

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMATICA



TESIS DE GRADO

**MODELO DE SIMULACION OZONO TROPOSFERICO Y
SU RELACION CON LAS ENFERMEDADES
RESPIRATORIAS AGUDAS QUE SE PRESENTAN EN LOS
NIÑOS QUE VIVEN EN LA CIUDAD DE LA PAZ**

**POSTULANTE AL GRADO DE LICENCIATURA EN INFORMATICA
“MENCION INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS”**

POSTULANTE: Univ. Ángela Jislene Justiniano Antelo

TUTOR METODOLOGICO: Lic. Grover Rodriguez Ramirez

ASESOR: Lic. Javier Reyes Pacheco

**La Paz-Bolivia
2014**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor para aquellas personas importantes en mi vida, que hicieron todo para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y alentarme a seguir siempre adelante, a ustedes siempre los llevo en mi corazón y por eso esta tesis se las dedico:

A mis Padres, Docentes y Amigos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida y la salud que me dio todos estos años, A mis padres por brindarme siempre su apoyo incondicional, tenerme paciencia y motivarme para seguir siempre adelante y por estar conmigo en cada momento de mi vida, a mis docentes por impartir sus conocimientos a mis compañeros y a mi persona en todos mis años de universidad y por ser buenos guías y amigos; a los señores bibliotecarios por abrirme siempre las puertas de la biblioteca para obtener información y a mis amigos por estar siempre conmigo alentándome y brindándome su apoyo día a día.

CONTENIDO

CAPITULO 1 ANTECEDENTES GENERALES O MARCO REFERENCIAL	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5 HÍPOTESIS.....	4
1.6 JUSTIFICACION	5
1.6.1 JUSTIFICACION TEÓRICA.....	5
1.6.2 JUSTIFICACION METODOLÓGICA	5
1.6.3 JUSTIFICACION PRÁCTICA.....	5
1.7 LIMITES Y ALCANCES.....	6
1.7.1 LÍMITES	6
1.7.2 ALCANCES	6
CAPITULO 2 MARCO TEORICO	7
2.1 CONTAMINACION DEL AIRE POR OZONO TROPOSFERICO	7
2.2 EFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN LA SALUD.....	11
2.3 ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS (IRA)	12
2.4 MODELOS Y METODOLOGIA DEL MODELADO	14
2.4.1 DINAMICA DE SISTEMAS	17
2.4.2 SISTEMAS COMPLEJOS.....	19

2.4.3 ESTRUCTURA Y COMPORTAMIENTO	19
2.4.4 REPRESENTACION MATEMATICA	20
2.4.5.SIMULACION	21
2.5 PROGRAMAS DE SIMULACION	23
2.5.1 VENSIM	23
2.5.2 STELLA	23
2.5.3 MATLAB.....	23
CAPITULO 3 DISEÑO METODOLOGICO MARCO DEMOSTRATIVO	24
3.1 INTRODUCCION	24
3.2 SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA.....	24
3.2.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	25
3.2.2 CONSTRUCCION DEL MODELO CONCEPTUAL.....	25
3.2.3 PROGRAMACION DEL MODELO EN LA COMPUTADORA.....	31
3.2.4 VERIFICACION	39
3.2.5 VALIDACION	39
3.2.6 EXPERIMENTACION	39
3.2.7 INTERPRETACION.....	39
3.2.8 DOCUMENTACION.....	39
CAPITULO 4 EVALUACION DE RESULTADOS	42
4.1 SIMULACION Y PRUEBAS	42
4.2 DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS	45
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1 CONCLUSIONES	49
5.2 RECOMENDACIONES.....	50
6. FUENTE DE INFORMACION	51

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PUNTOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE LA PAZ	9
FIGURA 2 POLITICAS DE CALIDAD AMBIENTAL	10
FIGURA 3. EFECTOS DEL OZONO TROPOSFERICO Y OXIDOS DE NITROGENO EN LA SALUD	12
FIGURA 4. FACTORES AMBIENTALES E INDIVIDUALES	13
FIGURA 5. ESTRUCTURA DE MODELO DE UN OBJETO DEL MUNDO REAL.....	15
FIGURA 6. METODOLOGIA DEL MODELADO	16
FIGURA 7. TIPOS DE MODELOS A ESTUDIAR CON DINAMICA DE SISTEMAS	17
FIGURA 8. DIAGRAMA CAUSAL	18
FIGURA 9. DIAGRAMA DE FORRESTER	18
FIGURA 10. REPRESENTACION POR ECUACION DIFERENCIAL	19
FIGURA 11. SIMIL HIDRODINAMICO.....	20
FIGURA 12. TRAYECTORIA DE LA SIMULACION DE UN MODELO	22
FIGURA 13. DIAGRAMA CAUSAL	30
FIGURA 14. DIAGRAMA DE FORRESTER OZONO TROPOSFERICO.....	35
FIGURA 14.1 DIAGRAMA DE FORRESTER NIÑOS CON ENFERMEDAD RESPIRATORIA AGUDA.....	35
FIGURA 15 DIAGRAMA DE FORRESTER DEL MODELO DE SIMULACION OZONO TROPOSFERICO Y SU RELACION CON LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS QUE SE PRESENTAN EN LOS NIÑOS QUE VIVEN EN LA CIUDAD DE LA PAZ	38
FIGURA 16. CALIBRADO DE LAS ECUACIONES DEL MODELO DE SIMULACION..	40
FIGURA 17. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO DE SIMULACION OZONO TROPOSFERICO Y SU RELACION CON LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS QUE SE PRESENTAN EN LOS NIÑOS QUE VIVEN EN LA CIUDAD	41
FIGURA 18. TRAYECTORIA Y ESTADISTICA DE NIÑOS ENFERMOS	43

FIGURA 19. TRAYECTORIA Y ESTADÍSTICA DE NIÑOS QUE MUEREN POR LA ENFERMEDAD	43
FIGURA 20. TRAYECTORIA Y ESTADÍSTICA DEL OZONO TROPOSFÉRICO	44
FIGURA 21. TRAYECTORIA Y ESTADÍSTICA DEL MONÓXIDO DE CARBONO	45

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. INDICES DE CALIDAD DE AIRE (AQI).....	8
TABLA 2. REPRESENTACION MATEMATICA DEL SIMIL HIDRODINAMICO	21
TABLA 3. ESTADISTICAS DEL OZONO TROPOSFERICO, OXIDOS DE NITROGENO Y MONOXIDO DE CARBONO	26
TABLA 4. POBLACION DE NIÑOS CON ENFERMEDAD RESPIRATORIA AGUDA.....	27
TABLA 5. COMPONENTES, VARIABLES Y RELACIONES.....	28
TABLA 6. VARIABLES OZONO TROPOSFERICO	31
TABLA 7. VARIABLES NIÑOS CON ENFERMEDAD RESPIRATORIA AGUDA.....	32
TABLA 8. CODIGO DE LAS VARIABLES DE NIVEL DEL MODELO DE SIMULACION	33
TABLA 9. CODIGO DE LAS VARIABLES DE FLUJO DEL MODELO DE SIMULACION.....	33
TABLA 10. CODIGO DE LAS VARIABLES DE AUXILIARES DEL MODELO DE SIMULACION	34
TABLA 11. ECUACIONES DE LAS VARIABLES DE NIVEL DEL MODELO DE SIMULACION	36
TABLA 12.ECUACIONES DE LAS VARIABLES DE FLUJO DEL MODELO DE SIMULACION	37

RESUMEN

El modelo de simulación ozono Troposférico y su relación con las Enfermedades Respiratorias Agudas que se presentan en los niños que viven en la Ciudad de La Paz, tiene por objetivo principal analizar la estructura del sistema para así poder explicar su Comportamiento respecto al tiempo. La simulación es una técnica utilizada para la para la resolución de problemas, siguiendo los cambios en el tiempo de un modelo de sistema dinámico; emplea ecuaciones matemáticas, para describir los cambios que sufre el sistema al variar algún parámetro, permite experimentar con el modelo; para ello se tomaron en cuenta las siguientes fases o etapas de la metodología del modelado. Esta metodología es un proceso en el cual se establecen las relaciones entre los componentes del sistema.

