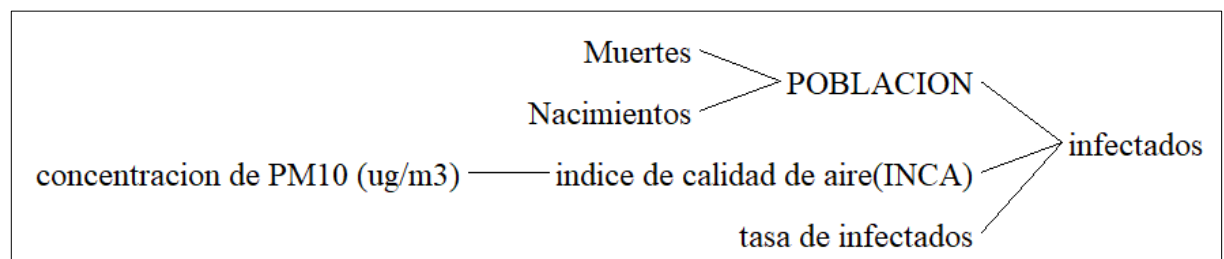
Árbol de variables con respecto a la población.



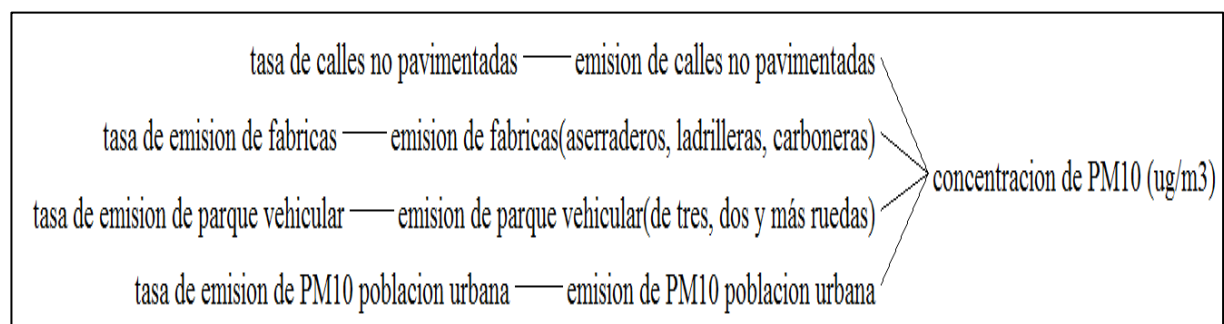
Árbol de variables con respecto a personas enfermas.



Árbol de variables con respecto a infectados.



Árbol de variables con respecto a la concentración de PM10.

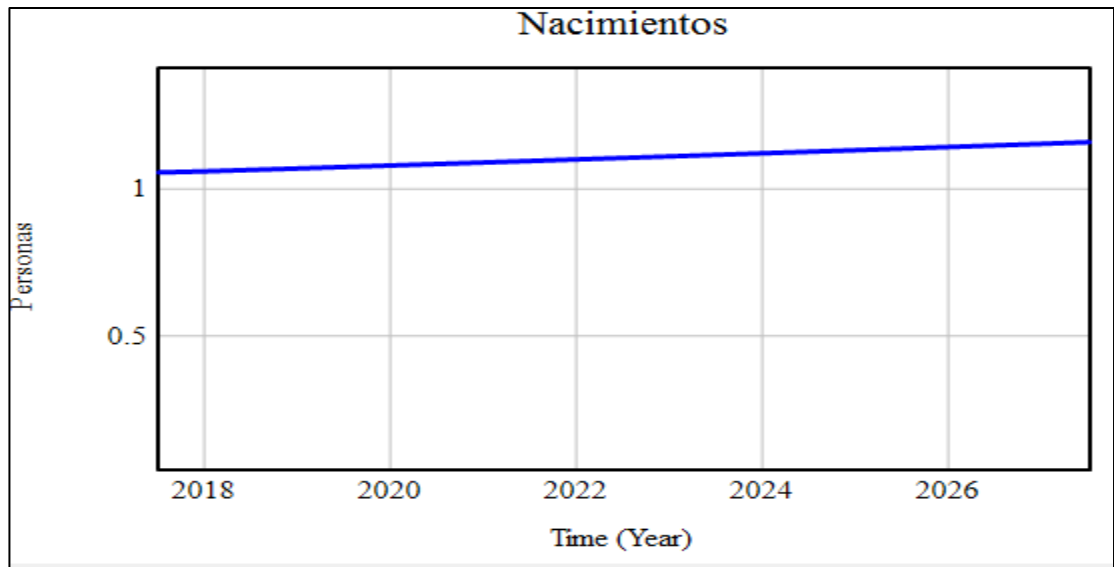
**GRAFICOS Y RESULTADOS**

A continuación mostramos en forma gráfica la simulación del modelo planteado.

Nacimientos:

Time (Year)	"Nacimientos"	Nacimientos
2017	Runs:	1.05266
2018	simulacion	1.06056
2019		1.07018
2020		1.08025
2021		1.0905
2022		1.10086
2023		1.11133
2024		1.1219
2025		1.13257
2026		1.14334
2027		1.15421
2028		1.16519

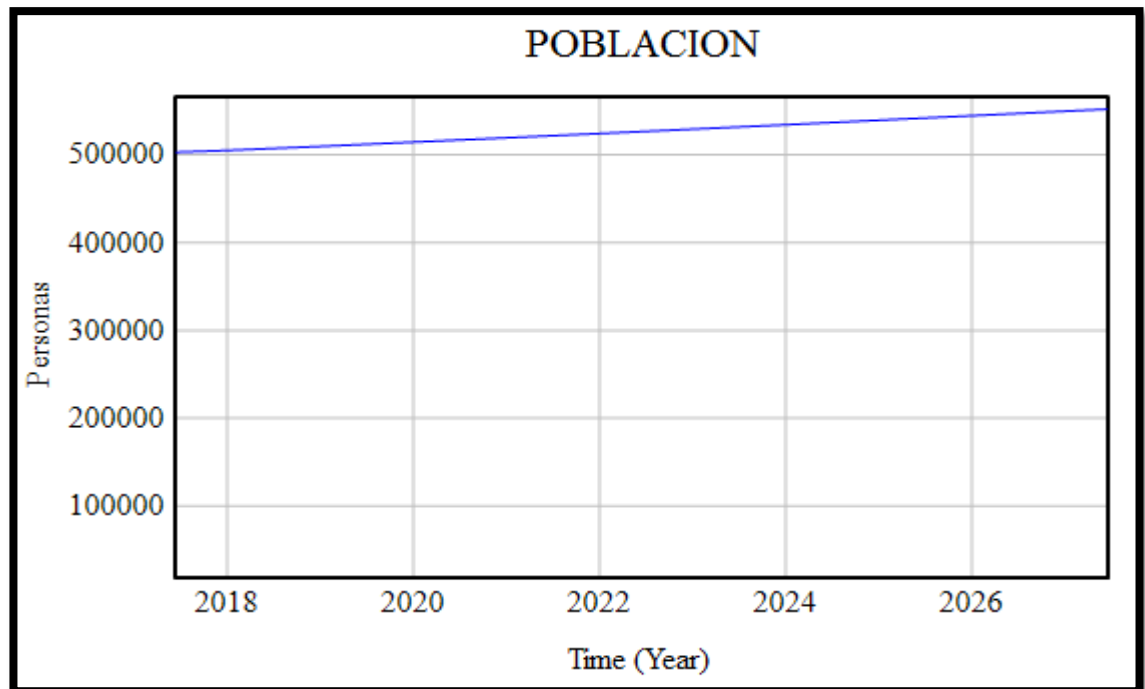
Figura 10: Curva de nacimientos



Fuente: Elaboración propia.

Población:

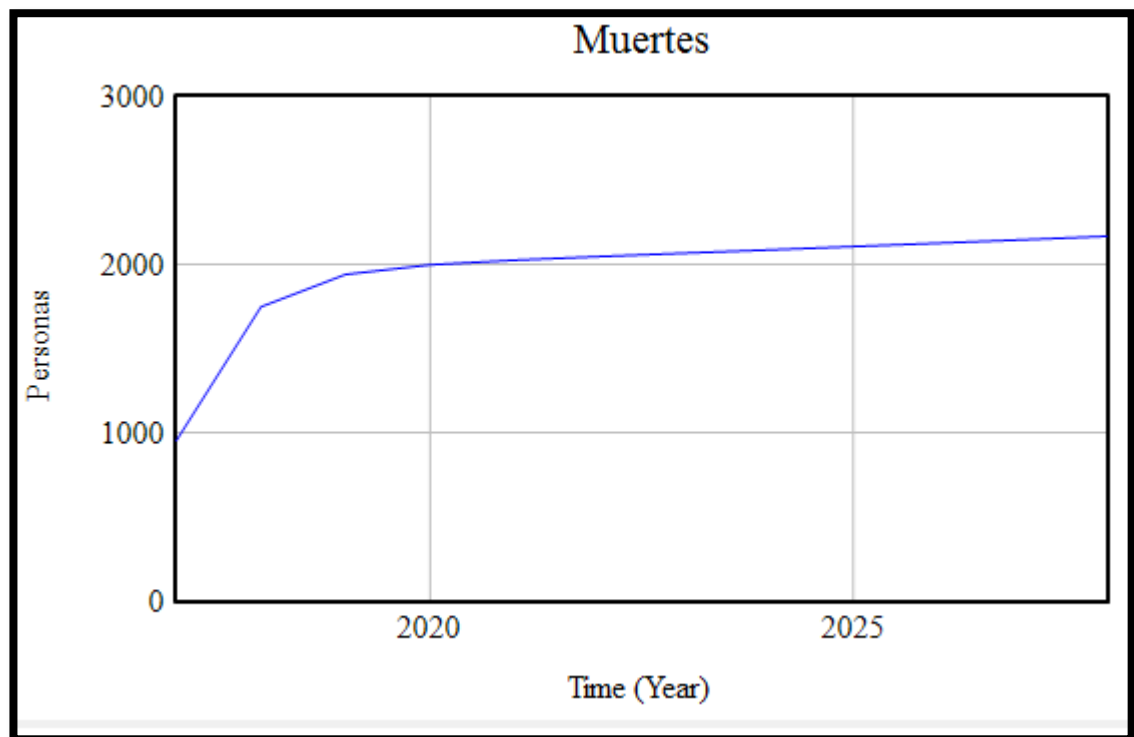
Time (Year)	"POBLACIO N" Runs:	POBLACION
2017		501269
2018	simulacion	505030
2019		509608
2020		514404
2021		519285
2022		524221
2023		529205
2024		534238
2025		539318
2026		544447
2027		549624
2028		554851

Figura 11: Curva de Población

Fuente: Elaboración propia.

Muertes:

Time (Year)	Selected Variables	Muertes
2017		952.411
2018	Runs:	1749.05
2019	simulacion	1941.31
2020		1998.94
2021		2026.68
2022		2047.9
2023		2067.81
2024		2087.57
2025		2107.45
2026		2127.49
2027		2147.72
2028		2168.15

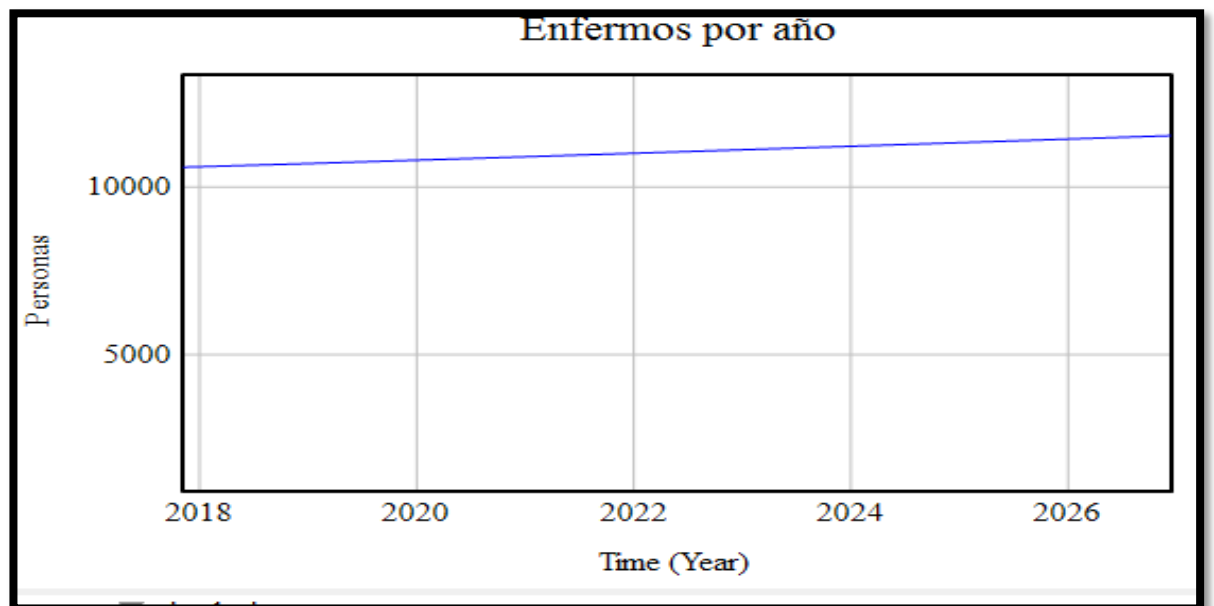
Figura 12: Curva de muertes

Fuente: Elaboración propia.

Personas Enfermas:

Time (Year)	"Enfermos por año" Runs: simulacion	Enfermos por año
2017		10526.6
2018		10605.6
2019		10701.8
2020		10802.5
2021		10905
2022		11008.6
2023		11113.3
2024		11219
2025		11325.7
2026		11433.4
2027		11542.1
2028		11651.9

Figura 13: Curva de personas enfermas

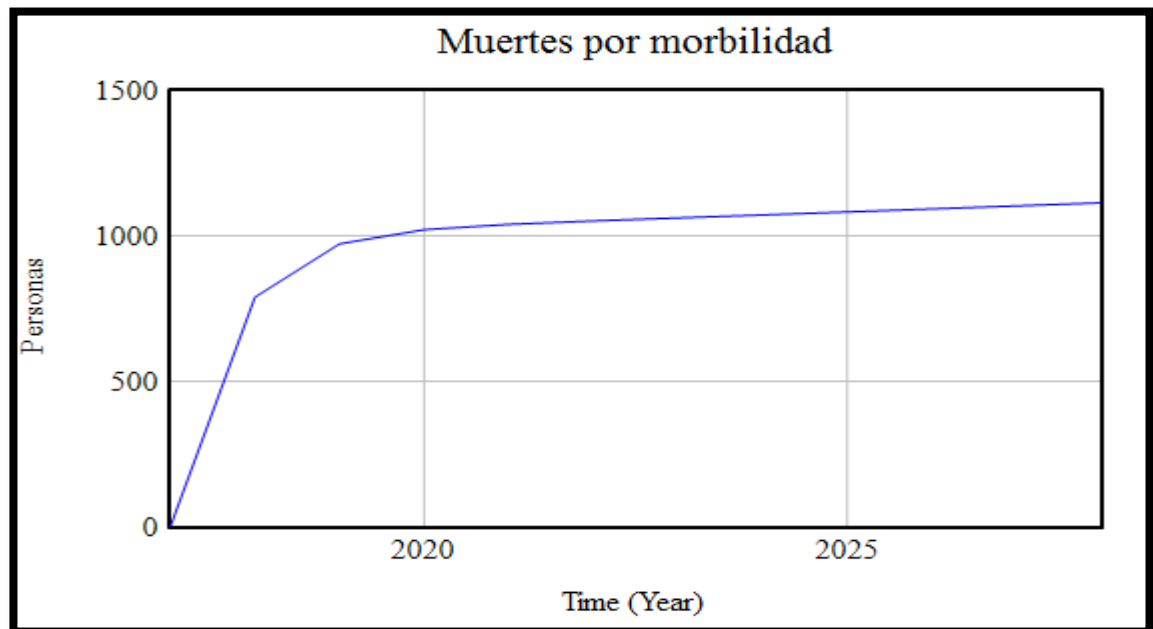


Fuente: Elaboración propia.

Muertes por Morbilidad:

Time (Year)	"Muertes por morbilidad"	Muertes por morbilidad
2017		0
2018	Runs:	789.499
2019	simulacion	973.059
2020		1021.57
2021		1040.04
2022		1051.88
2023		1062.32
2024		1072.52
2025		1082.74
2026		1093.04
2027		1103.44
2028		1113.93

Figura 14: Curva de Muertes por Morbilidad

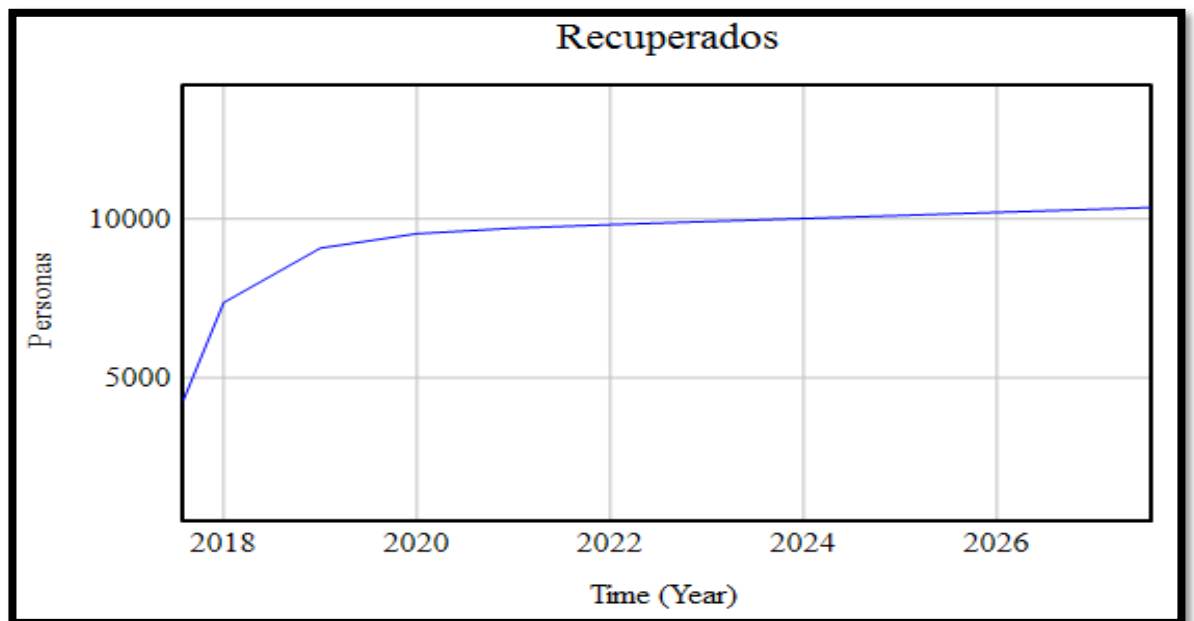


Fuente: Elaboración propia.