La contaminación atmosférica afecta el aire que respiramos; el cual es uno de los factores determinantes de la vida en la tierra y su contaminación es una preocupación a nivel mundial, ya que afecta a la salud de las personas; ocasionando el surgimiento de las enfermedades respiratorias agudas, la vegetación y los animales. La relación entre el sistema de contaminación del aire por ozono troposférico y las enfermedades respiratorias agudas es a través del tiempo de exposición. Los efectos del ozono troposférico en los niños ocurre a través del tiempo de exposición al aire libre con un índice alto de contaminación del mismo. Por ello se recomienda el uso de las políticas de calidad ambiental, para así reducir la concentración de este gas contaminante en la atmosfera y comunicar a la población en general la situación actual de la contaminación del aire y sus efectos en la calidad de vida, para promover la conciencia pública.

ABSTRACT

The simulation model Tropospheric ozone and its relationship to disease acute Respiratory presented in children living in the city of La Paz, main objective is to analyze the structure of the system in order to explain their Behavior versus time. Simulation is a technique used for solving problems, following changes in time of a dynamic system model; mathematical equations used to describe the changes undergone by the system by varying a parameter, to experiment with the model; For this took into account the phases or stages of the modeling methodology. This method is a process in which the relationship between system components is set.

Air pollution affects the air we breathe; which is one of the determinants of life on earth and pollution is a global concern, as it affects the health of people; leading to the emergence of acute respiratory diseases, vegetation and animals. The relationship between air pollution system for tropospheric ozone and acute respiratory diseases is through the exposure time. The effects of tropospheric ozone occur in children over time outdoor exposure with a high rate of contamination thereof.

Therefore the use of policies for environmental quality is recommended to reduce the concentration of this pollutant gas in the atmosphere and communicate to the general public the current status of air pollution and its effects on quality of life, promote public awareness.

CAPITULO 1
ANTECEDENTES
GENERALES O MARCO
REFERENCIAL



CAPITULO 1

ANTECEDENTES GENERALES O MARCO REFERENCIAL

1.1 INTRODUCCION

La contaminación del aire por ozono troposférico esta aumentado cada día; en la ciudad de La Paz llega a un alto nivel debido al incremento de contaminantes precursores primarios como ser: Óxidos de Nitrógeno, Hidrocarburos y también Monóxido de Carbono; este incremento de contaminantes precursores primarios, se debe principalmente al crecimiento del parque automotor en la ciudad, el cual llego hasta un 70% en los últimos años, según las estadísticas del instituto nacional INE. El ozono troposférico es un gas toxico para la salud, tiene un efecto oxidante y se genera a partir de un proceso foto químico complejo que ocurre a partir de la oxidación de hidrocarburos y monóxido de carbono, en presencia de los Óxidos de Nitrógeno y la radiación solar. Esto llega a tener un efecto dañino en la salud; tanto de niños, jóvenes, adultos y ancianos, los cuales están expuestos al realizar sus actividades diarias como ser: Ejercicios al aire libre, Visitas al parque, transportarse al trabajo; actividades como estas en las que se está mucho tiempo expuestos al aire libre. La contaminación del aire, es una preocupación a nivel mundial ya que es un peligro tanto para la salud del ser humano como para la vegetación y los animales; el aire es uno de los factores determinantes de la vida en la tierra, ya que día a día nuestros pulmones filtran alrededor de 15 kg de aire, y al estar contaminado llega a tener un efecto dañino para la salud. Es allí donde se relacionan las enfermedades respiratorias agudas (IRA), estas enfermedades representan uno de los principales problemas de salud en los niños, ya que compromete el buen funcionamiento del aparato respiratorio. Las IRA son las principales causas de muerte infantil en países en vías de desarrollo, donde influyen los factores tiempo de exposición al aire libre y el alto índice de contaminación por ozono troposférico. Es por ello que se construirá el modelo de simulación Ozono troposférico y su relación con las Enfermedades Respiratorias Agudas que se presentan en los niños que viven en la ciudad de La Paz, haciendo uso de la herramienta de simulación, metodología del modelado y dinámica de sistemas, para poder observar el comportamiento de este gas, identificando sus componentes, variables y relaciones.

1.2 ANTECEDENTES

El deterioro de la calidad del aire se debe a actividades realizadas por el hombre, causando así daños permanentes a la salud humana, la vegetación y los animales. Existen diferentes estudios realizados para este tipo de problemas ambientales:

- Monitoreo del material Particulado PM10 y su conclusión con enfermedades asociadas en la ciudad de La Paz-Bolivia, Pablo Aldunate (2005).
- Estudio funcional respiratorio en agentes de parada de la policía boliviana en La Paz y El Alto, expuestos a la contaminación ambiental, BIOFARBO (Junio, 2010).
- Modelo de Simulación para la aglomeración de residuos sólidos en la ciudad de La Paz, realizado por David Quispe Mamani, Universidad Mayor de San Andrés (La Paz, 2011).

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación del aire por ozono troposférico está incrementándose en las ciudades Bolivianas entre ellas la ciudad de La Paz. Esto se debe al incremento de contaminantes precursores primarios como ser: Óxidos de Nitrógeno, Compuestos Orgánicos Volátiles, hidrocarburos y Monóxido de carbono, los cuales reaccionan a la luz solar, formándose así ozono troposférico.

El ozono troposférico es un gas azulado compuesto por tres átomos de oxígeno, se forma por reacciones fotoquímicas y contaminantes precursores primarios; su concentración elevada puede tener consecuencias directas o indirectas en la salud de los niños, influyendo en su crecimiento, desarrollo y su calidad de vida. Cuando su concentración llega por ejemplo a 200 μg produce síntomas como ser: tos, dolor de cabeza, náuseas, dolores pectorales y en muchos casos acortamiento de la respiración, si supera los 243 μg , esto puede producir problemas serios como el deterioro de la función pulmonar.

Las principales fuentes que generan ozono troposférico son: Fijas (Industrias, incineradores de residuos, polos petroquímicos, etc.), Móviles (Transporte automotor, colectivos, camiones, minibuses, taxis, radiotaxis, motos, automóviles particulares, etc.); Los factores que determinan la contaminación del aire en las ciudades son: Uso masivo y de bajo aprovechamiento del automóvil particular, Déficit cualitativo y cuantitativo en el transporte público, Falta de adecuación tecnológica para el uso de combustibles menos contaminantes

y dispositivos de reducción de la contaminación, Falta de mantenimiento del parque automotor de vehículos, Congestión vehicular, falta de estudios a realizar en el área de la contaminación del aire, falta de programas de educación ambiental y concientización sobre los efectos en la salud.

El grado de toxicidad del contaminante ozono troposférico es determinado por 3 procesos: la captación del contaminante, las reacciones químicas del mismo en diferentes lugares de actuación y la capacidad del niño para activar sus mecanismos de defensa. Por lo cual nos planteamos la siguiente interrogante:

¿De qué manera se podrá reducir el índice de contaminación del aire por ozono troposférico, para que su efecto en niños con enfermedades respiratorias agudas no sea negativo?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un modelo de simulación para observar el comportamiento del ozono troposférico y su relación con las enfermedades respiratorias agudas que se presentan en los niños que viven en la ciudad de La Paz.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Observar, analizar y abstraer los componentes, variables y relaciones del objeto de estudio ozono troposférico.
- Observar, analizar y abstraer los componentes, variables y relaciones del objeto de estudio enfermedades respiratorias agudas (IRA).
- Aplicar la dinámica de sistemas a ambos objetos de estudio.
- Construir un modelo conceptual.
- Elaborar el diagrama causal para mostrar las relaciones entre las variables del modelo.

- Construir el diagrama de forrester.
- Determinar las ecuaciones del modelo para poder realizar la simulación.
- Calibrado del modelo.
- Realizar el análisis de Sensibilidad.
- Realizar una evaluación de validez o utilidad a partir de datos históricos.
- Presentar los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

1.5 HIPOTESIS

La concentración elevada del ozono troposférico en la atmosfera está ocasionando un gran problema para la salud de los niños que viven en la ciudad de La Paz; la contaminación del aire y con ello se manifiestan las enfermedades respiratorias agudas (IRA). Es por ello que se plantea la siguiente hipótesis:

H: El modelo de Simulación ayuda a reducir la concentración de ozono troposférico por lo menos en un 50% para que disminuya la contaminación del aire y también el número de niños con enfermedad respiratoria aguda descienda al menos en un 30%, mediante el planteamiento de políticas de calidad ambiental.