Recuperados:

Time (Year)	"Recuperados	Recuperados
2017	" Runs:	0
2018	simulacion	7368.65
2019		9081.88
2020		9534.66
2021		9707.04
2022		9817.57
2023		9914.99
2024		10010.2
2025		10105.6
2026		10201.7
2027		10298.8
2028		10396.7

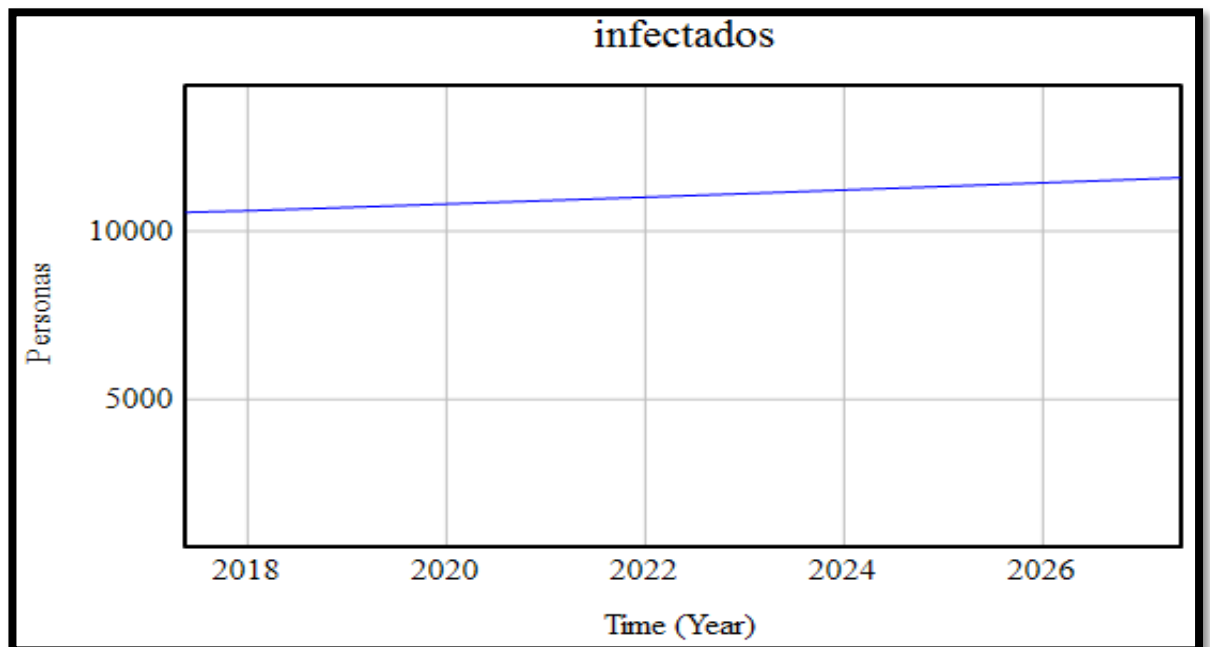
Figura 15: Curva de recuperados



Fuente: Elaboración propia.

Infectados:

Time (Year)	"infectados"	infectados
2017	Runs:	10526.6
2018	simulacion	10605.6
2019		10701.8
2020		10802.5
2021		10905
2022		11008.6
2023		11113.3
2024		11219
2025		11325.7
2026		11433.4
2027		11542.1
2028		11651.9

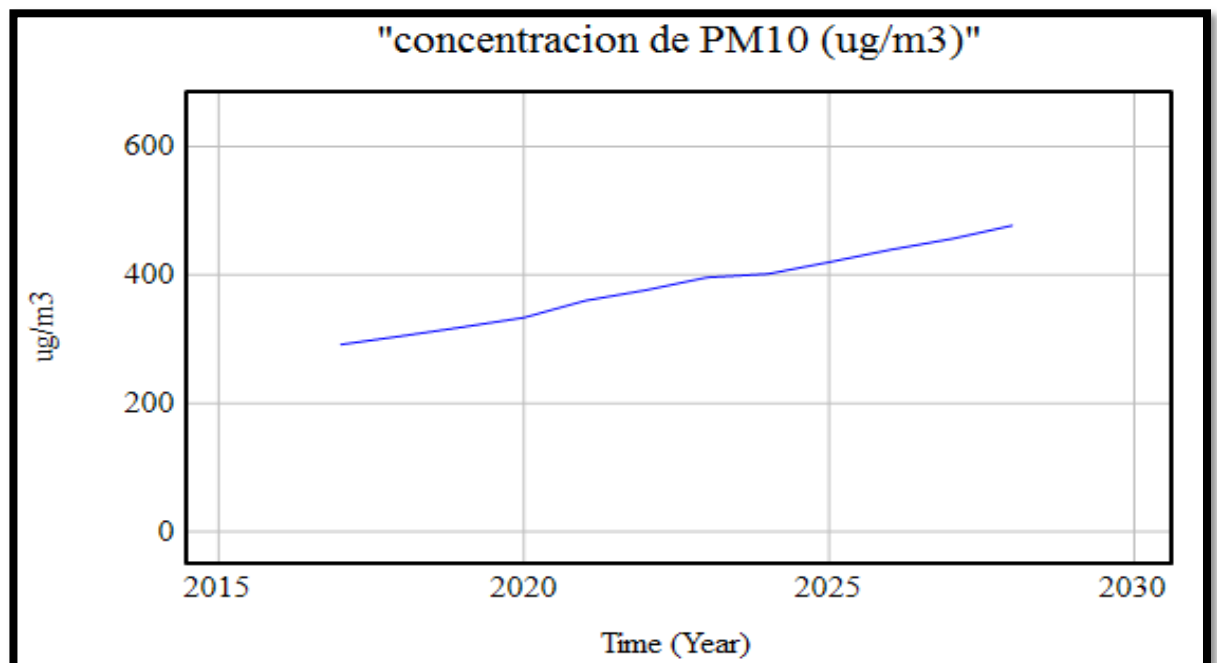
Figura 16: Curva de infectados

Fuente: Elaboración propia.

Concentración de PM-10

Time (Year)	"concentracion de PM10 (ug/m3)"	"concentracion de PM10 (ug/m3)"
2017	291.4	291.4
2018	304.746	304.746
2019	Runs: 318.704	318.704
2020	simulacion 333.3	333.3
2021	359.74	359.74
2022	376.216	376.216
2023	396.066	396.066
2024	401.424	401.424
2025	419.808	419.808
2026	439.038	439.038
2027	456.012	456.012
2028	476.897	476.897

Figura 17: Curva de concentración de PM10

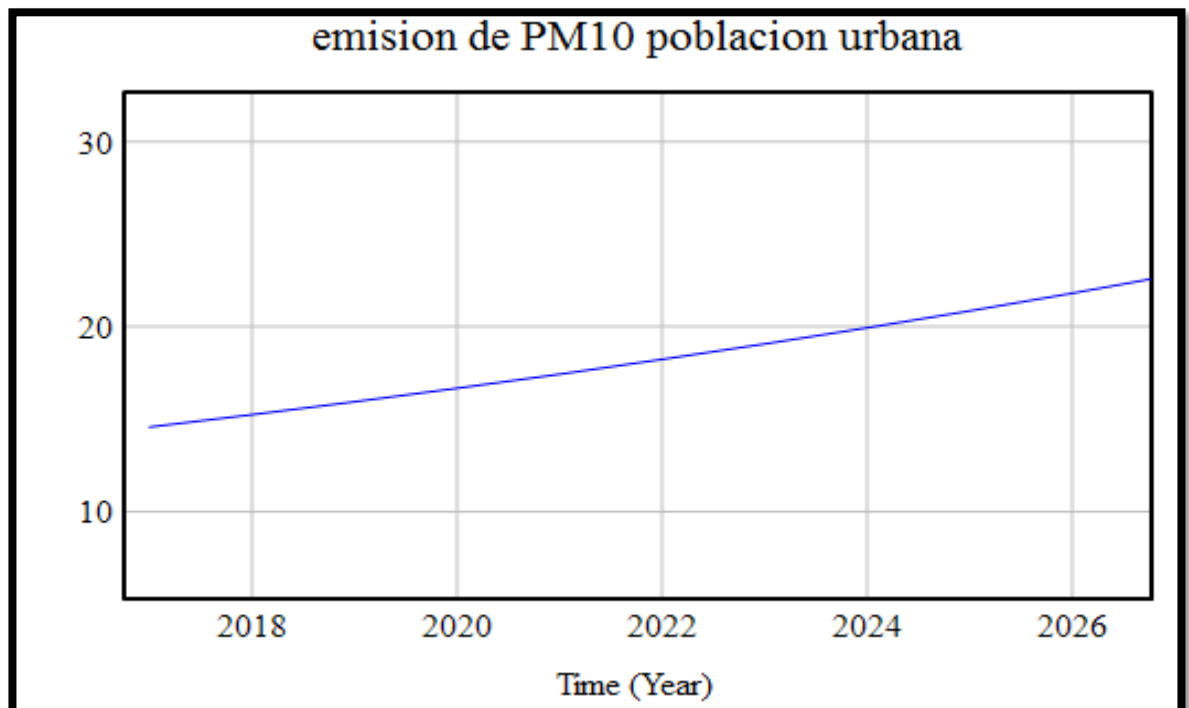


Fuente: Elaboración propia.

Emisión de PM10 por la población urbana:

Time (Year)	"emision de PM10 poblacion urbana" Runs:	emision de PM10 poblacion urbana
2017		14.57
2018		15.2373
2019		15.9352
2020	simulacion	16.665
2021		17.4283
2022		18.2265
2023		19.0613
2024		19.9343
2025		20.8472
2026		21.8021
2027		22.8006
2028		23.8449

Figura 18: Curva de emisión de PM10 Población Urbana

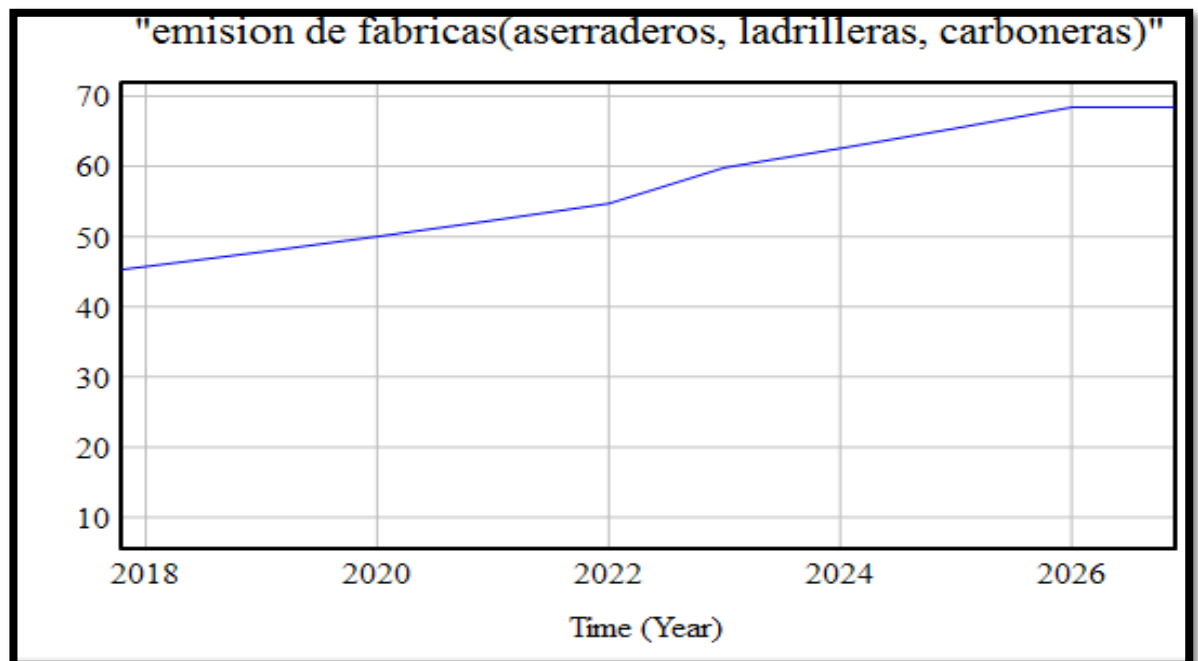


Fuente: Elaboración propia.

Emisión de PM10 por parte de fábricas (aserraderos, ladrilleras y carboneras):

Time (Year)	"emision de fabricas(aserraderos, ladrilleras, carboneras)"	"emision de fabricas(aserraderos, ladrilleras, carboneras)"
2017	43.71	43.71
2018	45.7119	45.7119
2019	47.8056	47.8056
2020	49.9949	49.9949
2021	Runs:	52.2847
2022	simulacion	54.6795
2023		59.8029
2024		62.5417
2025		65.4062
2026		68.4018
2027		68.4018
2028		71.5346

Figura 19: Curva de emisión de fábricas

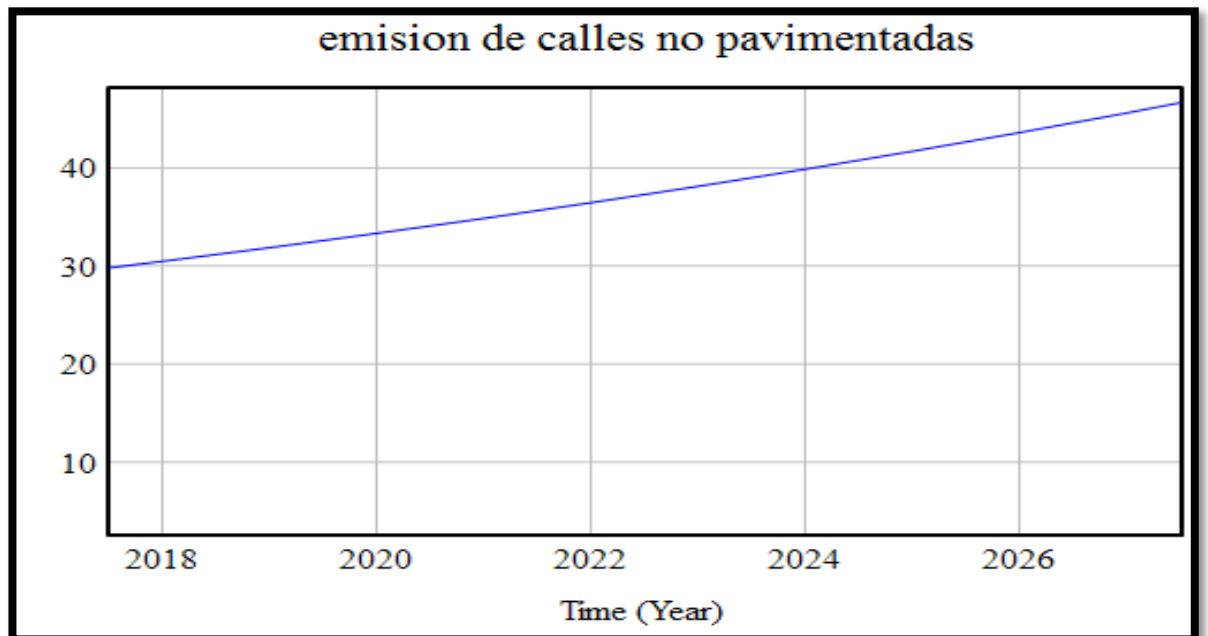


Fuente: Elaboración propia.

Emisión de PM10 por parte de calles no pavimentadas:

Time (Year)	"emision de calles no pavimentadas" Runs: simulacion	emision de calles no pavimentadas
2017		29.14
2018		30.4746
2019		31.8704
2020		33.33
2021		34.8564
2022		36.453
2023		38.1224
2024		39.8685
2025		41.6944
2026		43.6042
2027		45.6012
2028		47.6896

Figura 20: Curva de emisión de calles no pavimentadas

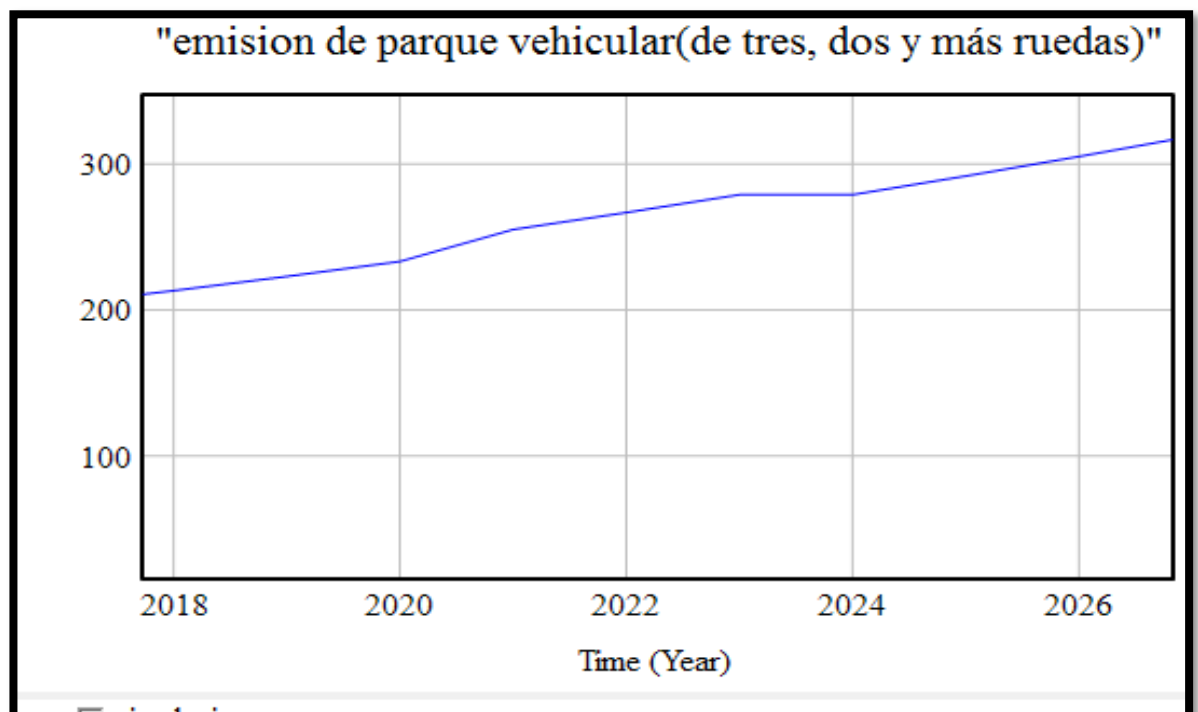


Fuente: Elaboración propia.

Emisión de PM10 por parte del parque vehicular (de dos, tres y más ruedas):

Time (Year)	"emision de parque vehicular(de tres, dos y más ruedas)" Runs: simulacion	"emision de parque vehicular(de tres, dos y más ruedas)"
2017		203.98
2018		213.322
2019		223.092
2020		233.31
2021		255.171
2022		266.857
2023		279.08
2024		279.08
2025		291.86
2026		305.23
2027		319.208
2028		333.828

Figura 21: Curva de emisión parque vehicular



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis descriptivo

4.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo

Para georeferenciar el punto de muestreo se hizo un recorrido de la zona, tomando en consideración lugares aledaños a establecimientos de salud, fábricas de triplay, Instituciones Educativas, calles con mayor concentración de vehículos y personas; considerando también la dirección de viento predominante en la zona (norte - sur), tanto a barlovento y sotavento.

A continuación se muestra en la tabla 07 las coordenadas exactas de las evaluaciones realizadas de PM₁₀, determinadas con GPS Map 64s.

TABLA 07: COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

DISTRITOS	DIRECCION DEL PUNTO DE MONITOREO	ESTACIONES DE MEDICION	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m)
			X	Y	
Calleria	Entre Av. San Martin y 7 Junio	E-1	551484.97	9072967.45	154
	Entre Jr. 7 de Junio y la Av. Sáenz Peña	E-2	550784.14	9073423.01	154
	Entre Av. Centenario y Av. Colonización	E-3	549735.04	9073135.98	156
	Entre Av. Amazonas y Arborización	E-4	547359.76	9072911.82	153
Manantay	Entre Av. Túpac Amaru y Jr. Daniel Alcides Carrión	E-5	550434.06	9071440.18	154
	Av. Túpac Amaru y Av. Colonización	E-6	549614.44	9071634.27	149
	Av. Aviación y Av. Túpac Amaru	E-7	548156.7	9071625.83	151
	Av. Colonización y Av. Yoque Yupanqui	E-8	549770.26	9072426.1	152
Yarinacocha	Entre Av. Unión y Jr. Guillermo Sisley.	E-9	550472.44	9074104.47	154
	Av. Miraflores y Av. Arborización	E-10	547546.12	9074292.41	157
	Entre Av. Yarinacocha y Jr. Callao	E-11	547466.93	9075635.57	156
	Av. 2 de mayo y Jr. Los Pinos	E-12	545200.99	9074777.67	154


4.1.2. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES DE 10 MICRAS (PM₁₀) EN CALLERIA.

DISTRITO	ESTACIONES DE MEDICION	DIRECCION DEL PUNTO DE MONITOREO	CONTAMINANTE	EQUIPO: HIVOL PM10	RESULTADOS DE PM10 (ug/m3)	MEDIA (ug/m3)
Calleria	E-1	Entre Av. San Martin y 7 Junio	PM10		257.6	257.2
	E-2	Entre Jr. 7 de Junio y la Av. Sáenz Peña			253.9	
	E-3	Entre Av. Centenario y Av. Colonización			255.6	
	E-4	Entre Av. Unión y Jr. Guillermo Sisley.			261.7	

Los resultados de la concentración del material particulado de las estaciones de medición (E1 – E4), son las medias o promedios de mediciones de tres días consecutivos y la media general de Calleria fue de 257.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un nivel de alerta considerado como de **CUIDADO** según el D.S.N°- 009-2003-SA.

Con este resultado se obtuvo un índice de calidad de aire (INCA) de 171.46, con una calificación de **Umbral de cuidado**. Cuidados, la población sensible podría experimentar problemas de salud, la población en general podría sentirse afectada. La recomendación es mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.


4.1.3. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES DE 10 MICRAS (PM₁₀) EN MANANTAY

DISTRITO	ESTACIONES DE MEDICION	DIRECCION DEL PUNTO DE MONITOREO	CONTAMINANTE	EQUIPO: HIVOL PM10	RESULTADOS DE PM10 (ug/m3)	MEDIA (ug/m3)
Manantay	E-5	Entre Av. Túpac Amaru y Jr. Daniel Alcides Carrión	PM10		370.5	275.9
	E-6	Av. Túpac Amaru y Av. Colonización			248.4	
	E-7	Av. Aviación y Av. Túpac Amaru			236.8	
	E-8	Av. Colonización y Av. Yoque Yupanqui			247.8	

Los resultados de la concentración del material particulado de las estaciones de medición (E5 – E8), son las medias o promedios de mediciones de tres días consecutivos y la media general de Manantay fue de 275.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un nivel de alerta considerado como de **CUIDADO** según el D.S.N°- 009-2003-SA.

Con este resultado se obtuvo un índice de calidad de aire (INCA) de 183.93, con una calificación de **Umbral de Cuidado**. La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares. Recomendaciones, reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de efectos serios en la Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003-SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA.

4.1.4. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES DE 10 MICRAS (PM₁₀) EN YARINACOCHA.




DISTRITO	ESTACIONES DE MEDICION	DIRECCION DEL PUNTO DE MONITOREO	CONTAMINANTE	EQUIPO: HIVOL PM10	RESULTADOS DE PM10 (ug/m3)	MEDIA (ug/m3)
Yarinacocha	E-9	Entre Av. Amazonas y Arborización	PM10		360.8	341.3
	E-10	Av. Miraflores y Av. Arborización			333.6	
	E-11	Entre Av. Yarinacocha y Jr. Callao			322.4	
	E-12	Av. 2 de Mayo y Jr. Los Pinos			348.2	

Los resultados de la concentración del material particulado de las estaciones de medición (E9 – E12), son las medias o promedios de mediciones de tres días consecutivos y la media general de Yarinacocha fue de 341.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un nivel de alerta considerado como de **CUIDADO** según el D.S.N°- 009-2003-SA.

En el punto de monitoreo entre las intersecciones de la Av. Amazonas y Arborización, muestra el índice más alto (360.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), con un nivel de alerta considerado como PELIGRO, esto es debido a que se encuentra una empresa triplayera a pocos metros donde se ubicó el punto.

Con este resultado se obtuvo un índice de calidad de aire (INCA) de 227.53, con una calificación de **Umbral de Cuidado**. La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares. Recomendaciones, reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de efectos serios en la Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003-SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA.

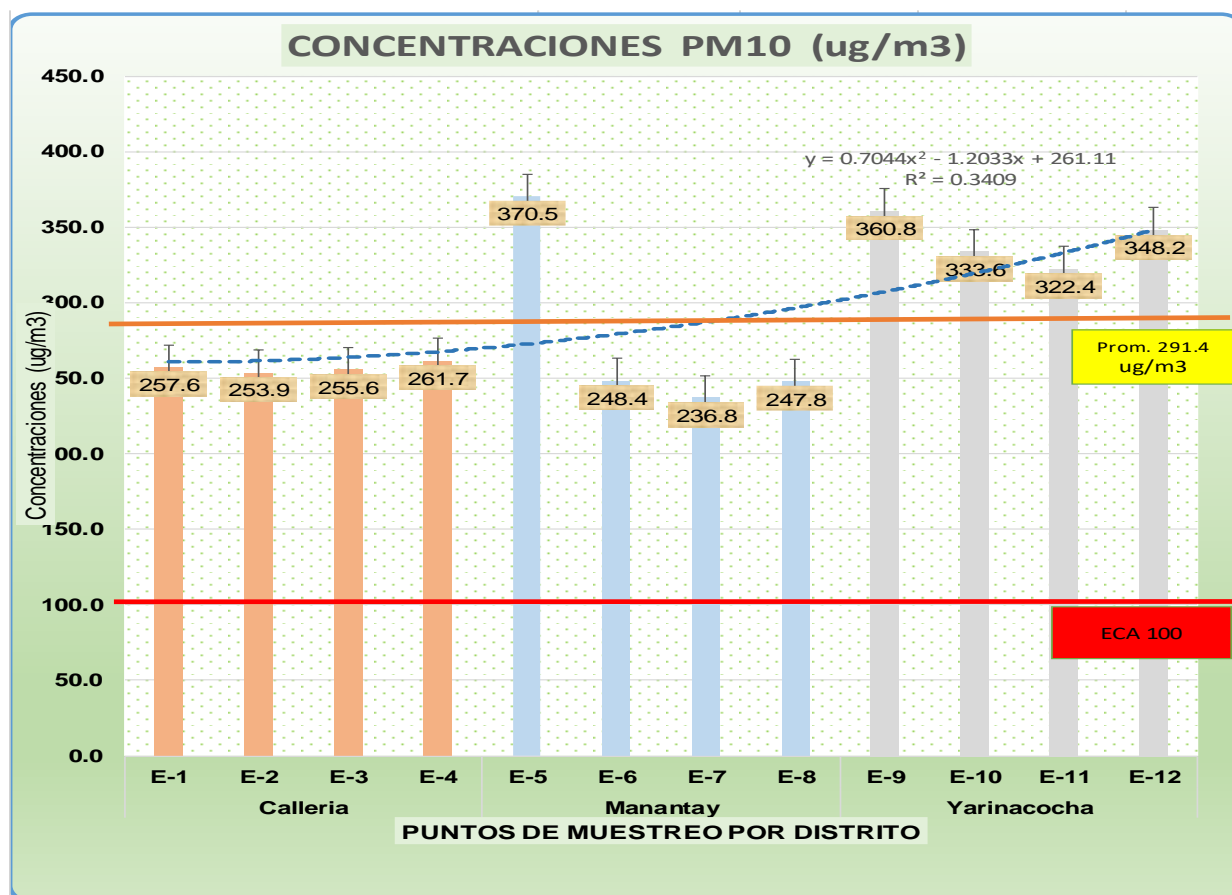
TABLA 08: RESUMEN DE MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES DE 10 MICRAS (PM₁₀) EN PUCALLPA.

DISTRITO	ESTACIONES DE MEDICION	DIRECCION DEL PUNTO DE MONITOREO	CONTAMINANTE	EQUIPO: HÍVOL PM10	RESULTADOS DE PM10 (ug/m ³)	MEDIA (ug/m ³)	MEDIA GENERAL (ug/m ³)	ECA
Calleria	E-1	Entre Av. San Martín y 7 Junio	PM10		257.6	257.2	291.4	100 (ug/m ³)
	E-2	Entre Jr. 7 de Junio y la Av. Sáenz Peña			253.9			
	E-3	Entre Av. Centenario y Av. Colonización			255.6			
	E-4	Entre Av. Unión y Jr. Guillermo Sysley.			261.7			
Manantay	E-5	Entre Av. Túpac Amaru y Jr. Daniel Alcides Carrión	PM10		370.5	275.9		
	E-6	Av. Túpac Amaru y Av. Colonización			248.4			
	E-7	Av. Aviación y Av. Túpac Amaru			236.8			
	E-8	Av. Colonización y Av. Yoque Yupanqui			247.8			
Yarinacocha	E-9	Entre Av. Amazonas y Arborización	PM10		360.8	341.3		
	E-10	Av. Miraflores y Av. Arborización			333.6			
	E-11	Entre Av. Yarinacocha y Jr. Callao			322.4			
	E-12	Av. 2 de Mayo y Jr. Los Pinos			348.2			

En general los resultados de la concentración del material particulado de las estaciones de medición (E1 – E12), de la ciudad de Pucallpa fue de 291.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un nivel de alerta considerado como de **CUIDADO** según el D.S.N°- 009-2003-SA.

Con este resultado se obtuvo un índice de calidad de aire (INCA) de 194.26, con una calificación de **Umbral de Cuidado**. La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares. Recomendaciones, reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de efectos serios en la Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003-SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA en la ciudad de Pucallpa.

Figura 22: COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES PM₁₀ CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE (ECA -



VIGENTE).

Del gráfico podemos observar que el promedio de concentración de los tres distritos (Calleria, manantay y yarinacocha) es de 291.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sobrepasando el ECA (según D.S. N° 003-2017-MINAM, y se encuentra), con un nivel de alerta considerado como de CUIDADO según el D.S.N°- 009-2003-SA, con un índice de calidad de aire (INCA) de 194.27, y con una calificación de **Umbral de Cuidado**, es decir la concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares. Recomendaciones, reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de efectos serios

en la Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003-SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA en la ciudad de Pucallpa.

4.2. Análisis Inferencial y/o contrastación de hipótesis

4.2.1. Prueba de hipótesis del PM₁₀

Hipótesis general.

La media de la concentración del PM₁₀ es igual o superior al ECA (100 ug/cm³) en la ciudad de Pucallpa.

Hipótesis nula.

La media de la concentración del PM₁₀ es inferior al valor límite de ECA en la ciudad de Pucallpa.

➤ Supuesto de la prueba de hipótesis

- Formulamos el H₀ y H_a.
 - Se determinó si la prueba es unilateral o bilateral.
 - Se asumió el nivel de significación de la prueba ($\alpha=0.05$)
 - Se determinó la distribución muestral en la prueba.
 - Se planteó el esquema de la prueba.
 - Cálculo del estadístico de la prueba.
1. u_1 significa el promedio de PM₁₀ de la calidad de aire monitoreado en campo de los puntos tomados.
 2. u_2 significa el nivel máximo permisible de acuerdo al ECA (100 ug/cm³).
 3. La hipótesis nula H₀ se cumplirá siempre y cuando: $u_1 \geq u_2$
 4. La hipótesis alterna H_a se cumplirá siempre y cuando $u_1 < u_2$
 5. Se utilizó el 95% del nivel de confiabilidad y 5% del nivel de significancia.

➤ **Cálculo del valor crítico y la función prueba**

Cálculo de la diferencia promedio (D)

$$\bar{D} = \frac{\sum \bar{D}_i}{n} = \frac{3497.3}{12} = 291.4$$

Cálculo de la desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{28484.8}{11}}$$

$$S = 50.89$$

Hipótesis estadística:

$$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 < \mu_2$$

Cálculo del valor crítico o valor en tabla de la "T" Student (Tt)

$$Tt (1 - \alpha)_{(n-1)}$$

$$Tt (1 - 0.05)_{(12-1)}$$

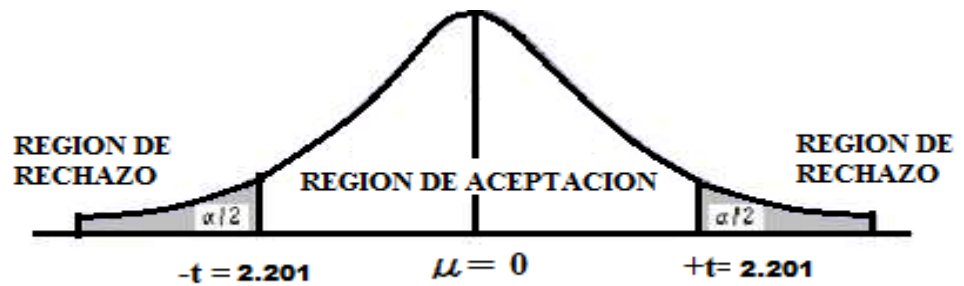
$$Tt (0.95)_{(11)} = 2.201$$

$$Tt = 2.201$$

Valor experimental

$$V_e = \frac{\bar{D}}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$V_e = \frac{291.4}{\frac{50.89}{\sqrt{12}}} = 19.83$$



Interpretación: Como el valor experimental (V_e) cae dentro de la zona de rechazo, luego entonces rechazamos la H_0 y aceptamos la H_1 ; quiere decir que la concentración de Pm10 es superior a lo establecido por el ECA, contaminante que puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población.

4.2.2. Presentación de resultados sobre la percepción de la gestión de monitoreo de la calidad de aire

Esta encuesta fue dirigida al personal del área de la unidad de Ecología y Medio Ambiente de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental-(DESA), cuyo objetivo fue conocer la percepción sobre el sistema actual de monitoreo de la calidad de aire. El instrumento estuvo estructurado por nueve preguntas, con escala valorativa de evaluación bajo el sistema Likert y los resultados se muestran en la tabla N° 08.

Tabla 09: RESULTADOS DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PRE

TEST

N°	Preguntas	n	Media	Desviación estándar	Varianza
PE01	¿Cómo evalúa Ud. gestión de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Pucallpa en la actualidad?	10	2.60	0.52	0.27
PE02	¿Cómo evalúa Ud. la asignación de los puntos de monitoreo por zona en la actualidad?	10	2.30	0.48	0.23
PE03	¿Cómo evalúa Ud. la rapidez cuando se realiza la gestión del monitoreo de la calidad de aire?	10	2.30	0.48	0.23
PE04	¿Cómo evalúa Ud. la accesibilidad al actual sistema de gestión de monitoreo de la calidad del aire?	10	2.30	0.48	0.23
PE05	¿Qué le parece el uso del sistema actual en la gestión de monitoreo de la calidad del aire?	10	2.30	0.67	0.46
PE06	¿Qué le parece el reporte generado por el sistema actual de gestión de calidad del aire?	10	2.50	0.53	0.28
PE07	¿En qué medida el sistema actual de gestión de monitoreo de la calidad del aire contribuye con los objetivos planteados por DESA?	10	2.40	0.84	0.71
PE08	¿Cómo evalúa Ud. la organización de la información con el actual sistema?	10	2.30	0.82	0.68
PE09	¿Cómo califica Ud. la eficiencia del actual sistema de monitoreo de calidad de aire?	10	2.30	0.67	0.46
PROMEDIO			2.37	0.61	0.39

La tabla anterior muestra que al aplicarse el instrumento de recolección de datos en la etapa Pre Test, obtenemos una media de 2.37 de acuerdo a la escala de Likert, es decir se encuentra en el intervalo [Malo, Regular].

Tabla 10: RESULTADOS DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL POST TEST

N°	Preguntas	n	Media	Desviación estándar	Varianza
PE01	¿Cómo evalúa Ud. gestión de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Pucallpa en la actualidad?	10	4.30	1.25	1.57
PE02	¿Cómo evalúa Ud. la asignación de los puntos de monitoreo por zona en la actualidad?	10	4.50	0.53	0.28
PE03	¿Cómo evalúa Ud. la rapidez cuando se realiza la gestión del monitoreo de la calidad de aire?	10	4.60	0.52	0.27
PE04	¿Cómo evalúa Ud. la accesibilidad al actual sistema de gestión de monitoreo de la calidad del aire?	10	4.10	0.32	0.10
PE05	¿Qué le parece el uso del sistema actual en la gestión de monitoreo de la calidad del aire?	10	4.50	0.53	0.28
PE06	¿Qué le parece el reporte generado por el sistema actual de gestión de calidad del aire?	10	4.20	0.42	0.18
PE07	¿En qué medida el sistema actual de gestión de monitoreo de la calidad del aire contribuye con los objetivos planteados por DESA?	10	4.50	0.53	0.28
PE08	¿Cómo evalúa Ud. la organización de la información con el actual sistema?	10	4.20	0.42	0.18
PE09	¿Cómo califica Ud. la eficiencia del actual sistema de monitoreo de calidad de aire?	10	4.20	0.42	0.18
PROMEDIO			4.34	0.55	0.37

La tabla anterior muestra que al aplicarse el instrumento de recolección de datos en la etapa Post Test, obtenemos una media de 4.34, de acuerdo a la escala de Likert, es decir se encuentra en el intervalo [Bueno, Muy bueno].

4.2.3. Prueba de hipótesis del sistema propuesto

Formulación de cuadro de valores de indicadores

La contrastación de la hipótesis se realiza de acuerdo al diseño de investigación, el cual es conocido también como Pre –Test y Post –Test, que se representa mediante la siguiente simbología:

$$M: \mu_1 \rightarrow x \rightarrow \mu_2$$

Donde:

- μ_1 : Medición del proceso de monitoreo antes de aplicar el sistema informático (Pre – Prueba).
- X: Aplicación de la variable independiente (sistema informático).
- μ_2 : Medición del proceso de monitoreo después de aplicar el sistema informático (Post – Prueba).

Supuesto de la prueba de hipótesis

- Formulamos el H_0 y H_a .
 - Se determinó si la prueba es unilateral o bilateral.
 - Se asumió el nivel de significación de la prueba ($\alpha=0.05$)
 - Se determinó la distribución muestral en la prueba.
 - Se planteó el esquema de la prueba.
 - Cálculo del estadístico de la prueba.
 - Tomar de decisión.
4. Para la prueba de hipótesis seleccionamos por conveniencia los datos muestrales de nuestra población, que es de 10, correspondientes al personal de DESA.

5. u_1 significa el nivel promedio de eficiencia en el control de monitoreo de la calidad de aire antes de la implementación del sistema.
6. u_2 significa el nivel promedio de eficiencia en el control de monitoreo de la calidad de aire después de la implementación del sistema.
7. La hipótesis nula H_0 se cumplirá siempre y cuando: $u_1 = u_2$, el cual nos indica que no existe diferencia significativa.
8. La hipótesis alterna H_a se cumplirá siempre y cuando $u_1 \neq u_2$, el cual nos indica que si existe diferencia significativa.
9. Se utilizó el 95% del nivel de confiabilidad y 5% del nivel de significancia.

Cálculo del valor crítico y la función prueba

Después de analizar las diferencias entre los indicadores en Pre-Test (μ_1) y Post-Test (μ_2), se concluye que hay una mejora después de implementar el sistema de información.

Tabla 11: Cálculo de la diferencia promedio

N°	Preguntas	PRE	POST	DIF
PE01	¿Cómo evalúa Ud. gestión de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Pucallpa en la actualidad?	2.60	4.30	1.70
PE02	¿Cómo evalúa Ud. la asignación de los puntos de monitoreo por zona en la actualidad?	2.30	4.50	2.20
PE03	¿Cómo evalúa Ud. la rapidez cuando se realiza la gestión del monitoreo de la calidad de aire?	2.30	4.60	2.30
PE04	¿Cómo evalúa Ud. la accesibilidad al actual sistema de gestión de monitoreo de la calidad del aire?	2.30	4.10	1.80
PE05	¿Qué le parece el uso del sistema actual en la gestión de monitoreo de la calidad del aire?	2.30	4.50	2.20

PE06	¿Qué le parece el reporte generado por el sistema actual de gestión de calidad del aire?	2.50	4.20	1.70
PE07	¿En qué medida el sistema actual de gestión de monitoreo de la calidad del aire contribuye con los objetivos planteados por DESA?	2.40	4.50	2.10
PE08	¿Cómo evalúa Ud. la organización de la información con el actual sistema?	2.30	4.20	1.90
PE09	¿Cómo califica Ud. la eficiencia del actual sistema de monitoreo de calidad de aire?	2.30	4.20	1.90
PROMEDIO		2.37	4.34	1.98

Cálculo de la diferencia promedio (D)

$$\bar{D} = \frac{\sum \bar{D}_i}{n} = \frac{17.80}{9} = 1.977 \approx 1.98$$

Cálculo de la desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0.416}{8}}$$

$$S = 0.228 \approx 0.23$$

Hipótesis estadística:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

Tabla Estadística. "T" Student (Tt)

df	Nivel de Significación para la prueba de una cola						df	Nivel de Significación para la prueba de una cola					
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005		0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
	Nivel de Significación para la prueba de dos colas							Nivel de Significación para la prueba de dos colas					
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001		0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619	18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,599	19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924	20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
8	1,397	1,864	2,306	2,896	3,355	5,041	25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437	28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674

Cálculo del valor crítico o valor en tabla de la "T" Student (Tt)

$$Tt (1 - \alpha)_{(n - 1)}$$

$$Tt (1 - 0.05)_{(9 - 1)}$$

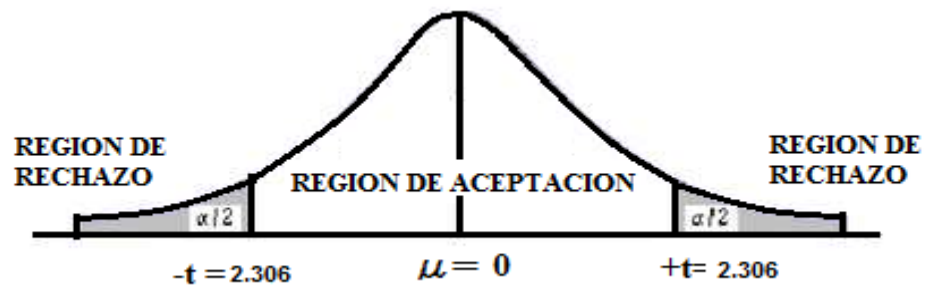
$$Tt (0.95)_{(8)} = 2.306$$

$$Tt = 2.306$$

Valor experimental

$$V_e = \frac{\bar{D}}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$V_e = \frac{1.98}{\frac{0.23}{\sqrt{9}}} = 25.82$$



Interpretación: Como el valor experimental (V_e) cae dentro de la zona de rechazo, luego entonces rechazamos la H_0 y aceptamos la H_1 ; quiere decir que el sistema influye significativamente en el monitoreo de la calidad de aire.