1.6 JUSTIFICACION

1.6.1 JUSTIFICACION TEORICA

El estudio de la contaminación del aire, es un tema delicado pero muy importante ya que se relaciona con la salud de todos los seres vivos del planeta tierra. Se tomará en cuenta como información las estadísticas sobre la concentración de ozono troposférico en la atmósfera y contaminantes precursores primarios; Óxidos de Nitrógeno, Hidrocarburos y Monóxido de Carbono que tiene relación con las enfermedades respiratorias agudas (IRA), a través del tiempo de exposición y su índice de contaminación. Se desea conocer el comportamiento que tiene este gas contaminante, y su efecto en la salud de los niños; mostrando la utilidad

de la simulación de sistemas en la toma de decisiones, aplicando la metodología de dinámica de sistemas y modelado.

1.6.2 JUSTIFICACION METODOLOGICA

Día tras día la tecnología evoluciona no solo en hardware sino también en software y esto hace posible procesar grandes cantidades de información y lograr cálculos que no se lograrían realizar de forma manual. Esta es una ventaja para la simulación de sistemas por computadora ya que combinando las computadoras y los modelos de dinámica de sistemas, que permiten una simulación eficaz de sistemas complejos; como ser; la simulación del ozono troposférico y su relación con las enfermedades respiratorias agudas (IRA) que se están presentando en los niños que viven en la ciudad de La Paz, facilitando el poder observar su comportamiento y llegar a una toma de decisiones, sin necesidad de esperar a que este comportamiento adopte una influencia negativa o experimentar con el sistema real, causando modificaciones que puedan alterar su curso.

1.6.3 JUSTIFICACION PRÁCTICA

Se tomará como referencia la metodología de modelado de dinámica de sistemas, para construir el modelo que cumpla con el objetivo principal de la presente tesis de grado; se tomaran en cuenta para realizar las respectivas pruebas del modelo, las estadísticas de la contaminación del aire por ozono troposférico y de los niños con enfermedades respiratorias agudas (IRA) proporcionadas por el instituto nacional de estadística INE y la red de calidad de aire Red Mónica.

1.7 LIMITES Y ALCANCES

1.7.1 LIMITES

Los límites establecidos son: se trabajará con datos estadísticos de la contaminación del aire por ozono troposférico y sus contaminantes precursores: Óxidos de Nitrógeno, Hidrocarburos y Monóxido de Carbono; estadísticas también de niños de 5 a 9 años de edad que viven en la ciudad de La Paz y que padecen de alguna de las enfermedades respiratorias

agudas (IRA), el área de estudio será el centro de la ciudad de La Paz, donde se genera bastante congestión vehicular.

1.7.2 ALCANCES

La relación tiempo/espacio para la simulación estará sujeta al área de estudio. El presente estudio tiene por objetivo observar el comportamiento del ozono troposférico y su relación con las enfermedades respiratorias que se presentan en los niños de 5 a 9 años que viven en la Ciudad de La Paz, y demostrar que mediante el planteamiento de políticas de calidad ambiental se podría llegar a reducir el índice de contaminación del aire por ozono troposférico para que así su influencia en la salud de los niños con enfermedades respiratorias agudas no sea negativa.



CAPITULO 2

MARCO TEORICO



CAPITULO 2

MARCO TEORICO

En este capítulo se presentaran un conjunto de conceptos y definiciones de las herramientas que son fundamentales para la construcción del modelo de simulación.

2.1 CONTAMINACION DEL AIRE POR OZONO TROPOSFERICO

La contaminación del aire por ozono troposférico llega a niveles altos causando un efecto negativo en la salud de las personas. El ozono tiene 2 orígenes: El primero es formándose a partir de los contaminantes primarios presentes en la atmósfera de forma natural: óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y ozono estratosférico; estimándose un valor de 30 % del total. El segundo origen es por actividades realizadas por el hombre, este origen está causando un desequilibrio en los componentes principales del aire (Nitrógeno y oxígeno), llegando a ser un factor más de la contaminación.

El ozono troposférico cumple el siguiente proceso foto químico:



Los óxidos de nitrógeno se forman por la siguiente reacción química entre el óxido nitroso (NO) y el oxígeno (O₂), esta reacción ocurre a altas temperaturas durante el uso de combustible (gasolina y diesel).



El parque automotor es la principal fuente de emisión de hidrocarburos por evaporación contribuyendo así a la tasa de quema de combustible.

Las 4 fuentes de contaminación del parque automotor son: Tubo de escape con un 50%, Carter con un 25%, Carburador con un 10% y el tanque de gasolina con un 25%.

La formación de ozono troposférico por la reacción fotoquímica de los contaminantes primarios óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles es la siguiente:



Las concentraciones más altas se registran en épocas de mayor radiación solar, la cual ayuda en la formación de ozono.

Tabla 1. Índices de calidad de aire (AQI) [Fuente: Servicio de sanidad ambiental, región de Murcia, 2008]

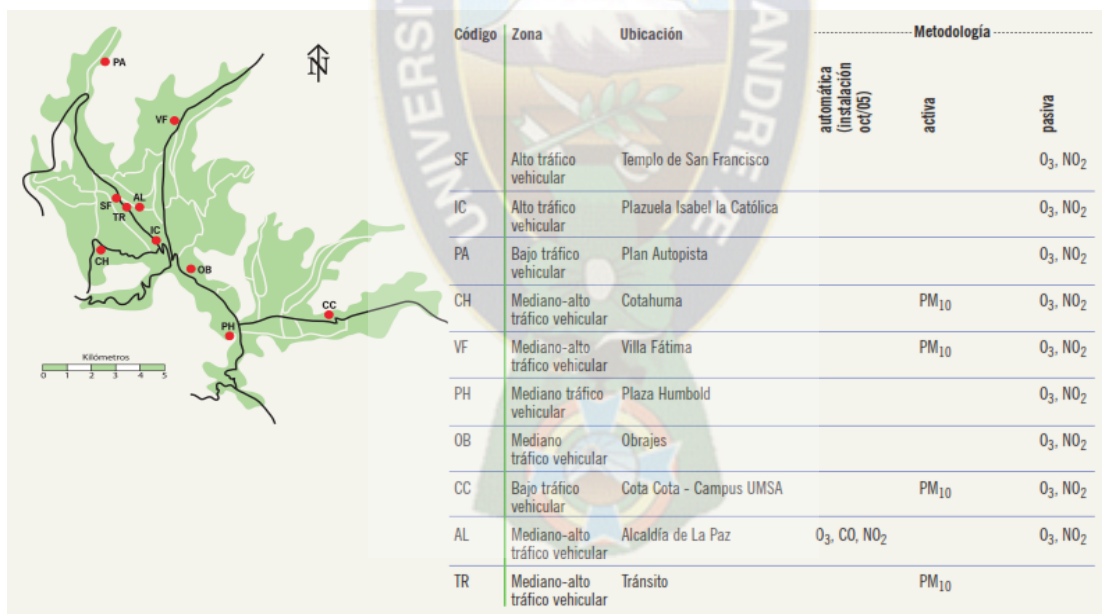
VALORES µg	AQI	DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	PROBLEMAS PARA LA SALUD
0 –125	0 a 50	BUENA	Probablemente ninguno
126 – 165	51 a 100	MODERADA	Usualmente los individuos sensibles pueden experimentar efectos respiratorios debido al prolongado esfuerzo al aire libre especialmente cuando es extraordinariamente sensible al ozono
166 – 204	101 a 150	NO SALUDABLE PARA GRUPOS SESIBLES	Miembros de grupos sensibles pueden experimentar síntomas respiratorios (tos, dolor al respirar profundamente)
205 – 243	151 a 200	INSALUBLE	Miembros de grupos sensibles tienen más posibilidades de experimentar síntomas respiratorios (tos y dolor agravados), reducción de la función de los pulmones.
244 - 793	201 a 300	MUY INSALUBLE	Miembros de grupos sensibles experimentan síntomas respiratorios severos y respiración débil.

Según estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los altos niveles de contaminación atmosférica, se están presentando en las ciudades con gran densidad poblacional: El Alto, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. La contaminación atmosférica se debe principalmente al crecimiento del parque automotor lo cual genera óxidos de nitrógeno, Hidrocarburos y Monóxido de Carbono; contaminantes primarios que contribuyen a la concentración de ozono troposférico en la atmosfera. El crecimiento del parque automotor en la ciudad en los últimos años es de 70%, por consecuencias de

importación de vehículos usados, de origen japonés, el cual crece paralelamente al grado de contaminación atmosférica y también los casos de Infecciones Respiratorias Agudas.

El Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés incursionó en este campo desde los primeros años de la década de los 90, aplicando métodos de biomonitoreo pasivo y activo, en la ciudad de La Paz. En Bolivia existe una ley que protege el medio ambiente en general, la ley 1333 (Ver Anexos), la cual tiene por finalidad mejorar la calidad de vida de la población. Actualmente, se trabaja en conjunto con la Red Mónica (“Red de Monitoreo de La Calidad Atmosférica” implementado por algunos gobiernos municipales en Bolivia) [SOLA, 2003]. La red Mónica cuenta con 9 puntos de medición en toda la ciudad de La Paz (ver Figura 1) y cuenta con algunas políticas de calidad ambiental (ver Figura 2).

Figura 1. Puntos de monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de La Paz [Fuente: Red Mónica]



Los puntos de medición nos proporcionan un índice de cuan contaminado está el aire, la concentración de humos, la emisión de gases que alcanzan altos niveles de toxicidad que degradan la calidad del ambiente y afecta la salud de las personas; por ello son necesarias las políticas de calidad ambiental, estas son normas que si la población las coloca en práctica ayudara a mejorar la calidad del aire.

Figura 2. Políticas de calidad ambiental [Fuente: Red Mónica]

Sensibilización	Comunicación	Ciencia y Tecnología	Fortalecimiento Institucional
1. Realizar campañas de educación vial.	Comunicar a la ciudadanía a través de medios de información y comunicación la situación actual de la contaminación del aire y sus efectos en la calidad de vida, para promover la conciencia pública.	Apoyar a la implementación de redes de monitoreo de la calidad del aire, a nivel nacional.	Apoyar en la elaboración, difusión e implementación de planes estratégicos de gestión de la calidad del aire.
2. Realizar campañas de sensibilización a sectores donde se generan mucho tráfico de vehículos a ciertas horas del día.	Promover la movilización ciudadana para demandar y cumplir con los deberes y derechos sobre la calidad del aire y su control.	Apoyar a la realización de modelos de simulación en estudios epidemiológicos.	Apoyar en la capacitación y actualización de personal técnico del área.
3. Mejorar el plan de circulación actual de vehículos de transporte público para evitar la congestión.	Realizar alianzas con los medios de difusión para llevar a cabo la educación sobre la contaminación ambiental y sus efectos en la salud.	Apoyar a la realización de estudios sobre emisiones vehiculares en altura.	Apoyar al desarrollo de la infraestructura.

2.2 EFECTOS DE LA CONTAMINACION EN LA SALUD

Según el tiempo de permanencia del ozono troposférico en la atmosfera, y el tiempo de exposición al aire contaminado, se pueden presentar efectos como ser: tos, irritaciones en la faringe, garganta, en los ojos, dificultades respiratorias, disminución del rendimiento pulmonar, deterioro de la función pulmonar y síntomas de malestar general como ser: cansancio, dolor de cabeza, desaliento; las personas que en un principio podrían resultar más afectadas son las que padecen enfermedades cardíacas o pulmonares.

En una concentración de 243 μg , realizándose ejercicios físicos en período de 2 horas el efecto sería disminución de la capacidad pulmonar en un 5%.

Estudios realizados sobre los efectos de la contaminación del aire muestran un aumento de la mortalidad de niños a causa de las enfermedades respiratorias agudas (IRA). Estas enfermedades son las siguientes: bronquitis aguda y cáncer de pulmón.

A determinado nivel de concentración, luego de cierto tiempo de exposición, ciertos contaminantes son considerados muy peligrosos ya que pueden causar serios trastornos en el sistema nervioso, daños en el aparato respiratorio e incluso la muerte. Los grupos que corren riesgos en este caso son los siguientes: los niños, debido a largos períodos de exposición al aire libre, los adultos, personas con alguna enfermedad respiratoria aguda (IRA) donde la crisis se vuelve más intensas y frecuente agravando el estado de salud de la persona y finalmente las personas mayores a 60 años.

La contaminación que generan los automóviles se asocian a las enfermedades respiratorias agudas, las cuales representan uno de los principales problemas de salud comprometiendo el aparato respiratorio; Uno de cada 30 casos de enfermedad respiratoria aguda genera complicaciones de los cuales se estima que mueren entre el 10 y el 20% de los niños afectados.

En las regiones de América, las enfermedades respiratorias agudas se encuentran entre las primeras 5 causa de muerte infantil.

Los efectos de la contaminación atmosférica en el ser humano varían de acuerdo al tiempo y grado de exposición, informa el neumólogo Boliviano Germán Villavicencio y señala también que el aire contaminado puede llegar a causar bronquitis aguda en pacientes saludables, pero en los que tienen antecedentes de enfermedades respiratorias reagudiza sus síntomas [PAGINA 7, 2013].

Figura 3. Efectos del ozono troposférico y óxidos de nitrógeno en la salud [Fuente: Duarte, 2010]

Contaminante	Efectos cuantificados	Efectos no cuantificados	Otros posibles efectos
Ozono	<ul style="list-style-type: none"> * Síntomas Respiratorios * Días de actividad restringida * Admisiones Hospitalarias * Ataques de Asma * Baja en los ingresos por menor productividad * Mortalidad 	<ul style="list-style-type: none"> * Cambios en funciones pulmonares * Respuesta creciente de las vas respiratorias a los estímulos * Inflamación del Pulmón 	<ul style="list-style-type: none"> * Cambios inmunológicos * Enfermedades respiratorias crónicas * Efectos extrapulmonares
NOx	<ul style="list-style-type: none"> * Enfermedades respiratorias 	<ul style="list-style-type: none"> * Mayor respuesta de vías respiratorias 	<ul style="list-style-type: none"> * Menor función pulmonar * Inflamación del pulmón * Cambios inmunológicos

2.3 ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS (IRA)

Son padecimientos infecciosos de las vías respiratorias con evolución menor a 15 días, en ocasiones se complican con neumonía. Estas enfermedades constituyen un importante problema de salud pública, pues resulta con la mortalidad más alta en el mundo. Los factores más relevantes se relacionan con la exposición ambiental, individual y social.

Estas enfermedades pueden afectar diversas partes del aparato respiratorio, desde la nariz, hasta los pulmones. Algunas son leves y presentan síntomas como ser: tos y catarro; al

contrario de otras que pueden ser peligrosas como bronquitis y pulmonía [TOLCACHIER, 2011].

El niño desarrolla entre tres a siete infecciones del aparato respiratorio superior cada año, que dependiendo de la intensidad y del estado de salud del niño algunos efectos pueden ser leves, moderados o graves, siendo estas últimas responsables de una mortalidad importante en lactantes y menores de cinco años.

Las causas más frecuentes son las infecciones, es decir las causadas por microbios. Pueden existir otras causas entre ellas las ocasionadas por contaminantes en el ambiente donde vive, así como también por sustancias químicas e irritantes que se encuentran en el aire y que al respirar afectan la función de las vías respiratorias. Estas enfermedades respiratorias pueden ser: Resfrió común, Bronquitis aguda, Neumonía y Asma. [OMS, 2003].

La neumonía es la infección aguda que con frecuencia amenaza la vida del niño, especialmente en países en vía de desarrollo, como el nuestro. Los factores se pueden ver en la Figura 4.

Figura 4. Factores Ambientales e Individuales.

Factores ambientales	Factores individuales
Contaminación del aire por gases como óxidos de nitrógeno, troposférico, etc.	Edad
Cambios de temperatura	Desnutrición, carencia de vitaminas
Tiempo de exposición al aire contaminado	Infecciones previas y esquema incompleto de vacunas

En países donde la contaminación atmosférica tiene un nivel alto, se están realizando actividades para combatir las causas de la contaminación atmosférica y sus efectos negativos en la salud de las personas. Las sustancias que contaminan el aire causan

trastornos patológicos; los profesionales de salud centran su atención en las reacciones patógenas alérgicas, tóxicas e irritantes de las mucosas de las vías respiratorias inferior y superior de la epidermis. Los niños corren riesgos, pues la función de barrera biológica de sus mucosas no está suficientemente desarrollada. Se realizan numerosas investigaciones científicas sobre el nexo causal entre la contaminación atmosférica y el aumento de ciertas enfermedades crónicas y agudas.

Algunos trabajos que relacionan las enfermedades respiratorias agudas con la contaminación atmosférica son: Proyecto aire limpio realizado por la Red Mónica el 2006, Niveles de ozono en la ribera de navarra por el laboratorio de calidad ambiental de navarra el 2004, Ozono troposférico y sus efectos en la salud por el servicio de sanidad ambiental de Murcia el 2008, La contaminación por ozono en España por Federico Velásquez el 2005, y otros.

2.4 MODELO Y METODOLOGIA DEL MODELADO

Un modelo es una representación o abstracción de la realidad, representa las características más relevantes del objeto a ser estudiado. El modelador es quien discrimina estas características. El modelado es una actividad frecuente del profesional informático donde se simplifica la realidad teniendo por objetivo una mejor comprensión de la misma, se divide el sistema en subsistemas para observar la interacción de sus partes y observar su comportamiento respecto al tiempo [FLORES, 2012].

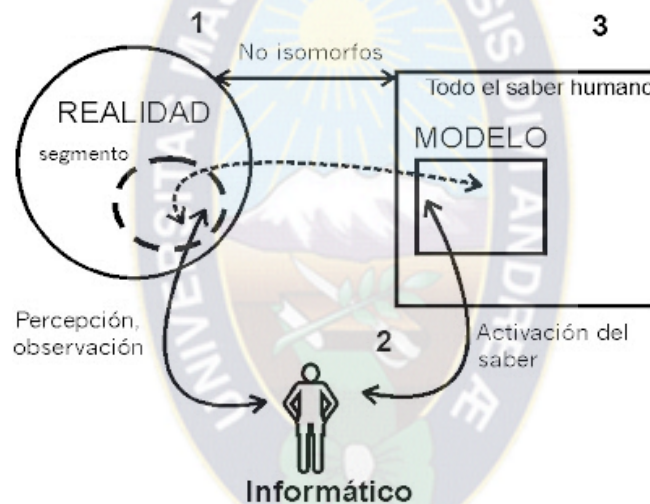
El modelador debe ser consciente de las 3 etapas señaladas (Ver Figura 5). La primera hace referencia al mundo que nos rodea del cual se obtiene el objeto a ser estudiado, en la segunda etapa está el enfoque sistémico para analizar el objeto de estudio, en la tercera etapa se representa al objeto en un modelo.

Los modelos son muy importantes, siendo parte fundamental del método científico y sirven para describir aspectos fundamentales del funcionamiento de un sistema real [MARTINEZ, 1986].

Los elementos de un modelo son: Las variables, parámetros y constantes [MARTINEZ, 1986].

En la construcción del modelo suceden varias fases de simplificación y expansión; añadiendo y suprimiendo elementos. El modelo llega a ser muy útil si cumple el objetivo por el que fue diseñado. Cada modelador tiene su manera particular de observar y analizar, es por ello que las variables no siempre son las mismas, pero el modelo llega a cumplir su objetivo.

Figura 5. Estructura de modelización de un objeto del mundo real [Fuente: Flores Alexandra, 2012]



La metodología del modelado es un proceso en el cual se establecen las relaciones entre los componentes de un sistema. Las principales actividades de modelado son: Descripción del problema, construcción de un modelo conceptual (Descripción informal, identificación de componentes, variables y relaciones causa y efecto mediante el uso del diagrama causal. Descripción Formal se analizan las interacciones de los componentes del modelo mediante el uso del diagrama de forrester y se representa su comportamiento a través de ecuaciones matemáticas diferenciales de primer orden), Colección de Datos, Programación del modelo en el computador, Verificación (Utilidad del modelo), Validación, Experimentación (Calibrado del modelo y Análisis de sensibilidad), Interpretación (Análisis de resultados obtenidos) y Documentación.

En el proceso de Validación, se valoran las diferencias entre el funcionamiento del simulador y el sistema real que se está tratando de simular.

El proceso de Experimentación, se realiza después que este haya sido validado, y consiste en comprobar los datos generados como deseados y en realizar un análisis de sensibilidad de los índices requeridos y calibrado de las ecuaciones.

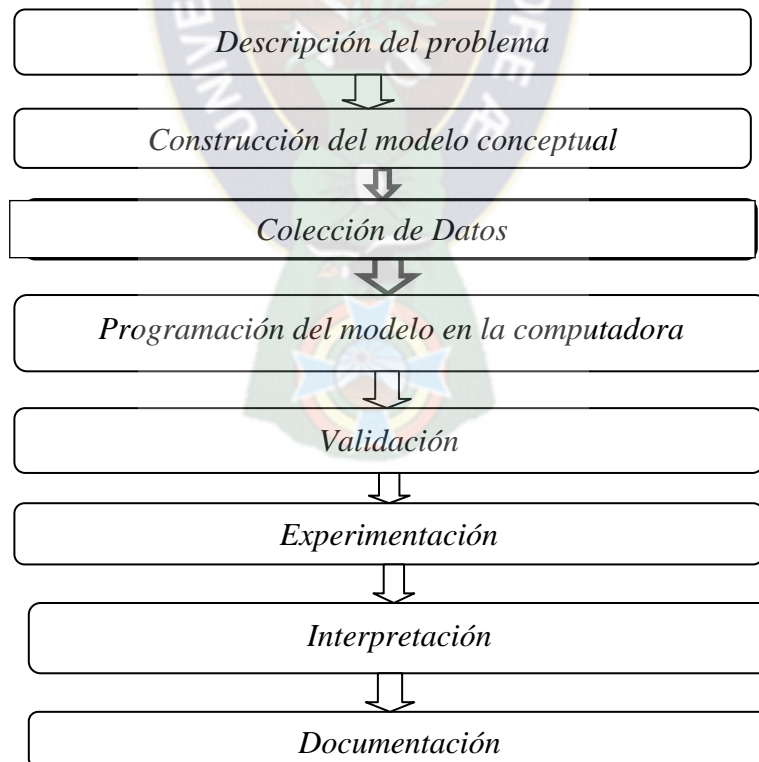
El proceso de Calibrado del modelo, es un procedimiento que consiste en la verificación y calibrado de las ecuaciones del modelo respecto a sus unidades.

El proceso de Verificación, se realiza con el de demostrar la utilidad del modelo siempre y cuando cumpla con el objetivo por el que fue formulado.

El proceso de Interpretación, es donde se interpretan los resultados de la simulación y con base a esto se toma una decisión.

Documentación, Se genera mientras se formula el modelo, es la última fase o etapa del modelado. El modelador formula el modelo de acuerdo a su percepción y observación.

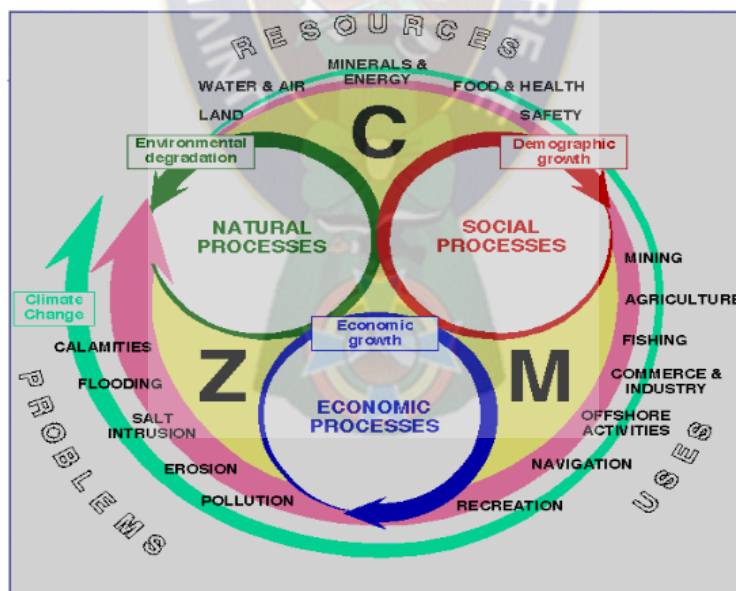
Figura 6. Metodología del modelado [Fuente: Coss, 2000]



2.4.1 DINAMICA DE SISTEMAS

La dinámica de sistemas es una metodología que permite analizar los sistemas y simular sus comportamientos respecto al tiempo (pasado y futuro), cuenta con características de existencias de variables de retardo y bucles de retroalimentación. La representación gráfica del sistema a estudiar se realiza a través del diagrama causal y un diagrama de forrester. Su propósito es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema, para ello se establece la estructura identificando los elementos más significativos y sus relaciones [MARTINEZ, 1986]. Los cambios en un sistema se manifiestan mediante su comportamiento y sus relaciones. En dinámica de sistemas la simulación permite obtener trayectorias. La representación que se utiliza para reflejar las interacciones de los componentes del sistema, es la representación matemática (Ecuaciones diferenciales de primer orden). La dinámica de sistemas hace hincapié en el desarrollo de modelos de utilidad [STERMAN, 1976].