4.3. Discusión de resultados

Para la presente investigación fue necesario recopilar información en los meses de Noviembre, Diciembre del 2017 y Enero del año 2018 sobre las concentraciones de partículas menores a 10 micrones, es decir "Material Particulado 10, de acuerdo a las condiciones meteorológicas en el ámbito urbano de los distritos de Calleria, Manantay y Yarinacocha; ello permitió determinar su valor real de campo, en base a los protocolos establecidos por los estándares de las –ECA-, dato importante para prospectar al futuro el comportamiento de la calidad de aire, también para la propuesta de desarrollo de una aplicación informática y ayudar en la gestión de monitoreo de la calidad de aire, aparte de las encuestas realizadas a los involucrados de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) en la zona de estudio.

La Organización Mundial de la Salud (2006), en la guía de la calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, sostiene estándares de la calidad ambiental para el aire en **Material Particulado PM10 de 50 ug/m³**, PM2.5 de 25 ug/m³ y Dióxido de Azufre de 20 ug/m³ para exposiciones a 24 horas, estos son valores que según la investigación realizada se encuentran por debajo de los estándares

del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, que aducen una falta de actualización y revisión de los estándares de calidad ambiental aplicables en el Perú.

GREEN, Joanne, SANCHEZ, Sergio (2012), en su estudio recaudaron datos sobre gases contaminantes y material particulado de las diferentes ciudades de Latinoamérica; las compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para material particulado y comprobaron que la legislación en las diferentes ciudades están desactualizadas, no tomando en cuenta las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

En la presente investigación las mayores concentraciones se encuentran en el Material Particulado 10 que presenta una concentración media de 76.89 ug/m³ que no supera el límite de 24 horas para material particulado 100 ug/m³ referido en el Decreto Supremo N° 003 -2017 – MINAN pero que si supera el límite estipulado por la Organización Mundial de la Salud 50 ug/m³. Además la Organización Mundial de la Salud indica que valores superiores a los 75 ug/m³ para PM 10 aumentarían en 1.2% la mortalidad a corto plazo. La concentración de Material Particulado 2.5 que presenta una concentración media de 27.90 ug/m³ que no supera el límite de 24 horas para material particulado 50 ug/m³ referido en el Decreto Supremo N° 003 -2017 – MINAN si supera el límite estipulado por la Organización Mundial de la Salud 25 ug/m³ esto aumentaría en 1.2% la mortalidad a corto plazo.

4.3.1. Desarrollo de sistema informático propuesto

Fase de inicio

Documentos de visión

➤ Introducción

Propósito: Mostrar un esquema, a nivel de procesos, actores y diagramas del “MODELO DE SIMULACION Y EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE PUCALLPA”.

Alcance: Se realiza el modelamiento del sistema informático para gestionar el monitoreo de la calidad de aire en Pucallpa.

El sistema permite lo siguiente:

- Registrar usuarios.
- Registrar zonas.
- Realizar el monitoreo y gestionar puntos de monitoreo en un mapa geográfico zonificado.

➤ **Posicionamiento**

Oportunidad del negocio: El sistema informático permite gestionar el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa.

Tabla 12. Sentencias que define el problema

El problema	Actualmente las entidades dedicadas al cuidado del ambiente no han puesto en énfasis determinar la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa, ya que es un tema súper importante por tratarse de un factor fundamental para la supervivencia de todos los seres vivos.
Afecta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La población en general. ✓ A las entidades u organizaciones dedicadas al medio ambiente, etc.

Tabla 13. Sentencia que define la posición del producto

Para	La población en general.
Quienes	Ciudad de Pucallpa.
El nombre del producto	Sistema informático para gestionar el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa.
Que	Gestiona el monitoreo de la calidad de aire.
Nuestro producto	Muestra información acerca de las zonas y los puntos de monitoreo donde se determina la calidad de aire.

➤ **Descripción de Stakeholders (Participantes en el proyecto) y usuarios**

Tabla 14. Resumen de Stakeholders

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ROL
Administrador	Encargado de los procesos.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Da su punto de vista para la toma de decisiones y tramites. ✓ Gestiona los registros de usuarios y zonas. ✓ Gestiona el monitoreo y puntos de monitoreo. ✓ Ubica los puntos de monitoreo que necesita en el mapa geográfico.
Usuario	Encargado de los registros.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Registrar zona. ✓ Realizar monitoreo.

4.3.2. APRECIACIÓN GLOBAL DEL PROYECTO

Tabla 15. Actividades realizadas

FASE	WORFLOWS	ACTIVIDAD
INICIO	MODELO DEL NEGOCIO	– Documentos de visión.
		– Plan de desarrollo de software.
		– Caso de uso del negocio.
		– Modelo de objeto.
		– Modelo de dominio del problema
ELABORACIÓN	REQUERIMIENTOS	– Modelo de caso de uso.
		– Especificaciones del modelo de requerimientos
	ANÁLISIS Y DISEÑO	– Diagrama de colaboración.
		– Diagrama de clases.
		– Diagrama de secuencia vs interfaz gráfica.
		– Diseño de la base de datos.
		– Diagrama de la base de datos.
		– Mapa de navegación.
		– Diagrama de despliegue lógico.
		– Diagrama de paquetes.
TRANSICIÓN	PRUEBA	– Prueba por caso de uso.

4.3.3. Modelado de caso de uso

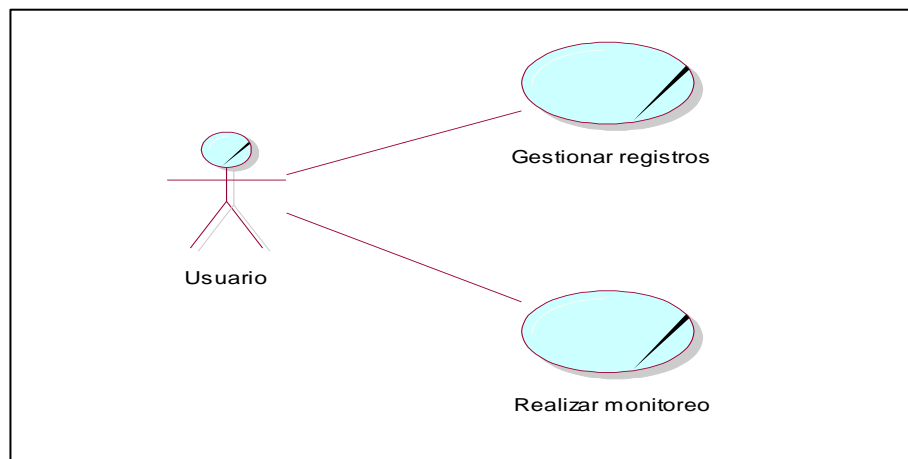
Se establecieron los siguientes actores y casos de uso (c-u) del negocio para el proyecto denominado Sistema Informático para la determinación de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa:

➤ Actores

Usuario.

4.3.4. Caso de uso de negocio

Figura 23. Caso de uso de negocio



➤ Especificaciones de los casos de uso de negocio

Especificación C-U gestionar registros

Tabla 16. Especificación c-u: Gestionar registros

Nombre del caso de uso: Gestionar registros	
Actores	Usuario.
Breve descripción	En este caso de uso se registran todos los usuarios y zonas.
Objetivos	Registrar usuarios y zonas.
Flujo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar usuario. • Registrar zona

Tabla 17. Especificación c-u: Realizar monitoreo

Nombre del caso de uso: Realizar monitoreo	
Actores	Usuario.
Breve descripción	En este caso de uso se realiza el monitoreo y se asignan los puntos de monitoreo.
Objetivos	Realizar monitoreo.
Flujo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar monitoreo. • Gestionar monitoreo.

4.3.5. Modelo de objeto

Para el desarrollo de los modelos de objeto, se tiene en cuenta algunas abreviaciones:

C: Crear.

R: Leer.

U: Actualizar.

D: Eliminar.

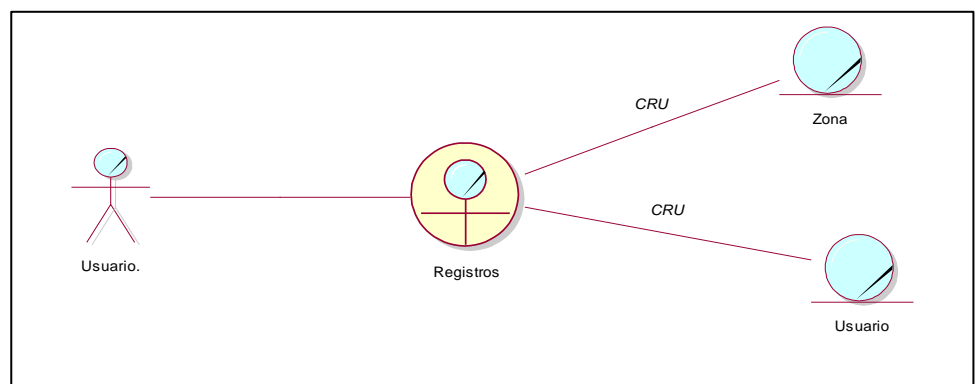
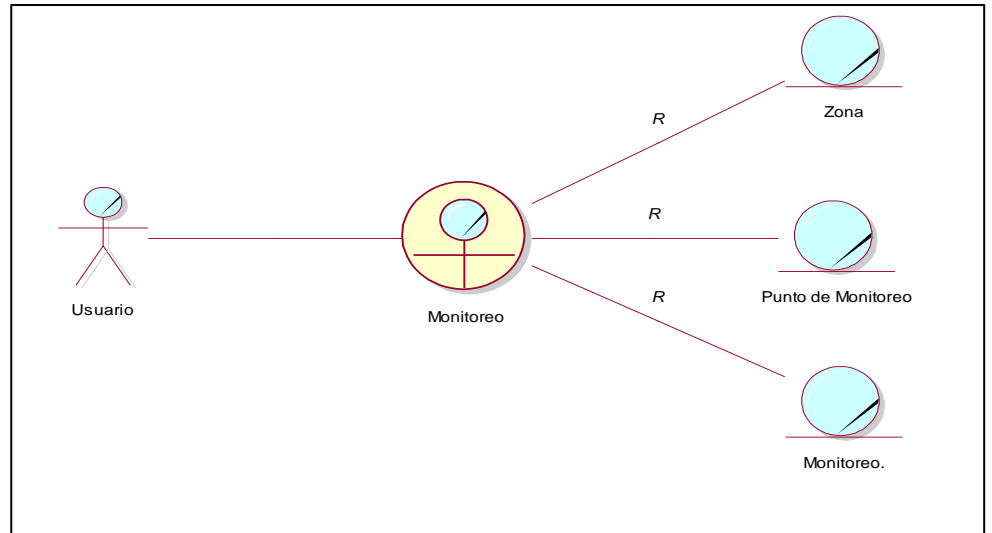
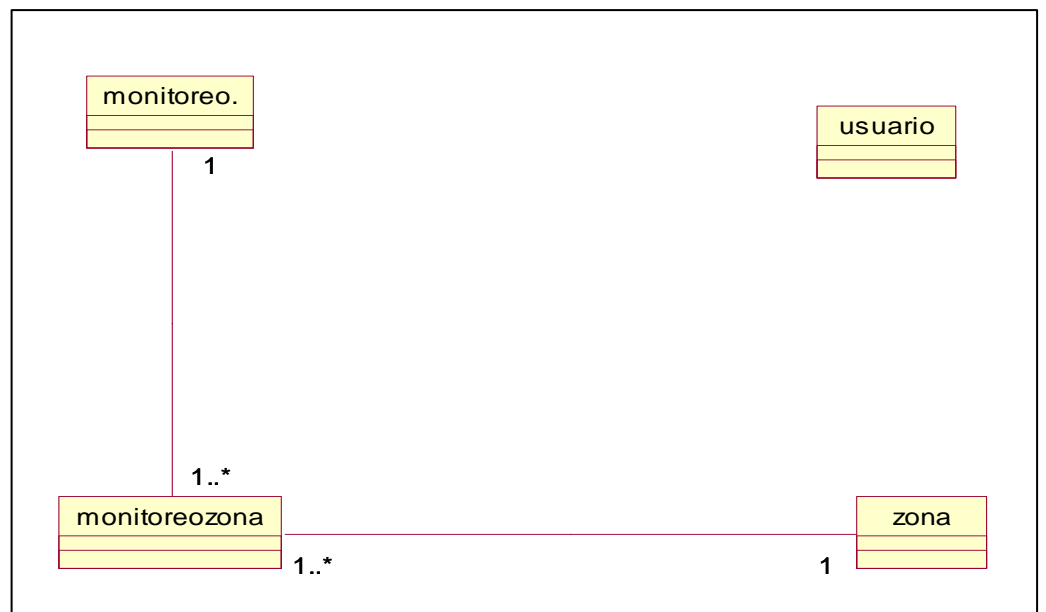
Figura 24. Modelo de objeto: Gestionar registros

Figura 25. Modelo de objeto: Realizar monitoreo



➤ **Modelo de dominio del problema**

Figura 26. Modelo de dominio del problema



4.3.6. Fase de elaboración

Requerimientos

➤ Modelo de caso de uso de requerimientos

Figura 27. C-U Requerimiento: Registrar usuarios

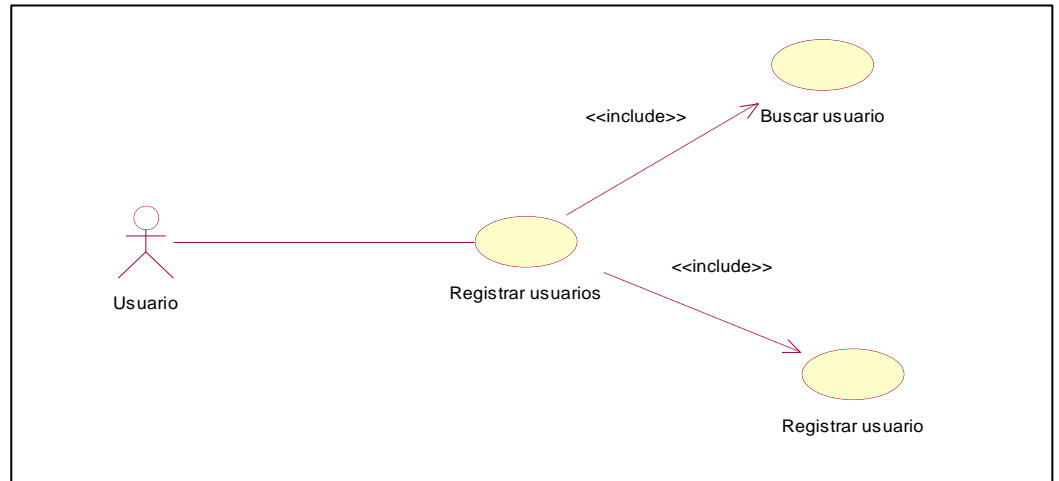
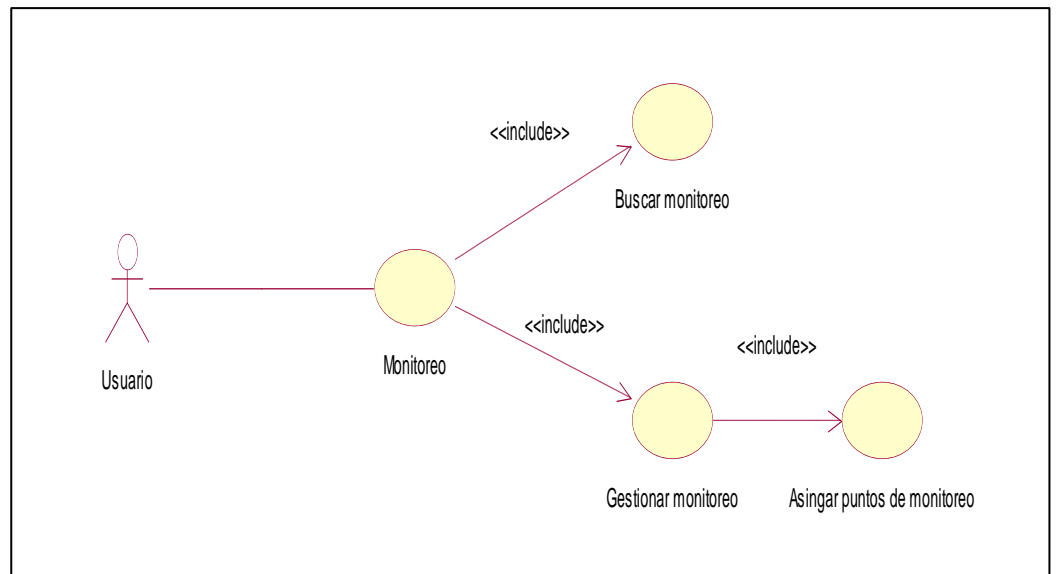


Figura 28. C-U Requerimiento: Realizar monitoreo



4.3.7. Análisis y diseño

➤ Diagrama de colaboración

Figura 29. Diagrama de colaboración: Registrar usuarios

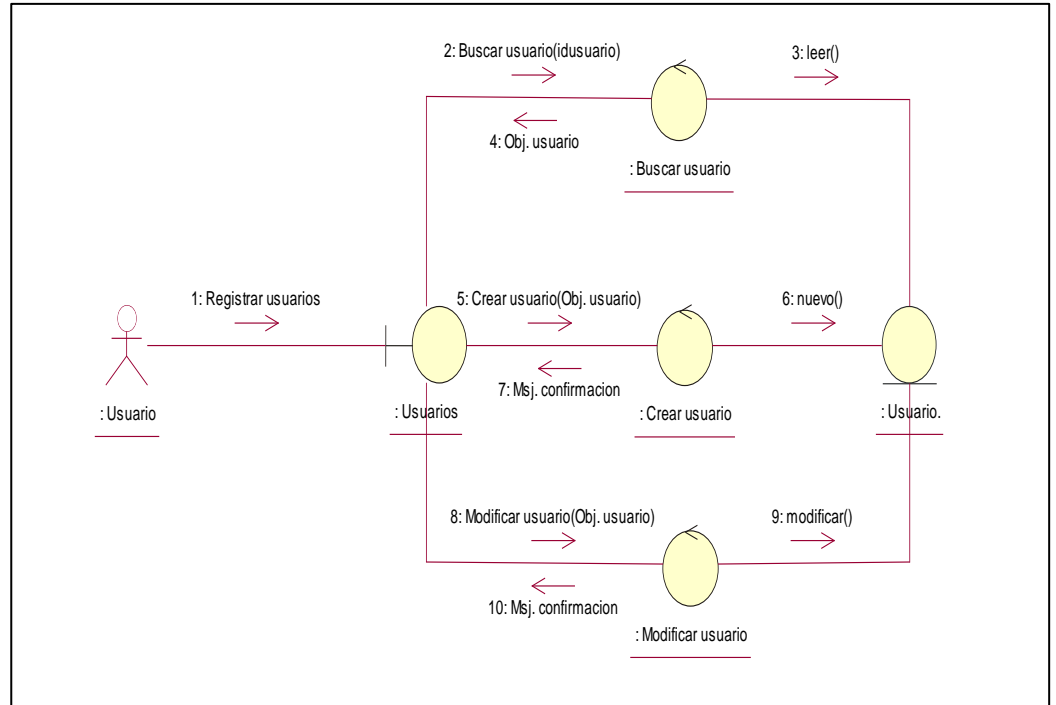


Figura 30. Diagrama de colaboración: Registrar zonas

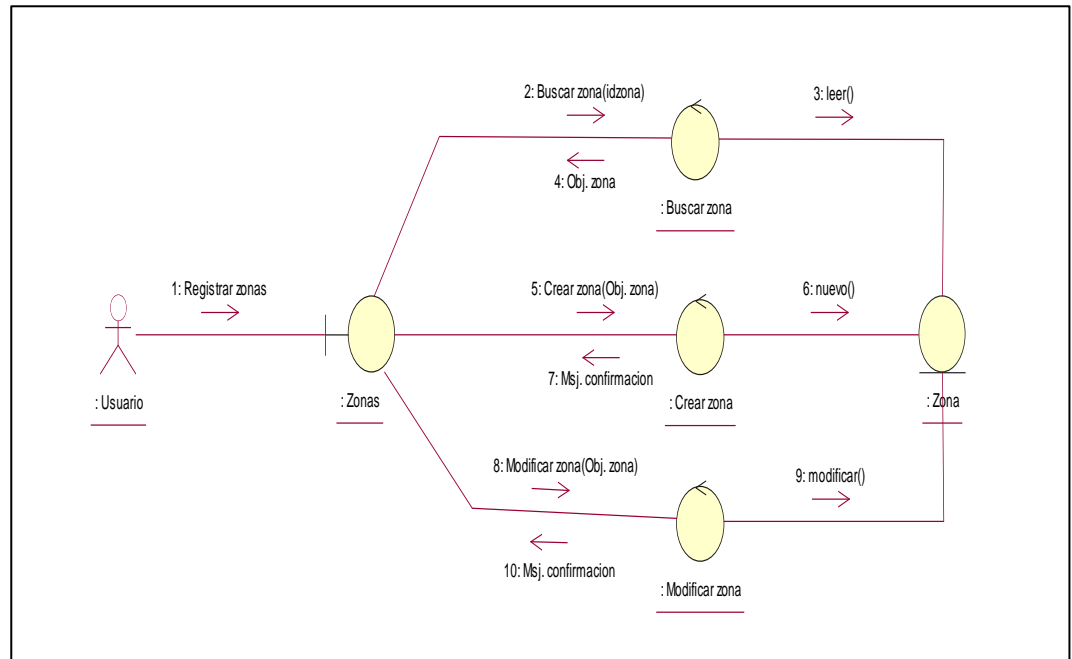


Figura 31. Diagrama de colaboración: Realizar monitoreo

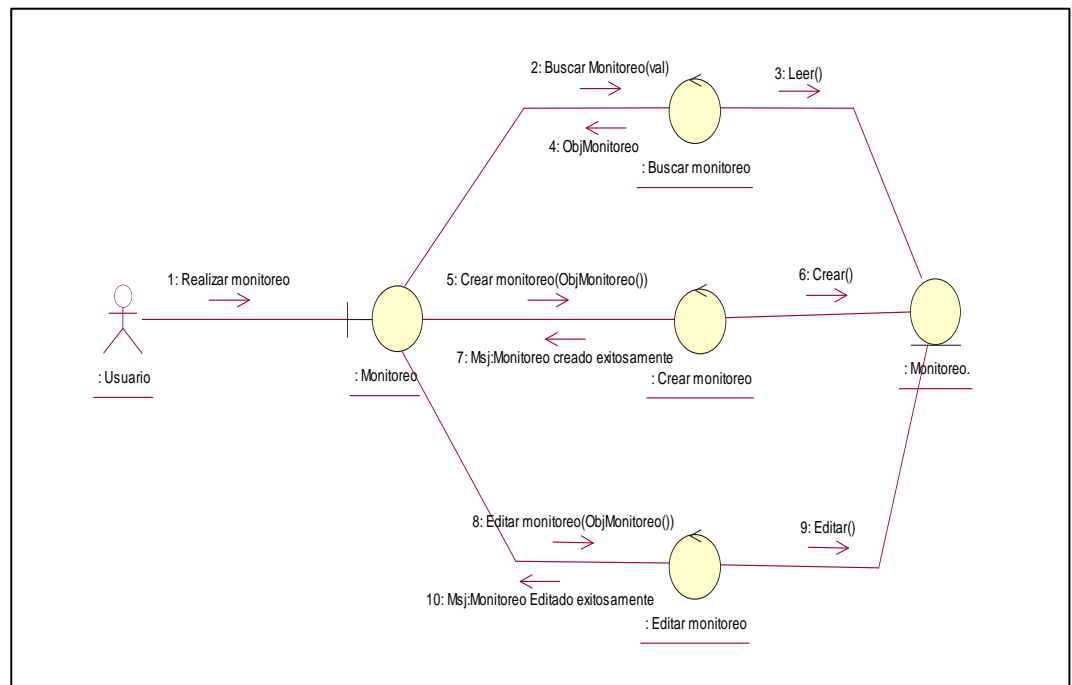
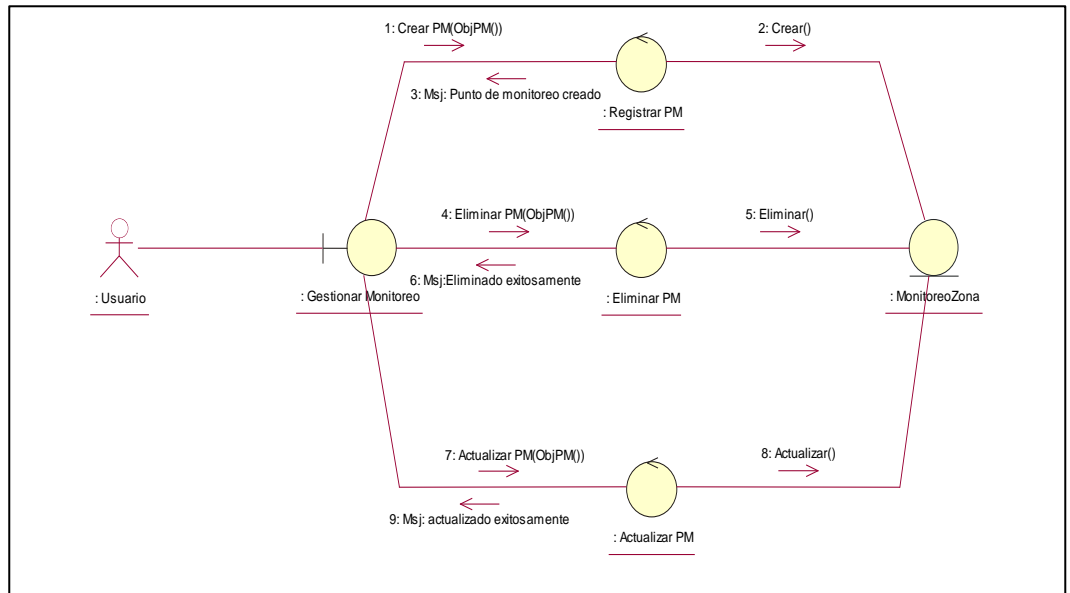
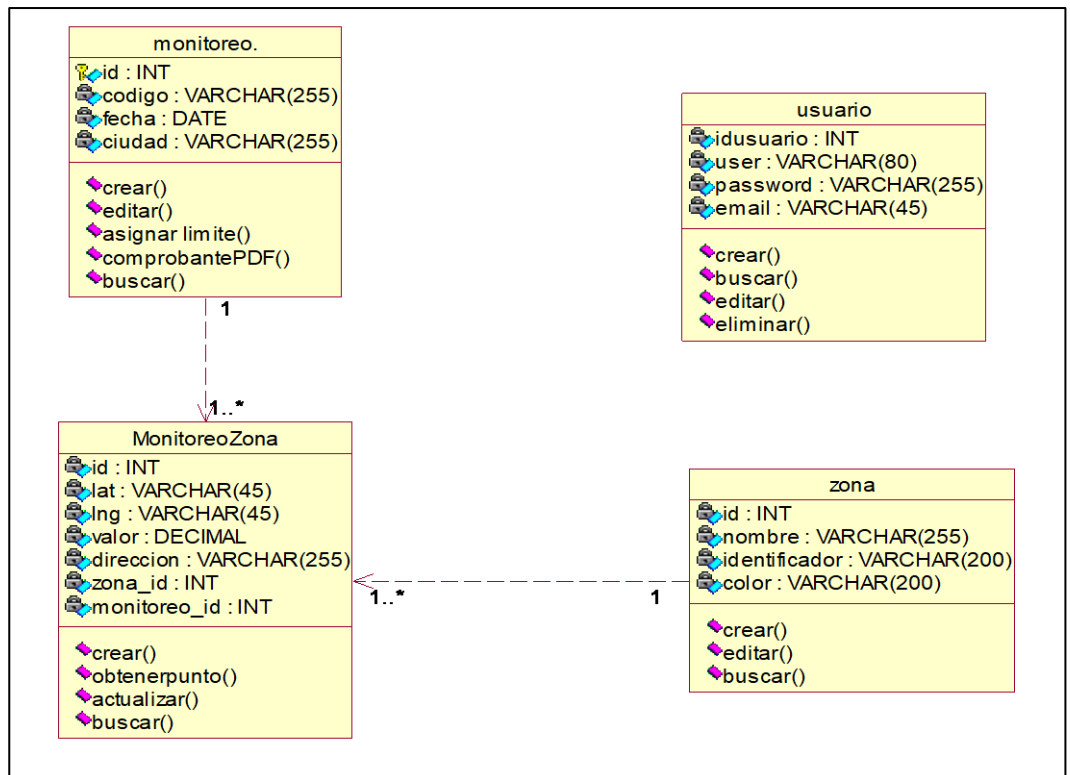


Figura 32. Diagrama de colaboración: Gestionar monitoreo



➤ Diagrama de clases

Figura 33. Diagrama de clases



➤ Interfaz gráfica vs diagrama de secuencia

Figura 34. Registrar usuarios

The screenshot shows a web application interface for user management. At the top right, a blue header bar displays 'Bienvenido, walter roman' with a dropdown arrow. Below this, a navigation bar contains icons for home, users, documents, and location, followed by the breadcrumb 'Gestion de Registros > Usuario'. A left sidebar menu includes 'INICIO', 'Zonas', and 'Monitoreo'. The main content area is divided into two sections: 'Registro' and 'Usuarios'. The 'Registro' section features three input fields: 'Usuario' (containing 'Usuario'), 'Correo' (containing 'Correo'), and 'Contraseña' (containing 'Ingrese contraseña'). Below these fields are two buttons: 'Limpiar' (with a refresh icon) and 'Registrar' (with a checkmark icon). The 'Usuarios' section contains a search bar labeled 'Buscar...' and a table with two rows of user data. Each row has 'Editar' and 'Eliminar' buttons.

Usuario	Correo	Operacion
junior	juniorcm1010@gmail.com	Editar Eliminar
walter roman	walter@gmail.com	Editar Eliminar

Figura 35. Diagrama de secuencia: Registrar usuarios

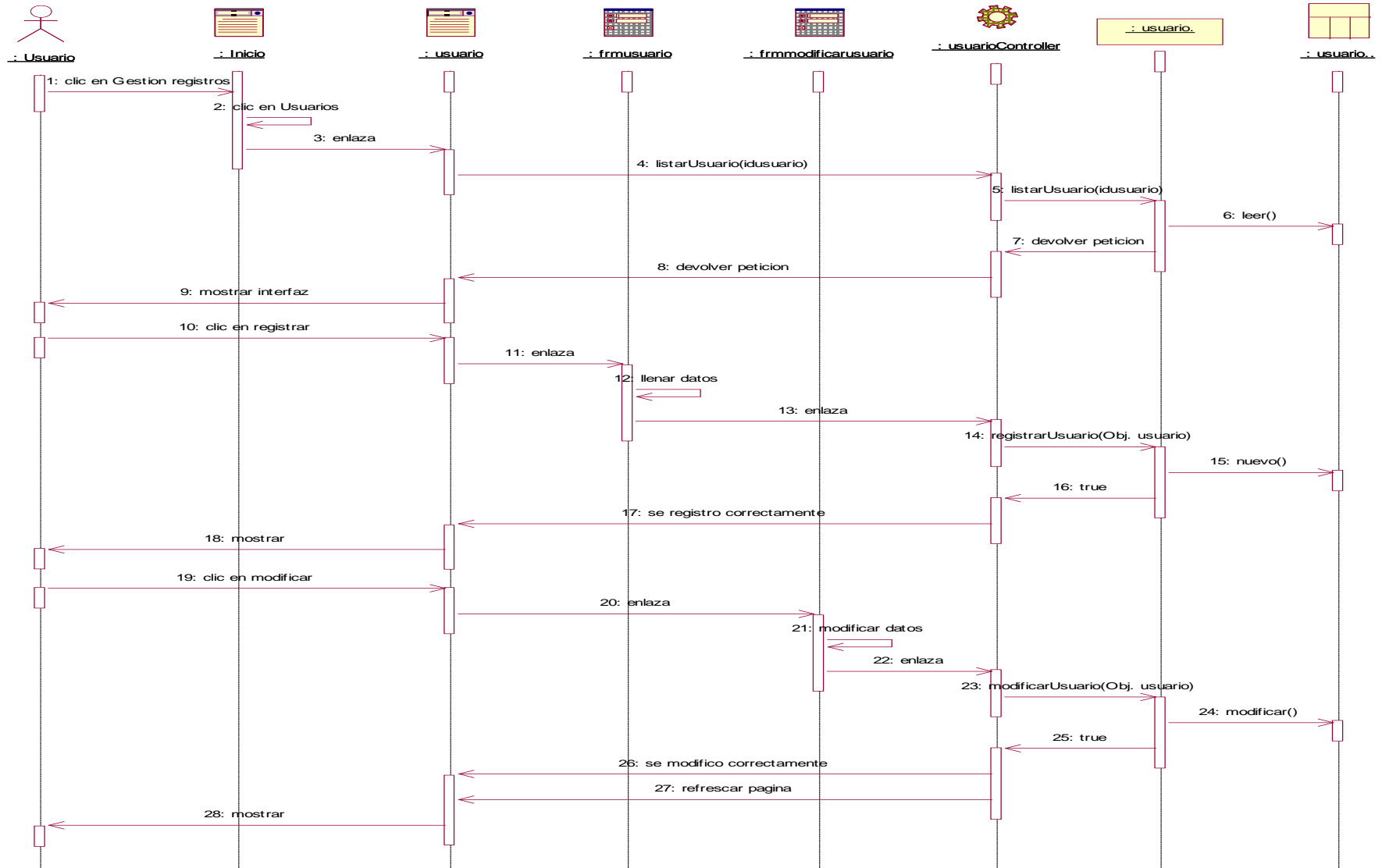


Figura 36. Registrar zonas

The screenshot shows a web application interface for managing zones. The top navigation bar is blue and contains the text "Bienvenido, walter roman" on the right. Below the navigation bar, there is a breadcrumb trail "Inicio > Zonas" and a green "nuevo" button. The main content area is titled "Zonas" and features a search bar with the text "Buscar..." and a "Q Buscar" button. Below the search bar is a table with the following columns: "Nombre", "Identificador", "Color", and "Operaciones". The table contains eight rows of data, each with a unique color and an "Editar" button in the "Operaciones" column.

Nombre	Identificador	Color	Operaciones
industriales	IP	Magenta	Editar
Comercial	zonacomercial	Red	Editar
educacion	zeduccion	Blue	Editar
zona especial	zusespeciales	Grey	Editar
Proteccion	zproteccion	Green	Editar
Recreacion	zrecreacion	Dark Green	Editar
Salud	zcentrosalud	Orange	Editar
Residencial	zonaresidencial	Yellow	Editar