Figura 7. Tipos de modelos a estudiar con dinámica de sistemas [Fuente: Forrester, 1981]



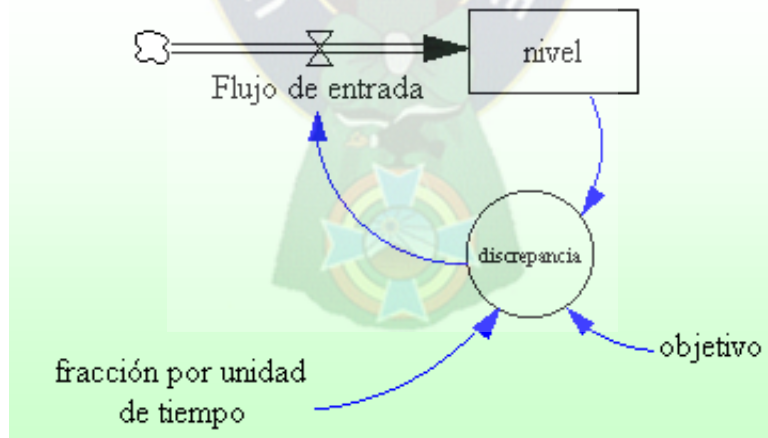
Los diagramas causales representan las relaciones de influencia entre los componentes del sistema permitiendo así conocer la estructura del mismo, mediante una representación gráfica (Ver figura 8).

Figura 8. Diagrama causal [Fuente: Forrester, 1981]



El diagrama de forrester es una representación precisa de las interacciones de los componentes del sistema, hace uso principalmente de las siguientes variables: Nivel, Flujo y auxiliares; cuenta también con canales de información y materia, fuentes o sumideros y retrasos. Este diagrama es de mucha utilidad en el proceso de modelado ya que en él se clasifican las magnitudes de las variables y también se establece su estructura de retardo [MARTINEZ, 1986] (Ver Figura 9).

Figura 9. Diagrama de forrester [Fuente: Martínez, 1986]



2.4.2 SISTEMAS COMPLEJOS

Un sistema es un conjunto de elementos que ordenadamente relacionados contribuyen a un determinado objetivo. Sin embargo un sistema complejo o dinámico contiene una serie de elementos algunos son fijos y otros variables. Estas variables se las conoce como variables de estado del sistema. El objetivo de modelar sistemas es explicar por qué y cómo varían a lo largo del tiempo las variables de estado, y verificar ciertas condiciones de estabilidad de los parámetros y analizar su comportamiento mediante la simulación en diferentes escenarios.

2.4.3 ESTRUCTURA Y COMPORTAMIENTO

La estructura de los sistemas complejos se determina a partir de la selección de los componentes y variables a tomar en cuenta en la formulación del modelo.

Los sistemas complejos cuentan con variables de retardo, las cuales adoptan un comportamiento oscilatorio; ya que su cambio ocurre respecto al tiempo, para observar mejor el comportamiento de dichos sistemas, al simularlos las unidades de tiempo a tomar sería en días o meses. Las trayectorias se pueden representar por medio de ecuaciones matemáticas (Ver Figura 10) o funciones representadas, por gráficos.

Figura 10. Representación por ecuación diferencial

$$Y_t = \mu + \delta_0 X_t + \delta_1 X_{t-1} + \dots + \delta_s X_{t-s} + u_t$$

En la ecuación se muestra la relación de las variables dependientes, las independientes y los parámetros con respecto al tiempo; luego se presenta el resultado en un gráfico [MARTINEZ, 1986].

Existen tipos de trayectorias entre ellas están: Las constantes, Crecientes, Decrecientes, Sigmoidal, Oscilante periódico, Oscilante amortiguado.

Las trayectorias exponenciales están presentes en la mayor parte de los sistemas, aunque estas trayectorias conducirían a la destrucción de los sistemas si no hubieran causas que las mantenga en equilibrio.

Para obtener este comportamiento el dominio inicial es del bucle positivo y luego del bucle negativo. Los bucles de retroalimentación son cadenas cerradas de acciones elementales entre los componentes de un sistema, existen 2 clases de bucles de retroalimentación: Positivo, el cual refuerza la variación inicial tiende a tener un comportamiento creciente y negativo el cual contrarresta la variación inicial, tiende a generar un comportamiento de equilibrio.

El principal interés de la dinámica de sistemas es estudiar el comportamiento de cualquier sistema a través del tiempo, mediante la formulación de modelos de simulación informático, para llegar a comprender las causas estructurales establecidas identificando sus componentes, variables e interacciones.

2.4.4 REPRESENTACION MATEMATICA

Los sistemas dinámicos se representan mediante ecuaciones matemáticas, la analogía entre flujos y niveles (ver tabla 2). Estas variables reflejan la estructura del sistema que se está analizando para observar su comportamiento.

Figura 11. Símil hidrodinámico [Fuente: Forrester, 1981]

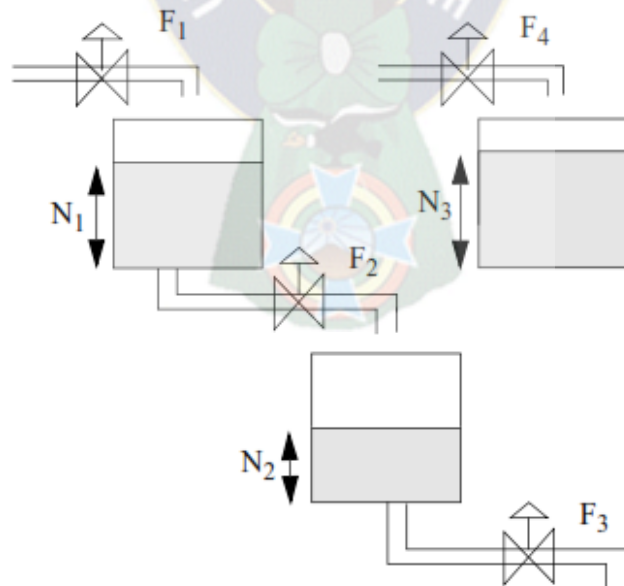


Tabla 2. Representación Matemática del símil hidrodinámico [Martínez, 1986]

Caso Discreto	Caso Continuo
$\frac{dN1}{dt} = f1 - f2$ $\frac{dN2}{dt} = f2 - f3$ $\frac{dN3}{dt} = f4$ $Fi = fi(N1, N2, N3), \quad i = 1, \dots, 4$	$N(t) = N(t0) \left(\int_{t0}^t (Fe - Fs) dt \right)$ $N(t) = N(0) + \int_{t0}^t (S(t) - F(t) dt)$ $F(t) = N(t)/TP$

En el caso discreto se encuentran las ecuaciones diferenciales de primer orden para los niveles. Para hallar el valor de la variable de nivel 1, se debe calcular la derivada del nivel sobre la determinante del tiempo igual a la diferencia de los flujos 1 y 2, para hallar el valor de la variable de nivel 2, se debe calcular la derivada del nivel sobre la determinante del tiempo igual a la diferencia de los flujos 2 y 3, y para el nivel 3 se debe calcular la derivada del nivel sobre la determinante del tiempo igual al flujo 4. En el caso continuo su representación es el nivel en un instante de tiempo “t” es igual al nivel en un instante de tiempo cero más la integral de la diferencia de los flujos de entrada y salida por la determinante del tiempo. En la segunda ecuación del caso continuo se utiliza cuando exista algún tipo de retraso en la información (Ver Tabla 2).

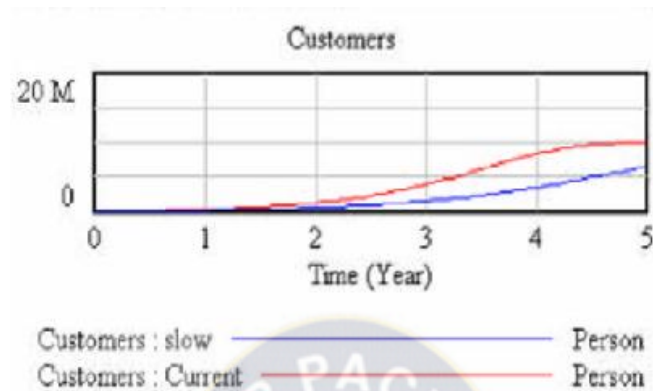
2.4.5 SIMULACION

La simulación es una técnica para la resolución de problemas, siguiendo los cambios en el tiempo de un modelo de sistema dinámico [MARTINEZ, 1986]. Emplea ecuaciones matemáticas, para describir los cambios que sufre el sistema al variar algún parámetro con respecto al tiempo, permite experimentar con el modelo.

Las etapas para realizar un estudio de simulación son: Definición del sistema, Formulación del modelo, Colección de datos, Implementación del modelo en la computadora, Validación, Experimentación, Interpretación y Documentación [COSS, 2000].

La simulación nos permite comprender como la estructura de los sistemas provocan su comportamiento.

Figura 12. Trayectoria de la simulación de un Modelo [Fuente: Guía del Usuario de vensim.pdf]



Las ventajas del uso de la simulación son:

- Reducir los costos del trabajo de campo.
- Reducir el tiempo de estudio de campo, analizando el comportamiento del sistema.
- Ayuda en la toma de decisiones.
- El modelo formulado trata de reflejar aproximadamente los datos del sistema en tiempo real.
- Colocar a prueba una hipótesis y evaluar los probables efectos [STERMAN, 1976].
- La técnica de simulación puede ser utilizada como instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadísticos, teóricos, etc.
- La simulación de sistemas complejos ayuda a mejorar el entendimiento de las operaciones del sistema, detectar las variables importantes que interactúan en el mismo y también sus interrelaciones.
- La técnica de simulación también puede ser usada para anticipar problemas que pueden surgir en el comportamiento de un sistema cuando se introducen nuevos elementos [COSS, 2000].

2.5 PROGRAMAS DE SIMULACION

2.5.1 VENSIM

VENSIM es una herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas; provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación mediante diagramas de influencias (Diagramas Causales) y diagramas de Forrester.

Vensim muestra las salidas de la simulación en un solo paso, permitiendo ver los resultados de la simulación al instante, para todas las variables del modelo. Durante la simulación, el comportamiento dinámico de todas las variables del modelo se va guardando en una base de datos con el nombre que se le haya dado a la simulación.

2.5.2 STELLA

Stella es un programa de simulación por computadora, que proporciona un marco de referencia y una interfaz gráfica de usuario para la observación e interacción cuantitativa de las variables de un sistema.

La interfaz se puede utilizar para describir y analizar sistemas biológicos, físicos, químicos o sociales muy complejos [CERVANTES, 2009].

2.5.3 MATLAB

Programa interactivo para computación numérica y visualización de datos. Es ampliamente usado por Ingenieros de Control en el análisis y diseño, posee además una extraordinaria versatilidad y capacidad para resolver problemas en matemática aplicada, física, química, ingeniería, finanzas y muchas otras aplicaciones. Está basado en un sofisticado software de matrices para el análisis de sistemas de ecuaciones, cuenta con una herramienta simulink para el uso de modelaje, análisis y simulación de sistemas físicos, matemáticos, sistemas de tiempos continuos y discretos en el ordenador [MOLINA, 1997].



CAPITULO 3
DISEÑO
METODOLOGICO
MARCO
DEMOSTRATIVO

CAPITULO 3

DISEÑO METODOLOGICO – MARCO DEMOSTRATIVO

3.1 INTRODUCCION

En el presente capitulo se construye el modelo, siguiendo cada una de las etapas o fases de la metodología del modelado.

El objeto de estudio, es analizar el comportamiento de la contaminación del aire por ozono troposférico y su relación con las enfermedades respiratorias agudas que se presentan en los niños que viven en la ciudad de La Paz.

Las etapas a seguir son las siguientes: Descripción del Problema, Construcción del modelo conceptual, Colección de Datos, Programación del modelo en la computadora uso del programa de simulación Vensim, Validación, Experimentación, Interpretación y Documentación.

3.2 SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA

En los últimos años, el incremento del parque automotor en la ciudad de La Paz ha estado contribuyendo al incremento de los contaminantes precursores primarios del ozono troposférico, como ser: Óxidos de Nitrógeno, Hidrocarburos y Monóxido de Carbono; este a su vez es un factor importante en el incremento de niños con enfermedad respiratoria aguda.

Es por ello que se construirá un modelo de simulación para analizar el comportamiento de ozono troposférico y su relación con las enfermedades respiratorias agudas; para ello se utilizara la metodología de Dinámica de Sistemas y modelado, la cual consiste en las siguientes etapas: Descripción del Problema, Construcción del modelo conceptual, Colección de Datos, Programación del modelo en la computadora, Validación, Experimentación, Interpretación y Documentación.

3.2.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En los últimos años el ozono troposférico ha estado presentando niveles altos, esto se debe de cierta forma al incremento del parque automotor, que contribuye a la generación de los contaminantes precursores primarios: óxidos de nitrógeno, Hidrocarburos y Monóxido de Carbono en un 70% del total; el 30% restante se genera de forma natural.

El ozono troposférico es un gas azulado compuesto por tres átomos de oxígeno; se forma por reacciones fotoquímicas y contaminantes precursores primarios. Se clasifica en dos: Estratosférico, el cual nos protege de las radiaciones ultravioletas formando la capa de ozono y el Troposférico que es tóxico para la salud de las personas, especialmente de los niños entre 5 y 9 años de edad, ya que al estar expuestos esto afecta a su crecimiento y desarrollo; aunque puede ser que este niño con un tratamiento adecuado llegue a recuperarse o que llegue a morir en un determinado período de tiempo.

De acuerdo a las estadísticas de niños con enfermedades respiratorias agudas su comportamiento es oscilatorio, es decir que hay momentos en que sube o también se incrementa y otros que baja o se decrementa.

Es por ello que nos planteamos el siguiente problema:

¿De qué manera se podrá reducir el índice de contaminación del aire por ozono troposférico, para que su efecto en niños con enfermedades respiratorias agudas no sea negativo?

3.2.2 CONSTRUCCION DEL MODELO CONCEPTUAL

La información recopilada con la que se va a trabajar son: estadísticas de la concentración del ozono troposférico de los últimos 5 años (Ver tabla 3), y sus contaminantes precursores primarios: Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno y Monóxido de Carbono; y las estadísticas de los niños con enfermedades respiratorias agudas de los últimos 4 años (Ver tabla 4).

En esta etapa se determinaran los componentes, las variables descriptivas y sus relaciones (Ver Tabla 5).

Tabla 3. Estadística de los contaminantes precursores del ozono troposférico, Hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y Monóxido de Carbono [Fuente: Red Mónica, La Paz]

DESCRIPCION	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011
Hidrocarburos	90.89 µg	143.16 µg	148.98 µg	150.9 µg	157.81 µg
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	48.21 µg	78.6 µg	80.12 µg	86.16 µg	95.74 µg
Monóxido de Carbono	44.95 µg	61.11 µg	62.52 µg	65.76 µg	69.93 µg

Como se puede observar en la tabla 3, la concentración de los contaminantes precursores primarios del ozono troposférico tienen un comportamiento creciente, por lo que se espera que la concentración de ozono troposférico en la atmosfera tenga un comportamiento creciente.

En la tabla 4, se puede observar el incremento de niños con enfermedades respiratorias agudas clasificados por mes, especialmente en las épocas donde hace mucho calor, ya que las reacciones químicas que intervienen en la formación del ozono troposférico dependen de factores como la intensidad de la luz, que provoca una marcada variación, con concentraciones elevadas durante los mayores niveles de radiación solar. Se cuenta con estadísticas de un intervalo de tiempo desde el año 2008 al 2011.

Tabla 4. Población de Niños Con Enfermedad Respiratoria Aguda [Fuente: SNIS-Sedes La Paz]

Mes	Niños enfermos el 2008	Niños enfermos el 2009	Niños enfermos el 2010	Niños enfermos el 2011
Enero	104	100	200	500
Febrero	800	600	500	1000
Marzo	360	870	700	1200
Abril	463	530	400	1300
Mayo	800	999	850	1400
Junio	674	700	560	1600
Julio	576	450	786	1600
Agosto	500	450	900	1700
Septiembre	630	750	350	1000
Octubre	294	261	500	700
Noviembre	750	800	760	900
Diciembre	375	277	124	600

Los componentes son las variables principales del modelo; las variables descriptivas interactúan con los componentes, mediante sus relaciones.