Figura 37. Diagrama de secuencia: Registrar zonas

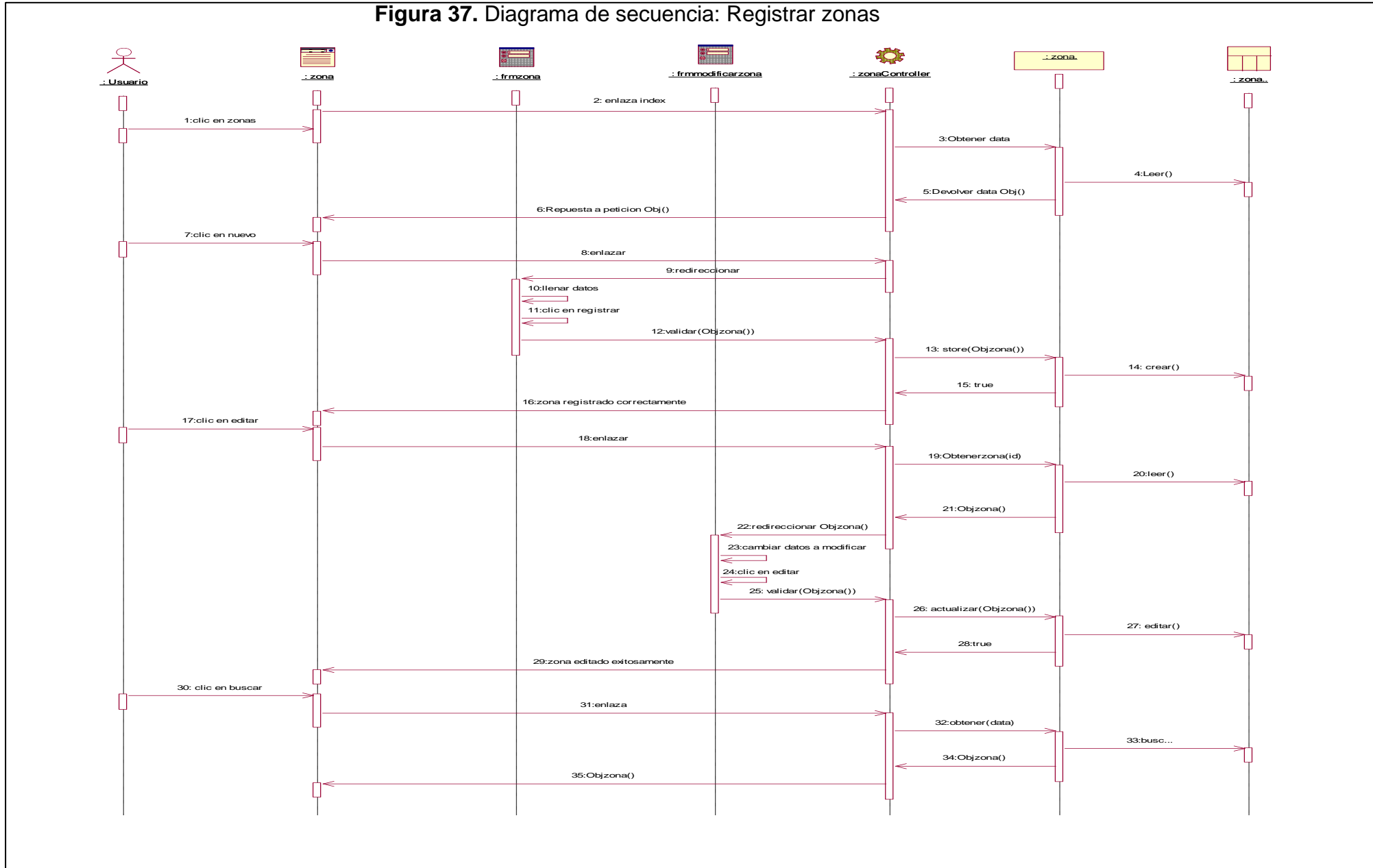


Figura 38. Realizar monitoreo

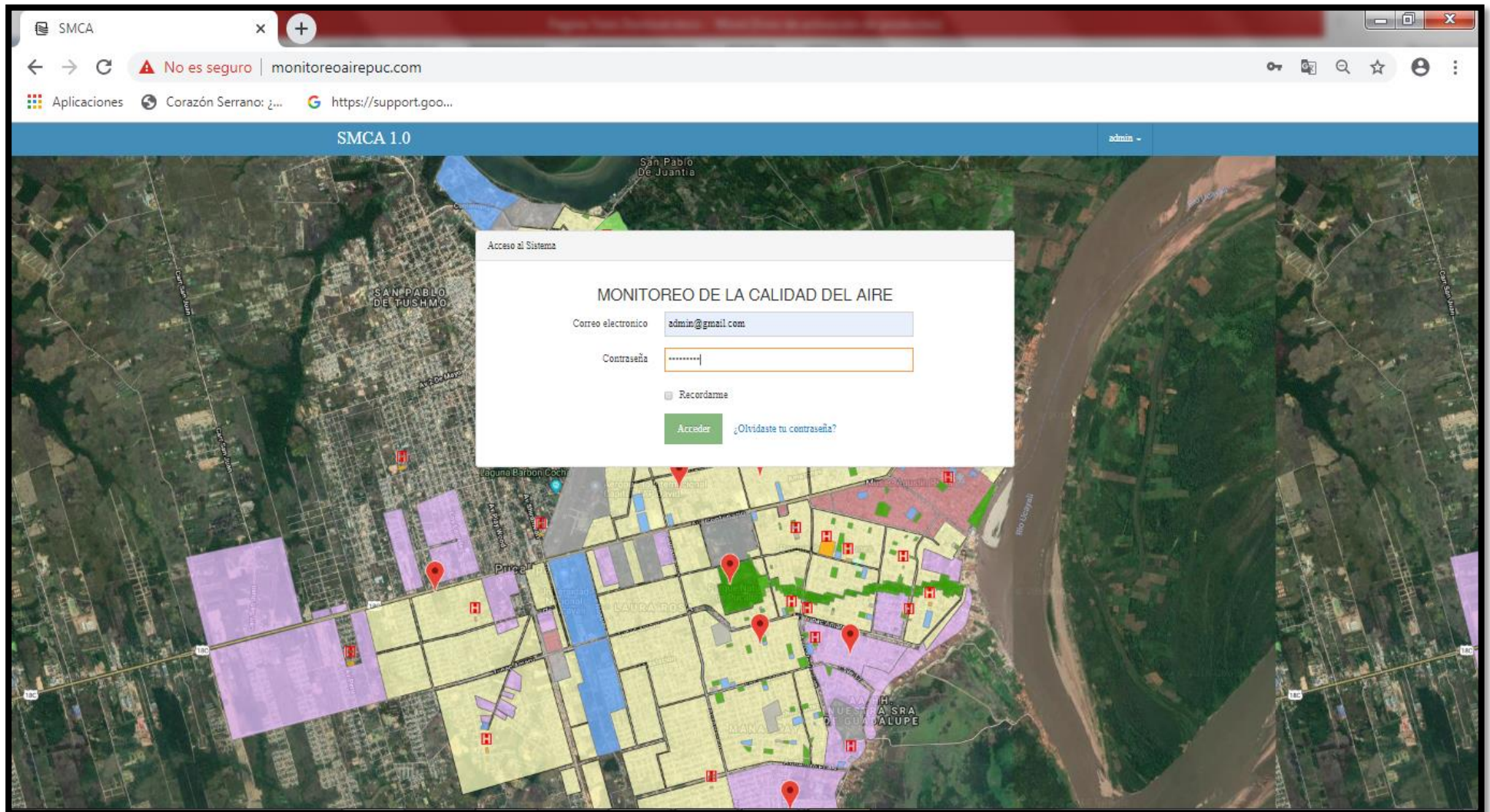
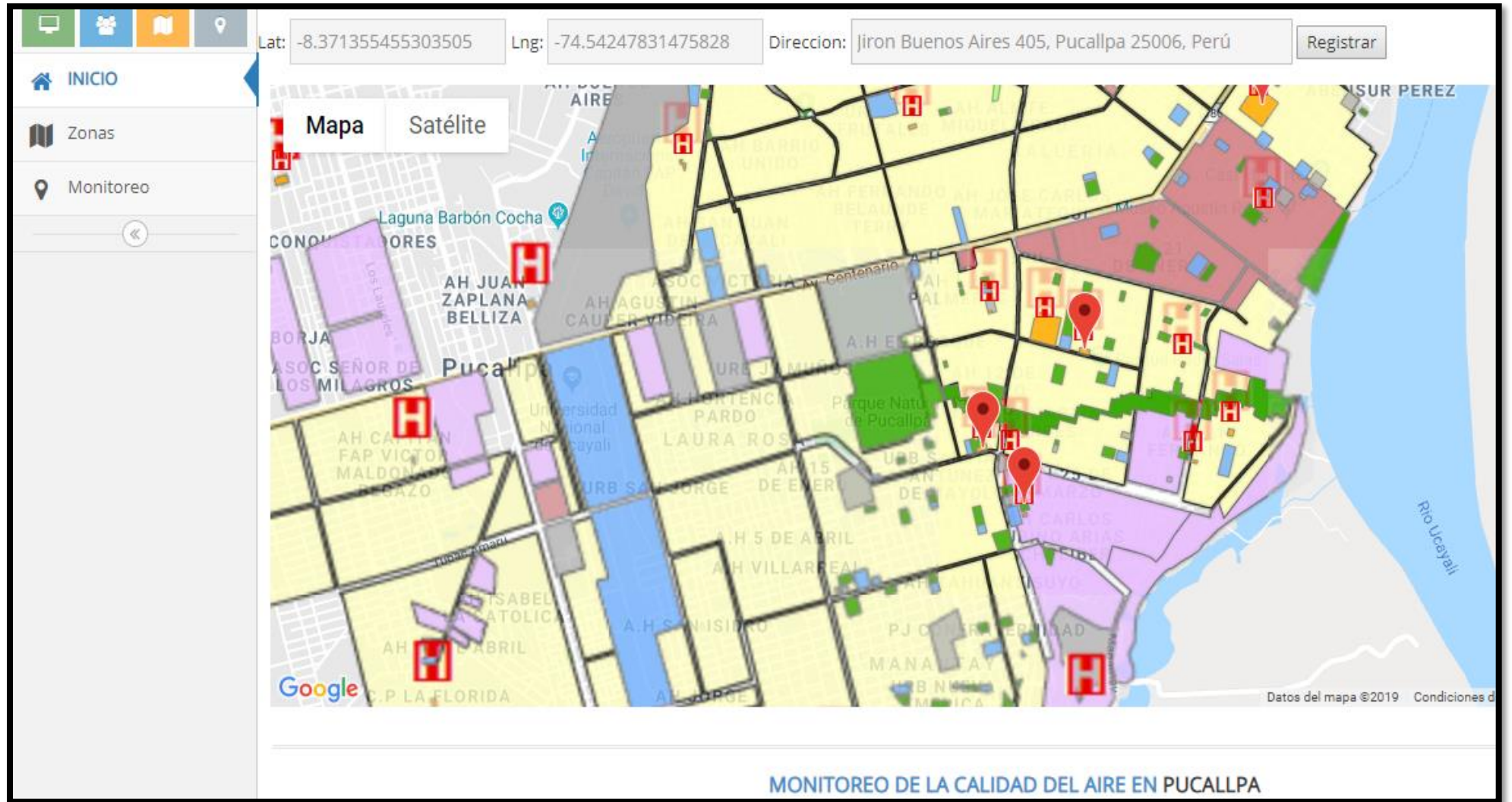
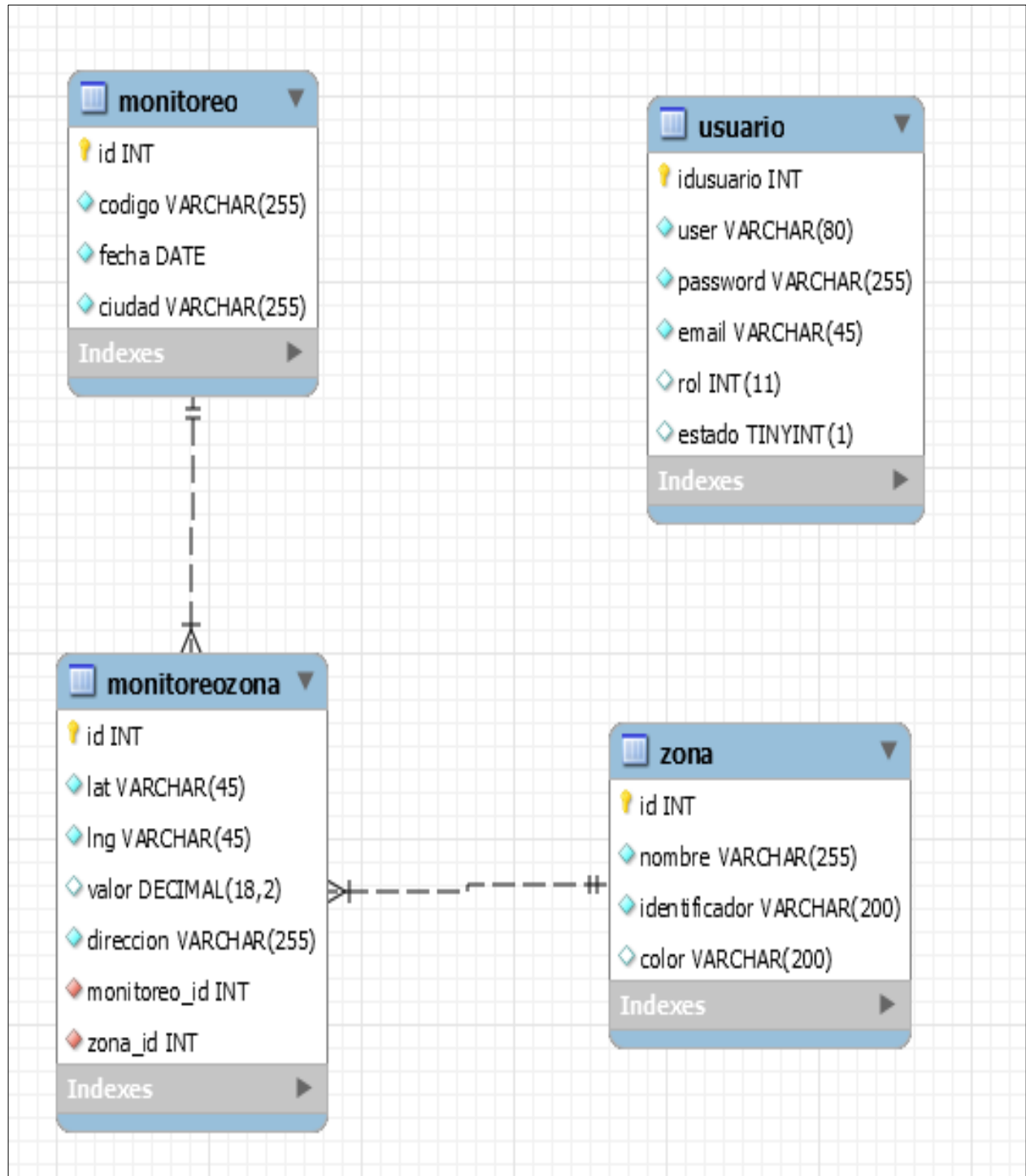


Figura 39 Gestión de monitoreo



➤ **Diagrama de base de datos**

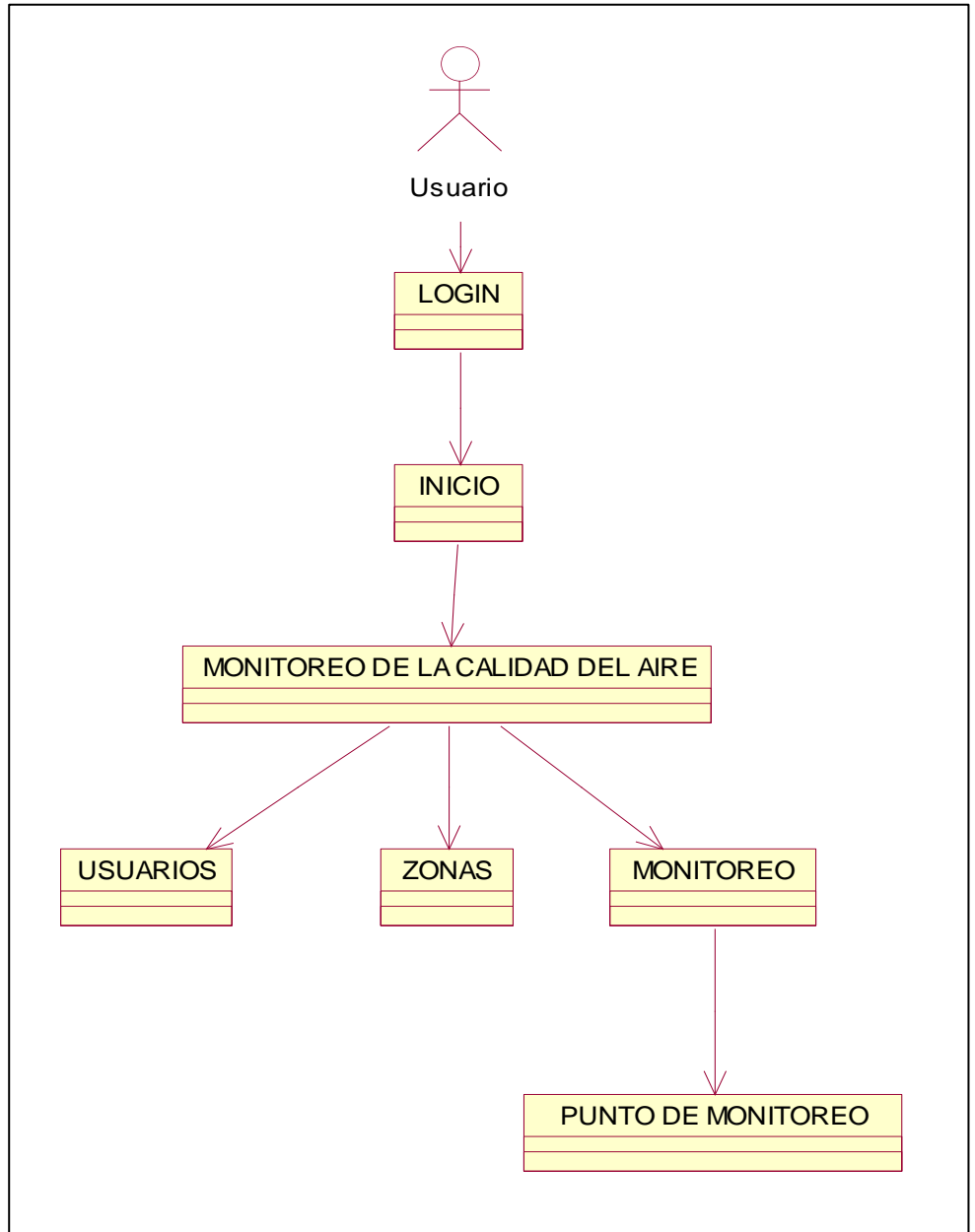
Figura 41. Diagrama de base de datos



4.3.8. Fase de construcción

➤ Mapa de navegación

Figura 42. Mapa de navegación



➤ **Diagrama de despliegue lógico**

Figura 43. Diagrama de despliegue lógico

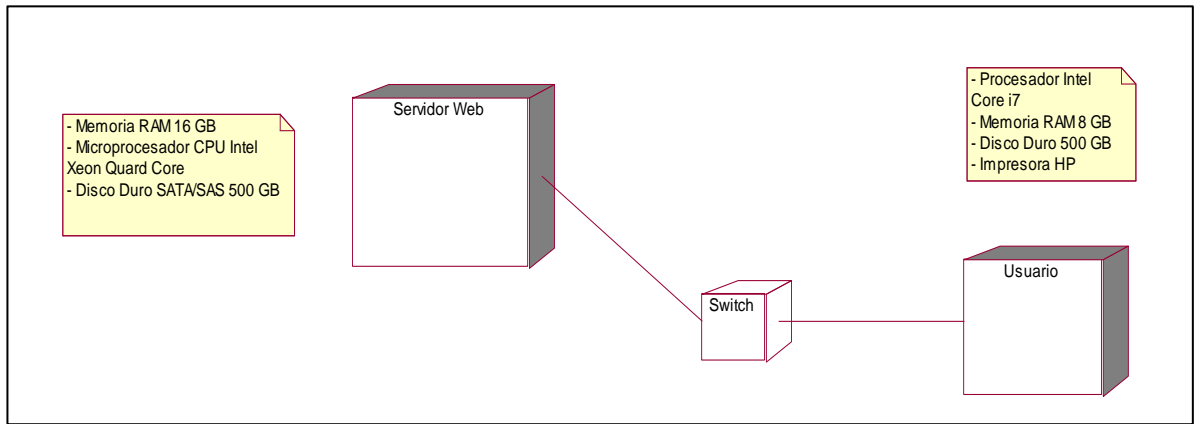
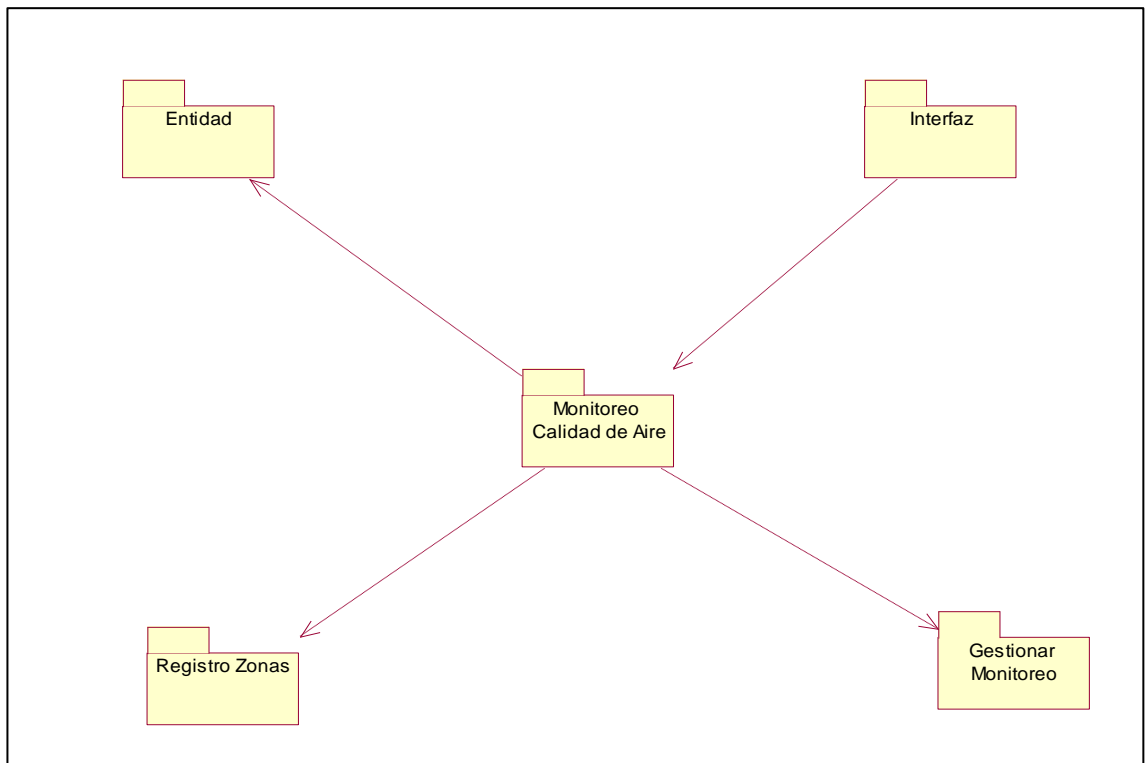


DIAGRAMA DE PAQUETES

Figura 44. Diagrama de paquetes



4.4. Aporte de la investigación

Tecnología y medio ambiente son dos áreas que están más relacionadas de lo que nos podemos llegar a imaginar. La naturaleza inspira avances e innovación. Tenemos que encontrar la manera en la que la tecnología forme parte de la solución y no del problema y, es que, si el medio natural nos ha dado los recursos que actualmente tenemos para mejorar nuestro conocimiento y calidad de vida, qué menos que utilizarlos para cuidar, a cambio, de ella.

La presente investigación pone en evidencia que un modelo de simulación y una aplicación informática como herramienta de tecnología de la información en el monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa, representa un aporte con relación al aspecto ambiental. Los resultados de concentración de partículas permiten conocer en forma real la calidad de aire que respiramos en Pucallpa, prospectar al futuro mediante la simulación y también para que las instituciones de competencia como el Gobierno Regional de Ucayali, Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, Ministerio de la Producción (PRODUCE), Dirección Regional de Salud (DIRESA), Dirección Regional de Educación (DREU), a través de sus áreas correspondientes gestionen y promuevan proyectos ambientales, con el objetivo de generar una cultura y educación ambiental en la población. También impulsar el ordenamiento y mayor control a las empresas, principalmente aserraderos, triplayeras, carboneros y a los medios de transportes obsoletos que generan altos niveles de PM₁₀ que perjudican a la población en general, sin descontar las pocas calles pavimentadas en todo el casco urbano de la ciudad de Pucallpa.

CONCLUSIONES

1. La concentración de material particulado de las estaciones de medición (E1 – E4), pertenecientes al Distrito de **Calleria** es de $257.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un nivel de alerta considerado como de **Cuidado** según el D.S.Nº- 009-2003-SA, un índice de calidad de aire (INCA) de 171.46, y con una calificación de **Umbral de cuidado**, es decir la población sensible podría experimentar problemas de salud, la población en general podría sentirse afectada. La concentración de material particulado de las estaciones de medición (E5 – E8), pertenecientes al Distrito de **Manantay** es de $275.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un nivel de alerta considerado como de **CAUIDADO**, según el D.S.Nº- 009-2003-SA, un índice de calidad de aire (INCA) de 183.93, y con una calificación de **Umbral de Cuidado**, es decir la concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares. La concentración del material particulado de las estaciones de medición (E9 – E12), pertenecientes al Distrito de **Yarinacocha** es de $341.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un nivel de alerta considerado como de **cuidado**, según el D.S.Nº- 009-2003-SA, un índice de calidad de aire (INCA) de 227.53, con una calificación de **Umbral de Cuidado**, es decir la concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares. En el punto de monitoreo entre las intersecciones de la Av. Amazonas y Arborización, muestra el índice más alto ($360.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con un nivel de alerta considerado como **peligro**, esto es debido a que se encuentra una empresa triplayera a pocos metros donde se ubicó el punto. En general los resultados de la concentración del material particulado de las estaciones de medición (E1 – E12), de la **ciudad e Pucallpa** fue de $291.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sobrepasando el ECA (según D.S. Nº 003-2017-MINAM, y se encuentra), con un nivel de alerta considerado como de **CAUIDADO** según el D.S.Nº- 009-2003-SA, un índice de calidad de aire (INCA) de 194.26, con una calificación de **Umbral de Cuidado**, es decir la concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier

persona y efectos serios en la población, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.

2. El modelo dinámico de la calidad de aire en Pucallpa, simulado con software de simulación Vensim, nos proporciona la predicción del comportamiento de la concentración de PM_{10} desde el año 2017 al 2028, siendo en el 2017 la concentración 291.49 ug/m^3 , en el 2028 sería 476.89 ug/m^3 , lo cual es nivel de alerta considerado como de cuidado en el futuro.
3. Se diseñó y desarrollo una aplicación para el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa y después de analizar las diferencias entre los indicadores de escala liker en Pre-Test (μ_1) y Post-Test (μ_2) sobre la percepción que tienen sobre la gestión de monitoreo de la calidad de aire dirigida al personal del área de la unidad de Ecología y Medio Ambiente de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental-(DESA) una vez implementado el sistema, obtenemos una media de 4.34 y una desviación estándar de 0.23, que de acuerdo a la escala establecido, se encuentra en el intervalo [Bueno, Muy bueno]; asimismo de acuerdo a la hipótesis formulada con prueba de distribución t Student de dos colas, a un nivel 95% de confianza, rechazamos la H_0 y aceptamos la H_1 ; quiere decir que el sistema propuesto influye significativamente en la mejora del proceso del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

1. Implementar un sistema de monitoreo continuo en los tres distritos para el control de los niveles de PM₁₀, incorporando GPS en los equipos HIVOL fijas distribuidos estratégicamente en las localidades de Calleria, Manantay y Yarina Cocha.
2. El Gobierno Regional de Ucayali a través de sus direcciones de las áreas correspondientes deben de hacer cumplir el monitoreo de la calidad de aire en forma más continua como establece las normas y promover la educación ambiental a la población, con el objetivo de generar una cultura y conciencia ambiental en todo los sectores. Además de implementar planes estratégicos que involucren a las autoridades competentes, la Universidad Nacional de Ucayali y la población, con la finalidad de establecer acciones que permitan la mitigación de los impactos generados por los contaminantes.

Asimismo Las municipalidades, el Ministerio de la Producción (PRODUCE), Transportes y Comunicaciones a través de sus área correspondientes, deben impulsar el ordenamiento y mayor control a las empresas, principalmente aserraderos, triplayeras, carboneros y a los medios de transportes obsoletos que generan altos niveles de PM₁₀ que perjudican a la población en general, sin descontar las pocas calles pavimentadas en todo el casco urbano de la ciudad de Pucallpa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcinegas (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. Manizales.
- Arteaga, J. & Durann, H. (2001). Contaminación atmosférica en Chile: Antecedentes y políticas para su control. Medio ambiente, ecología y salud pública. Universidad de Santiago. Instituto Medio Ambiente. Recuperado de: <http://www.usach.cl/lima/cap9.htm>.
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2005). Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos.
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2011). Calidad del Aire en la Ciudad de Pucallpa Marzo 2010. Pucallpa, Ucayali.
Obtenido de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/pral2/mpca-informes/INFORME%20PUCALLPA%20MARZO%202010.pdf>
- Ecologista en Acción (2006), <https://www.ecologistasenaccion.org/5686/particulas-en-suspension-pm10/>
- García. (2008). Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá, Colombia 2008-2009. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2662/1/597591.2010.pdf>
- Green, J. Sánchez, S. (2012). La calidad del aire en América latina y el caribe. Washington D.C.: Clean Air Institute, pp. 36.
- Hernández, R. Fernández, C. y Batista, L. Metodología de la Investigación. 5ta edición. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. 2010. 656 pp. ISBN 978-607-15-0291-9
- MELGAR, P.(2002). Contaminación ambiental por PM10 dentro y fuera del domicilio y capacidad. La Sierra, Puerto Nare, Antioquia, Colombia. Obtenido de <http://www.scielosp.org/pdf/rsap/v15n1/v15n1a10.pdf>
- OMS. (2002). Calidad del aire (exterior) y salud. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- OMS. (2006). Guías de Calidad del aire de la OMS, relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Ginebra, Suiza.

- Román W. (2018). Pautas para Formular Proyecto de Tesis y trabajos de Investigación en Ingeniería. Editorial UNMSM. Perú.
- Sandoval (2000). Evaluación de la Contaminación por Ruido en la Localidad de Puente Aranda en Santa Fe de Bogotá, D.C. En Memorias Seminario Técnico Administrativo del Ruido Causado por Fuentes Móviles (Tráfico Rodado). DAMA, PNUD, Goethe-Institut de Bogotá. 25 y 26 de Sept. 2000. Bogotá. www.goethe.de/hn/bog/ruido/rasmusse.pdf.
- SENAMHI (2011). Evaluación de la calidad del aire en lima metropolitana 2011. Lima, Lima, Perú. Obtenido de:
http://www.senamhi.gob.pe/usr/dgia/pdf_dgia_eval2011.pdf
- WHO, World Health Organization. (2007). All rights reserved. Publications of the World Health Organization can be obtained from WHO Press, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland (tel.: +41 22 791 3264; fax: +41 22 791 4857; e-mail: bookorders@who.int).

ANEXOS

Anexo 01:

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE ESTUDIO/DIMENSIONES/ND.	METODOLOGIA
<p>“Modelo de simulación y el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa”</p>	<p>1. Problema General:</p> <p>¿En qué medida un modelo de simulación y una aplicación informática influye en el monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa?.</p> <p>1. 1. Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles serán las concentraciones de calidad de aire menores a 10 micras (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa? ¿De qué manera la creación de un modelo de simulación permitirá prospectar el comportamiento de la calidad de aire en el futuro? ¿Influirá en forma positiva una aplicación web, como herramienta informática en el proceso de monitoreo del PM₁₀ en la ciudad de Pucallpa?. 	<p>1.Objetivo general:</p> <p>Desarrollar un modelo de simulación y una aplicación informática para mejorar el sistema de monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa.</p> <p>2.Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar la concentración de partículas menores a 10 micras (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa. Modelar y prospectar el comportamiento de la calidad de aire en el futuro mediante un modelo de simulación. Diseñar y desarrollar una aplicación informática para el proceso de monitoreo la calidad de aire PM₁₀ en la ciudad de Pucallpa. 	<p>Hipótesis General:</p> <p>El modelo de simulación y la aplicación informática contribuye en el mejoramiento del monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> •H1: La concentración de aire por partículas menores a 10 micras (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa es alta. •H2: La predicción de la realidad con un modelo de simulación con las variables que intervienen en la calidad de aire de PM₁₀ tiene tendencia altamente creciente con variaciones irregulares. •H3: El diseño y aplicación web propuesto influye significativamente en la mejora del proceso de monitoreo de la calidad de aire PM₁₀ en la ciudad de Pucallpa. 	<p>Variable Independiente(x)</p> <p>Modelo de simulación y aplicación informática (sistema de información).</p> <p>Variable dependiente (y)</p> <p>Proceso de Monitoreo de calidad de aire.</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> •Modelamiento y software de simulación. •Concentración de material particulado. •Índice de calidad ambiental (INCA) <p>Estándares de calidad ambiental para Aire (ECA).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Coordenadas UTM. • Mapas del distrito • Plano de zonificación • Formatos de campo <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Tiempo de corrida, Variación de Proyecciones, Índice de calidad de aire, Límite máximo de partículas menores a 10 micrones, tipo de alerta, Valor estándar ECA, separación, inercia/filtración. (gravimetría) 	<p>Tipo y nivel de Investigación:</p> <p>El Tipo de investigación de acuerdo al fin que se persigue es aplicada y de acuerdo a los tipos de datos analizados es cuantitativa con pre test y pos test.</p> <p>Diseño y esquema de Investigación</p> <p>1: Etapa</p> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; display: inline-block;">M ----- O</div> <p>M=Muestra</p> <p>O= observación (puntos de monitoreo).</p> <p>2. Etapa: Cuasi experimental</p> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px; display: inline-block;">GE: O₁ ----- X ----- O₂</div> <p>GE: Grupo “Estudio”.</p> <p>O1: Medición de la variable dependiente antes de aplicar la variable independiente (pre prueba).</p> <p>X: Aplicación de la variable independiente (sistema de minitoreo).</p> <p>O2: Medición de la variable dependiente después de aplicar la variable independiente (post-prueba).</p> <p>Población y Muestra</p> <p>Primera etapa, el estudio comprende las calles de la ciudad de Calleria, Manantay y Yarinacocha.</p> <p>Para la propuesta del sistema y la validación de la hipótesis, se considera la población a los trabajadores de la unidad de ecología y medio ambiente de la Dirección Ejecutiva de salud ambiental (DESA).</p> <p>Muestra: Puntos de Muestreo (12 puntos, 4 por distrito), elegidos en forma no probabilística y tomando en cuenta el protocolo de monitoreo.</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



Anexo 02:
CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación: "Modelo simulación y el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa".

Investigador

Mg. Walter Gilberto Román Claros, alumno de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Introducción/Propósito

El objetivo del estudio es desarrollar un modelo de simulación y una aplicación informática para mejorar el sistema de monitoreo de la calidad de aire generados por emisiones de material particulado (PM₁₀) en la ciudad de Pucallpa.

Procedimientos

Se realizará 12 puntos de monitoreo (Callleria, Manantay y Yarinacocha), se desarrollará un modelo de simulación, una aplicación informática y se aplicara dos encuestas de pre y pos test.

Riesgos e incomodidades

No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar a invitación No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio, solo la voluntad.

Beneficios

El beneficio que obtendrá por participar en el estudio, es el recibir información oportuna y actualizada.

Alternativas

La participación en el estudio es voluntaria. Usted puede escoger no participar o puede abandonar el estudio en cualquier momento. El retirarse del estudio no le representará ninguna penalidad o pérdida de beneficios a lo que tiene derecho.

Le notificaremos sobre cualquiera nueva información que pueda afectar su salud, bienestar o interés por continuar en el estudio.

Compensación

No recibirá pago alguno por su participación, ni de parte del investigador ni de las instituciones participantes. En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo al investigador responsable.

Confidencialidad de la información

Los datos que se obtengan a lo largo del presente estudio son totalmente confidenciales, de modo que solo se emplearan para cumplir los objetivos antes descritos. No se publicaran nombres de ningún tipo. Así que podemos garantizar confidencialidad absoluta.

Consentimiento / Participación voluntaria

Acepto participar en el estudio. He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar dudas sobre ello y se me ha respondido satisfactoriamente. Consiento voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de retirarme en cualquier momento de la entrevista sin que me afecte de ninguna manera.

Nombres y firmas del participante y responsable de la investigación

Firma del participante

Firma del investigador



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



Anexo 03:

ENCUESTA DE PRE TEST O PRUEBA DE ENTRADA

Código de encuesta: _____

Código del encuestador: _____

N° de encuesta: _____

Fecha: ____/____/____

ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA DE LA UNIDAD DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL-(DESA)

INSTRUCCIONES: La presente encuesta tiene por objetivo conocer la percepción que tienen los trabajadores involucrados sobre el **sistema actual** en la gestión del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa.

Por favor sírvase a contestar las siguientes preguntas, marcando con un aspa o según sea el caso:

A. INFORMACIÓN GENERAL

PG1: INFORMACIÓN BÁSICA DE LA INSTITUCION

1. Nombre de la Institución: _____

2. Sector que corresponde: _____

3. Área: _____

4. Persona Entrevistada: _____

5. Cargo que desempeña: Director y/o Jefe área () Otros: _____

PG2: Sexo:

1). Masculino ()

2). Femenino ()

PG3: Edad

1) De 20 a 40 años ()

- 2) De 40 a 60 años ()
 3) Más de 60 años ()

B. PREGUNTAS ESPECÍFICAS

Instrucciones: Escriba el puntaje que Ud. crea conveniente, teniendo en cuenta la descripción del siguiente cuadro:

ESCALA						
1	2	3	4	5		
Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno		
SIMULACION Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE PUCALLPA						
N°	Preguntas	Alternativas (Escala)				
		1	2	3	4	5
PE01	¿Cómo evalúa Ud. gestión de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Pucallpa en la actualidad?					
PE02	¿Cómo evalúa Ud. la asignación de los puntos de monitoreo por zona en la actualidad?					
PE03	¿Cómo evalúa Ud. la rapidez cuando se realiza la gestión del monitoreo de la calidad de aire?					
PE04	¿Cómo evalúa Ud. la accesibilidad al actual sistema de gestión de monitoreo de la calidad del aire?					
PE05	¿Qué le parece el uso del sistema actual en la gestión de monitoreo de la calidad del aire?					
PE06	¿Qué le parece el reporte generado por el sistema actual de gestión de calidad del aire?					
PE07	¿En qué medida el sistema actual de gestión de monitoreo de la calidad del aire contribuye con los objetivos planteados por DESA?					
PE08	¿Cómo evalúa Ud. la organización de la información con el actual sistema?					
PE09	¿Cómo califica Ud. la eficiencia del actual sistema de monitoreo de calidad de aire?					

SE LE AGRADECE POR SU VALIOSA COLABORACIÓN.



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POS GRADO



Anexo 04:

ENCUESTA DE POST TEST O PRUEBA DE SALIDA

Código de encuesta: _____

Código del encuestador: _____

N° de encuesta: _____

Fecha: ____/____/____

**ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA DE LA UNIDAD DE ECOLOGÍA Y
MEDIO AMBIENTE DE LA DIRECCIÓN EJECTIVA DE SALUD AMBIENTAL- (DESA)**

INSTRUCCIONES: La presente encuesta tiene por objetivo conocer la percepción que tienen los trabajadores involucrados sobre el **sistema informático implementado** en la gestión del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa.

Por favor sírvase a contestar las siguientes preguntas, marcando con un aspa o según sea el caso:

A. INFORMACIÓN GENERAL

PG1: INFORMACIÓN BÁSICA DE LA INSTITUCION

1. Nombre de la Institución: _____
2. Sector que corresponde: _____
3. Área: _____
4. Persona Entrevistada: _____
5. Cargo que desempeña: Director y/o Jefe área () Otros: _____

PG2: Sexo:

- 1). Masculino ()
- 2). Femenino ()

PG3: Edad

- 4) De 20 a 40 años ()
 5) De 40 a 60 años ()
 6) Más de 60 años ()

B. PREGUNTAS ESPECÍFICAS

Instrucciones: Escriba el puntaje que Ud. crea conveniente, teniendo en cuenta la descripción del siguiente cuadro:

ESCALA						
1	2	3	4	5		
Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno		
SIMULACION Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE PUCALLPA						
N°	Preguntas	Alternativas (Escala)				
		1	2	3	4	5
PE01	¿Cómo califica Ud. (o avalúa), la gestión de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Pucallpa con el sistema implementado?					
PE02	¿Cómo evalúa Ud. la forma de asignación de los puntos de monitoreo por zona con el sistema implementado?					
PE03	¿Cómo evalúa Ud. el tiempo y la rapidez cuando se realiza la gestión del monitoreo de la calidad de aire con el sistema implementado?					
PE04	¿Cómo evalúa Ud. la accesibilidad a la información con el sistema implementado para la gestión de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Pucallpa?					
PE05	¿Qué le parece el uso del sistema informático implementado en la gestión de monitoreo de la calidad del aire?					
PE06	¿Qué le parece el reporte generado por el sistema implementado en la gestión de calidad del aire en la ciudad de Pucallpa?					
PE07	¿En qué medida cree que el sistema implementado de gestión de monitoreo de la calidad del aire contribuya con los objetivos planteados por DESA?					
PE08	¿Cómo evalúa Ud. la organización de la información con el actual sistema?					
PE09	¿Cómo califica Ud. la eficiencia del actual sistema de monitoreo de calidad de aire?					

SE LE AGRADECE POR SU VALIOSA COLABORACIÓN.



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



Anexo 05:
AVISO DE CONFIDENCIALIDAD

Título de la investigación: "Modelo simulación y el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa".

Yo, Walter Gilberto Román Claros, responsable de la presente investigación, mantendré bajo reserva y no odre propagar, difundir o usar en beneficio propio o de terceros la totalidad o parte de cualquier dato o información considerada en esta investigación.

Los datos que se obtengan a lo largo del presente estudio son totalmente confidenciales. En ninguno de los informes del estudio aparecerá su nombre y su identidad, no será revelada a persona alguna salvo para cumplir los fines del estudio. El acceso a dicha información quedara restringido al personal designado al efecto y a otro personal autorizado que estará obligado a mantener la confidencialidad de la información. Los resultados del estudio podrán ser comunicados a las autoridades universitarias y, eventualmente, a a comunidad científica a través de congresos y/o publicaciones.

De acurdo con las normas de la universidad, usted tiene derecho al acceso a sus datos personales; asimismo, si está justificado, tiene derecho a su rectificación y cancelación.

Walter Gilberto Román Claros
Responsable de la investigación

ANEXO 06: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, LOPEZ Y OJEDA MIGUEL OSCAR, con DNI N° 00093464, de profesión ECONOMISTA, Dr. GESTION EPD., ejerciendo actualmente como DOCENTE, en la institución UNIVERSIDAD NACIONAL DE Ucayali

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación del instrumento **(PRE TEST O PRUEBA DE ENTRADA - ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA DE LA UNIDAD DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL-DESA)** a los efectos de su aplicación _____.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia del tema				✓
Amplitud del contenido				✓
Redacción de los ítems				✓
Claridad y precisión				✓
Pertinencia				✓

En Pucallpa, a los 22 días de mes de FEBRERO del 2019

Dr. LOPEZ Y OJEDA MIGUEL OSCAR



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, Ivan Ivan Salvador Cardenas, con DNI N° 00039319, de profesión Ingeniero Forestal, ejerciendo actualmente como Docente, en la institución Universidad Nacional de Ucayali.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación del instrumento **(POST TEST O PRUEBA DE SALIDA - ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA DE LA UNIDAD DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL-DESA)** a los efectos de su aplicación _____.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia del tema				X
Amplitud del contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Pucallpa, a los 14 días de mes de Septiembre del 2019

Dr. IVAN SALVADOR CARDENAS



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, FERNANDO RAFAEL LEAN, con DNI N°
18203332, de profesión ING CIVIL Dr. CIENCIAS AMBIENTALES
ejerciendo actualmente como DOCENTE, en la institución
UNIVERSIDAD NACIONAL DE Ucayali

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación del instrumento
(PRE TEST O PRUEBA DE ENTRADA - ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA
DE LA UNIDAD DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA DIRECCION EJECUTIVA DE
SALUD AMBIENTAL-DESA) a los efectos de su aplicación _____.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia del tema				✓
Amplitud del contenido				✓
Redacción de los ítems				✓
Claridad y precisión				✓
Pertinencia				✓

En Pucallpa, a los 20 días de mes de Febrero del 2019

Dr. FERNANDO RAFAEL LEAN



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, DAVID ABEL GONZALEZ MANRIQUE DE LARA, con DNI N°
22507251, de profesión INGENIERO CIVIL,
ejerciendo actualmente como DOCENTE ORDINARIO, en la institución
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación del instrumento
(PRE TEST O PRUEBA DE ENTRADA - ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA
DE LA UNIDAD DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA DIRECCION EJECUTIVA DE
SALUD AMBIENTAL-DESA) a los efectos de su aplicación _____

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia del tema				✓
Amplitud del contenido				✓
Redacción de los ítems				✓
Claridad y precisión				✓
Pertinencia				✓

En Pucallpa, a los 20 días de mes de FEBRERO del 2019



Dr. DAVID ABEL GONZALEZ MANRIQUE DE LARA



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"
ESCUELA DE POSGRADO



CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, Nilton Cesar Ayra Apac, con DNI N°
22514207, de profesión Inz. de Sistemas,
ejerciendo actualmente como Docente Posgrado, en la institución
Universidad Nacional de Ucayali

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación del instrumento
(PRE TEST O PRUEBA DE ENTRADA - ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA
DE LA UNIDAD DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA DIRECCION EJECUTIVA DE
SALUD AMBIENTAL-DESA) a los efectos de su aplicación _____.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia del tema				X
Amplitud del contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Pucallpa, a los 12 días de mes de febrero del 2019



Dr. Nilton Cesar Ayra Apac

Anexo 07: DATOS METEREOLÓGICOS: AÑO 2017

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE DATOS METEREOLÓGICOS

MESES DEL AÑO	TEMPERATURA °c				PLUVIOMETRIA		HRº	EVAPORACIONES		BRILLO SOLAR		NUBOSIDAD		VIENTOS		PRESION BAROMETRICA
	Max	Min	Osci.	\bar{X}	Nº Dias	Total mes	%	día	Tot. Mes	Día	Mes	Total	Media	m/seg	Direc.	Lectura
Enero	30.7	22.8	7.9	26.8	19	180.9	85.6	3.1	94.6	115.5	3.7	224.7	7.2	1.0	N	996.1
Febrero	30.8	22.9	7.9	26.9	12	90.8	90.8	3.0	84.4	94.2	3.4	210.7	7.5	1.6	N	997.4
Marzo	29.8	22.8	7.0	26.3	13	165.2	165.2	2.0	89.8	88.6	2.8	217.0	7.0	1.6	N	997.8
Abril	30.7	22.7	8.0	26.7	13	246.1	246.1	3.4	101.1	129.7	4.2	192.7	6.4	1.4	SE	998.8
Mayo	30.4	22.5	7.9	26.5	14	66.8	66.8	2.9	89.9	137.9	4.4	200.0	6.4	1.5	SE	999.3
Junio	30.9	22.1	8.8	26.5	9	232.4	232.4	3.2	94.2	191.1	6.4	166.0	5.6	1.6	E	999.6
Julio	30.1	20.7	9.4	25.4	5	34.1	34.1	3.1	95.4	170.6	5.5	159.0	5.1	1.5	SE	1001.2
Agosto	31.5	20.9	10.6	26.2	8	100.1	100.1	3.6	111.3	208.4	6.7	192.7	6.2	1.5	NE	1000.0
Setiembre	33.6	22.0	11.6	27.8	5	5.3	5.3	4.1	124.2	152.2	5.2	188.7	6.3	1.9	NW	998.9
Octubre	32.3	22.6	9.7	27.5	12	233.1	233.1	3.6	110.7	154.4	5.0	197.3	6.4	1.9	NW	997.6
Noviembre	31.1	22.8	8.3	27.0	11	406.9	406.9	3.9	116.8	135.6	4.5	209.7	7.0	2.5	N	996.4
Diciembre	31.3	23.3	8.0	27.3	13	142.5	142.5	3.4	106.4	111.0	3.6	211.0	6.8	2.9	NW	999.4
TOTAL	373.2	268.1	105.1	320.9		1904.2	1808.9	39.3	1218.8	1689.2	55.4	2369.5	77.9	20.9		
MEDIA	31.1	22.3	8.8	26.7			82.3	3.4	101.6	140.8	4.6	197.5	6.5	1.7		
PROMEDIO TEMP.	26.7															

Fuente: Estación Meteorológica-Universidad Nacional de Ucayali.

ANEXO 08

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto1. Equipo HIVOL PM10



Foto 2. Traslado del equipo Hivol a los puntos de monitoreo.



Foto 3. Instalando para la evaluación de calidad de aire con el equipo de alto volumen (Hivol).



Foto 4. Evaluación de calidad de aire entre la Av. Túpac Amaru y Jr. Daniel Alcides Carrión.



Foto 5. Colocando los filtros en el equipo.

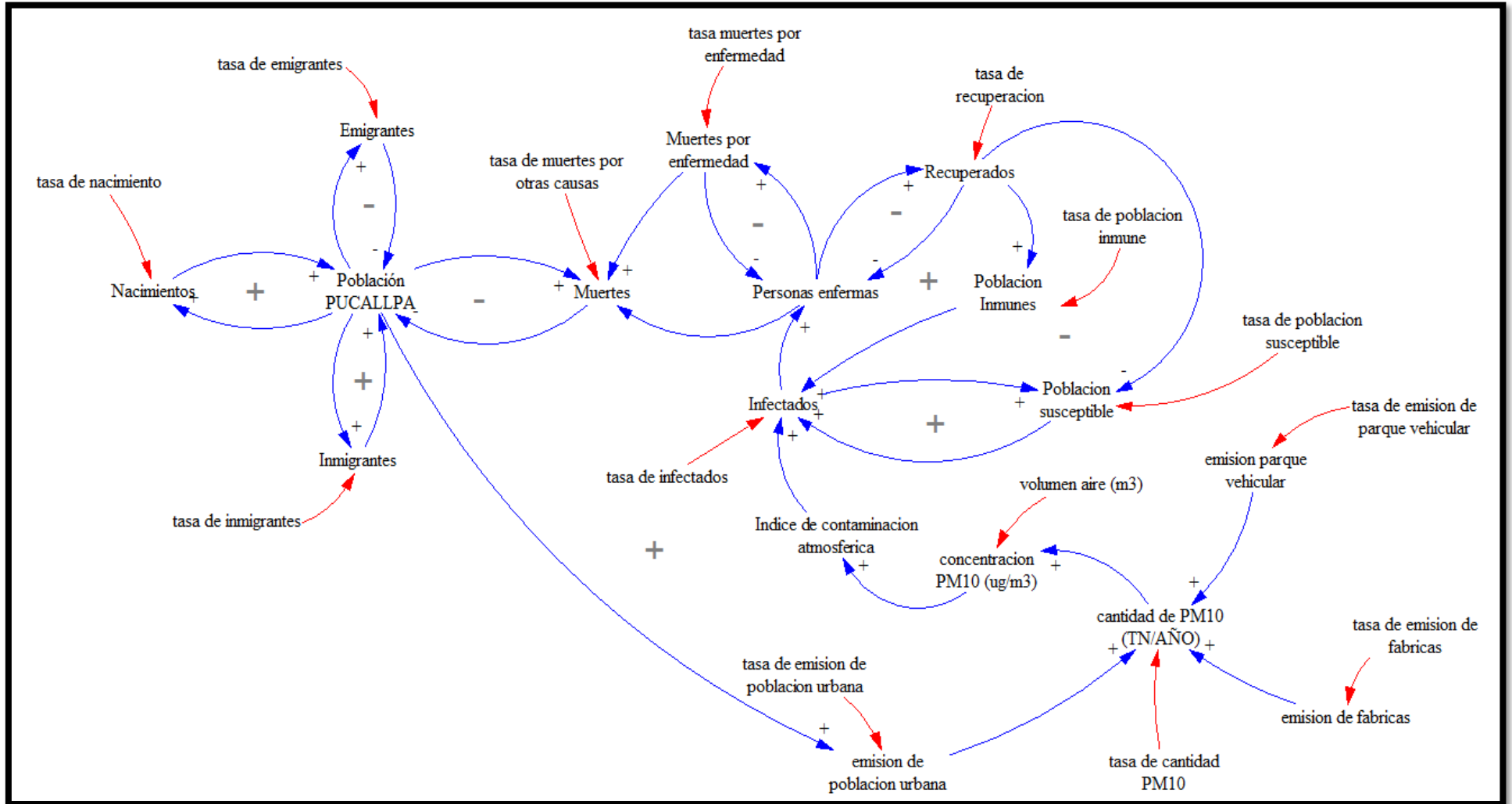


Foto 6. Av. Tupa Amaru, Distrito de Manantay.

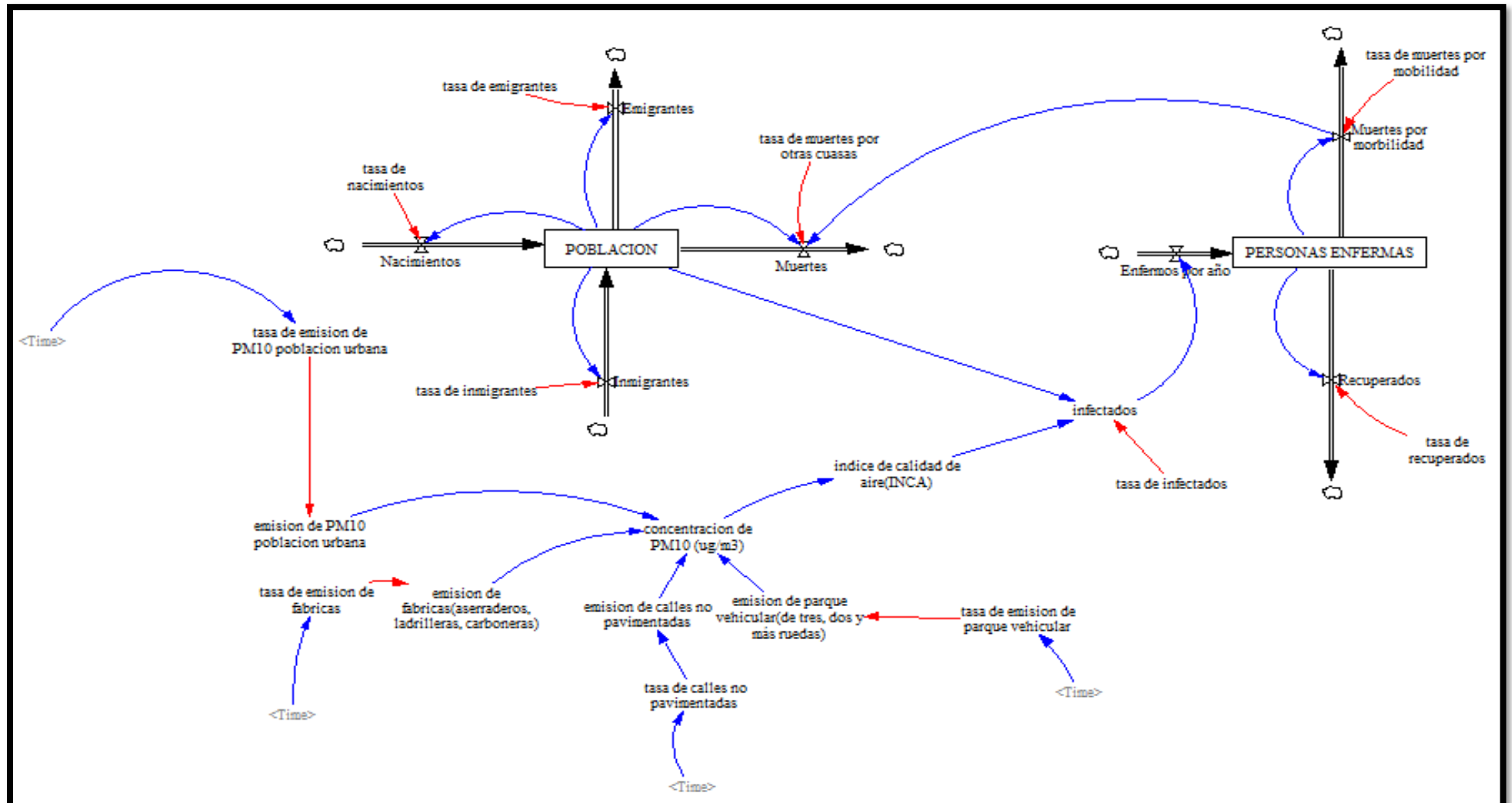
Anexo 09: FORMATO DE TOMA DE MUESTRA PM₁₀

FORMATO DE TOMA DE DATOS PM ₁₀					
ESTACION DE MUESTREO	DIRECCION/UBICACIÓN	OBSERVACIONES DEL TERRENO			
INICIO					
FECHA	N° FILTRO	HORA INICIAL	PESO DE LA MUESTRA	PRESION INICIAL Pulg H ₂ o	TEMPERATURA AMBIENTE
FINAL					
FECHA	N° FILTRO	HORA INICIAL	PESO DE LA MUESTRA	PRESION INICIAL Pulg H ₂ o	TEMPERATURA AMBIENTE
INCIDENCIAS					

Anexo 10: DIAGRAMA CAUSAL



Anexo 11: DIAGRAMA DE FORRESTER



Vensim® PLE 8.0.7 (Double Precision) x64:DIAGRAMAPM10 FINAL.mdl Var:"concentraci3n de PM10 (ug/m3)"

File Edit View Layout Model Options Windows Help

Simulation results file name: simulaci3n

Edit: concentraci3n de PM10 (ug/m3)

Variable Information

Name: "concentraci3n de PM10 (ug/m3)"
 Type: Auxiliary Sub-Type: Normal
 Units: ug/m3 Check Units Supplementary
 Group: .diagramapm10 final Min: 236.8 Max: 370.5

Equations

= "emisi3n de fabricas(aserraderos, ladrilleras, carboneras)"+"emisi3n de parque vehicular(de tres, dos y m3s ruedas)"
 +emisi3n de PM10 poblacion urbana+emisi3n de calles no pavimentadas

Functions: Common Keypad Buttons Variables: Causes

emisi3n de calles no pavimentadas
 emisi3n de fabricas(aserraderos, ladrilleras, carboneras)
 emisi3n de parque vehicular(de tres, dos y m3s ruedas)
 emisi3n de PM10 poblacion urbana

Comment

Expand

Errors: Equation OK

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

PERSONAS ENFERMAS

tasa de muertes por morbilidad

Muertes por morbilidad

Recuperados

tasa de recuperados

View 1 Times New Roman 12 | b | u | s |

WB Var: "concentraci3n de PM10 (ug/m3)"

Anexo 12: PUNTOS DE MONITOREO PM₁₀ EN LA CIUDAD DE PUCALLPA



NOTA BIOGRÁFICA

Walter Gilberto Román Claros, nace en el caserío de Parán, Distrito de Leoncio Prado, Provincia de Chancay, Departamento de Lima, el 04 de mayo de 1967, se traslada a Pucallpa-Ucayali desde muy niño; termina sus estudios de educación primaria en el C.E. N° 64029, ocupando el primer puesto en mérito, sus estudios secundarios lo realizó en el Colegio Nacional Augusto Salazar Bondy, ocupando el primer puesto en los 5 años de estudios, es becado y con ello ingresa en forma directa a la Universidad Nacional de Ucayali a la Facultad de Ciencias Agrarias y paralelamente postula a la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco y obtiene el grado de bachiller título de ingeniero industrial. Hizo sus estudios de maestría con mención en Gestión de Proyectos, obteniendo el grado de magíster, asimismo realizó un doctorado en Gestión Empresarial, ambos en la UNHEVAL. Realizó una especialización en Gerencia de Proyectos de Inversión Pública en la Universidad del Pacífico-Lima. Es investigador y ha publicado el libro “Pautas para Elaborar Proyecto de Tesis y Trabajos de Investigación en Ingeniería” con código ISBN 978-612-00-2962-6.

Actualmente se desempeña como docente de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali y en la Escuela de Posgrado de la misma Universidad.



ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE DOCTOR

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado; siendo las **14:00h**, del día **lunes 25 DE NOVIEMBRE DE 2019**; el aspirante al **Grado de Doctor en Gestión Empresarial, Don, Walter Gilberto ROMAN CLAROS**, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: **"MODELO DE SIMULACIÓN Y EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE PUCALLPA"**, ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

- | | |
|---|------------|
| Dr. Amancio Ricardo ROJAS COTRINA | Presidente |
| Dr. Marco Antonio VILLAVICENCIO CABRERA | Secretario |
| Dr. Niker Jhon SALINAS ALEJANDRO | Vocal |
| Dr. Abimael Adam FRANCISCO PAREDES | Vocal |
| Dr. Edwin Roger ESTEBAN RIVERA | Vocal |

Asesor de tesis: Dr. Rosario VARGAS RONCAL (Resolución N° 01914-2017-UNHEVAL/EPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- a) Presentación personal.
- b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y recomendaciones.
- c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- d) Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado planteó a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....
.....
.....

Obteniendo en consecuencia el Doctorando la Nota de DIECISIETE (17)

Equivalente a MUY BUENO, por lo que se declara APROBADO
(Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado firman la presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 15:30 horas del **25** de noviembre de 2019.

.....
PRESIDENTE
DNI N° 07025628

.....
SECRETARIO
DNI N° 22490808

.....
VOCAL
DNI N° 22498088

.....
VOCAL
DNI N° 22416288

.....
VOCAL
DNI N° 20719667

Leyenda:
19 a 20: Excelente
17 a 18: Muy Bueno
14 a 16: Bueno

(Resolución N° 0902-2019-UNHEVAL/EPG-D)

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE POSGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos del autor de la tesis)

Apellidos y Nombres: ROMAN CIAROS WALTER GILBERTO

DNI: 00083727 Correo electrónico: Romanwalter2012@hotmail.com

Teléfonos Casa - Celular 961657990 Oficina -

2. IDENTIFICACION DE LA TESIS

Posgrado	
Doctorado:	<u>GESTIÓN EMPRESARIAL</u>

Grado Académico obtenido:

DOCTOR EN GESTION EMPRESARIAL

Título de la tesis:

MODELO DE SIMULACIÓN Y EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE PUCOLLPA.

Tipo de acceso que autoriza el autor:

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción de Acceso
<input checked="" type="checkbox"/>	PÚBLICO	Es público y accesible el documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
<input type="checkbox"/>	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, mas no al texto completo.

Al elegir la opción "Público" a través de la presente autorizo de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que dicha autorización cualquiera tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

() 1 año () 2 años () 3 años () 4 años

Luego del periodo señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasara a ser de acceso público.

Fecha de firma: 29/11/19


Firma del autor