Los componentes identificados en el modelo son los siguientes: Ozono Troposférico, Niños con enfermedades respiratorias agudas. Estos componentes llegan a ser las variables de nivel o variables de estado; las cuales son muy importantes debido a que nos muestran a cada periodo de tiempo el estado o la situación del modelo.

Las variables descriptivas, son aquellas variables que interactúan sobre los componentes a través de sus relaciones. A continuación en la siguiente tabla se mostraran los componentes, variables descriptivas y sus relaciones.

Tabla 5. Componentes, Variables y Relaciones [Fuente: Elaboración Propia]

COMPONENTES	VARIABLES DESCRIPTIVAS	RELACIONES
Ozono Troposférico	Óxidos de Nitrógeno	A mayor concentración de óxidos de nitrógeno en la atmosfera, mayor será la concentración de ozono troposférico en el aire.
Ozono Troposférico	Monóxido de Carbono	A mayor concentración de Monóxido de Carbono en la atmosfera, mayor será la concentración de ozono troposférico en el aire.
Ozono Troposférico	Hidrocarburos	A mayor concentración de Hidrocarburos de en la atmosfera, mayor será la concentración de ozono troposférico en el aire.
Ozono Troposférico	Tiempo de Permanencia	Tiempo en el cual la concentración de los gases; óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y Ozono troposférico permanece en el aire.
Niños con enfermedad respiratoria aguda	Niños con Enfermedad Respiratoria Aguda	A mayor cantidad de ozono troposférico en el aire mayor será la cantidad de niños con enfermedad respiratoria aguda.
Niños con enfermedad respiratoria aguda	Tiempo de exposición al aire libre	A mayor tiempo de exposición al aire contaminado mayor será la cantidad de niños con enfermedades respiratorias agudas.

El diagrama causal es un diagrama en el cual se incluyen los elementos importantes del sistema y las relaciones entre ellos. Las diferentes relaciones están representadas por flechas entre variables afectadas por ellas. Existen relaciones de influencia Positivas y Negativas en un diagrama Causal, así como también bucles de retroalimentación.

Estas flechas van acompañadas de un signo (+ o -), los cuales indican el tipo de influencia ejercida por una variable sobre otra.

El signo “+”, indica que se producirá un cambio del mismo sentido entre las variables de origen y destino. El signo “-”, indica lo contrario, el cambio que se producirá en las variables de origen y destino será en sentido contrario.

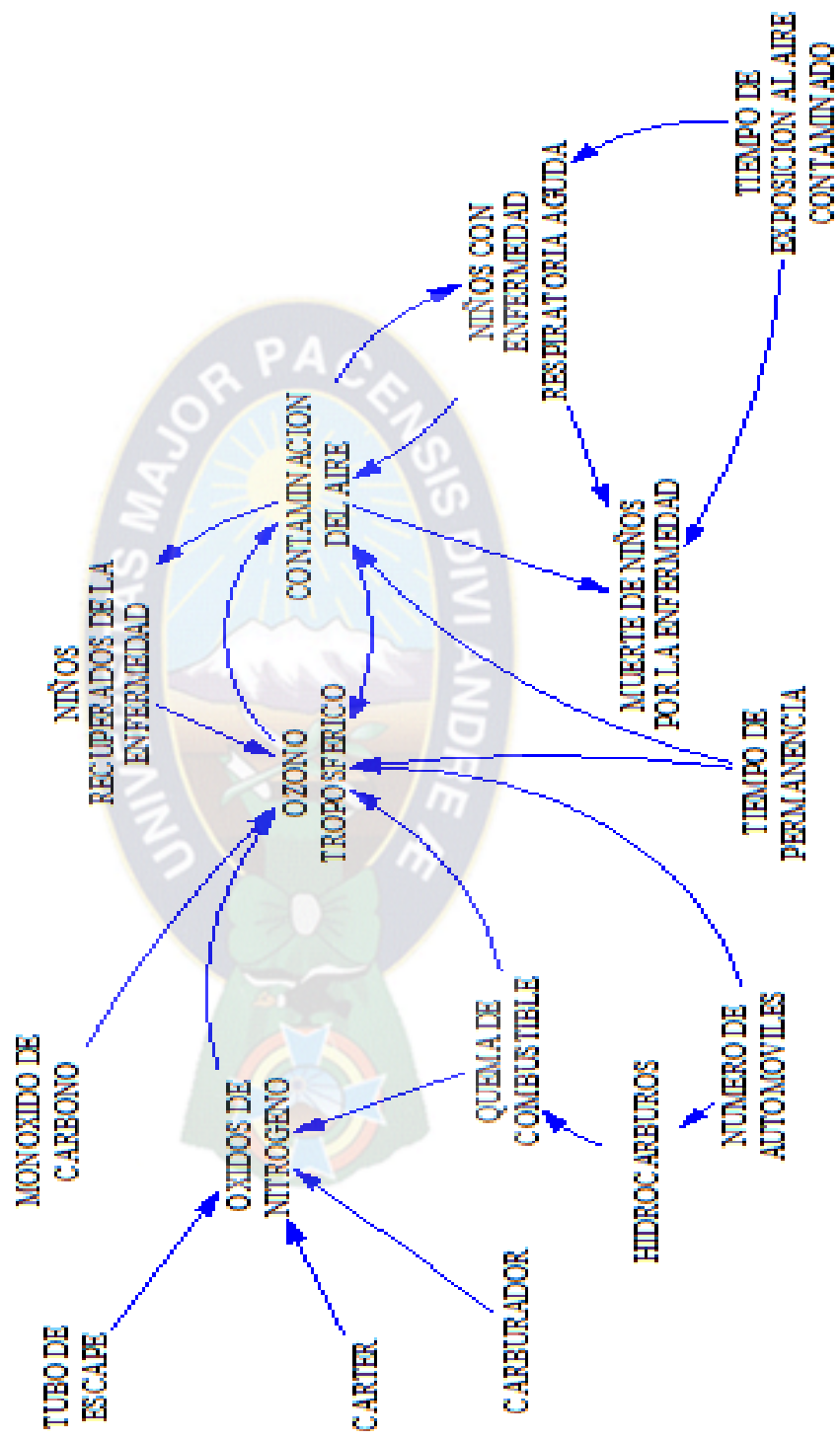
Los bucles de retroalimentación, son cadenas cerradas de relaciones causales, que reciben el nombre de retroalimentación o feedback. Se definen como positivos cuando el número de relaciones negativas es par y negativos cuando el número de relaciones es impar.

Los bucles positivos llevan al modelo hacia una situación inestable, ya que crece formando un círculo vicioso causando crecimiento, evolución y colapso del sistema. Los bucles negativos llevan el modelo a una situación de estabilidad, por ello un sistema dinámico está formado por ambos bucles de retroalimentación. El diagrama causal se muestra en la Figura 13.

En la elaboración de este diagrama se tomaron en cuenta los componentes, las variables descriptivas y las interacciones del sistema abstraídas a criterio del modelador.

Los componentes son: Ozono troposférico, Niños con enfermedad respiratoria aguda (IRA), Óxidos de Nitrógeno, Contaminación del Aire y Muerte de Niños por Enfermedad. Las variables son: Tubo de Escape, Carter, Carburador, Quema de Combustible, Hidrocarburos, Número de Automóviles, Monóxido de Carbono, Niños Recuperados de la Enfermedad, Tiempo de Permanencia (de los gases contaminantes precursores primarios del ozono troposférico), Tiempo de Exposición al Aire Libre.

FIGURA 13. DIAGRAMA CAUSAL DEL MODELO DE SIMULACION OZONO TROPOSFERICO Y SU RELACION CON LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS QUE SE PRESENTAN EN LOS NIÑOS QUE VIVEN EN LA CIUDAD DE LA PAZ [ELABORACION PROPIA]



3.2.3 PROGRAMACION DEL MODELO EN LA COMPUTADORA

En esta etapa o fase, se elabora el diagrama de forrester, estableciendo las variables de nivel, flujo, auxiliares y lookup. Para elaborar el diagrama de forrester del ozono troposférico, se tomaron en cuenta las siguientes variables (Ver tabla 6); en la construcción del diagrama suceden fases de simplificación y expansión, añadiendo y suprimiendo variables, las cuales tienen un rol importante en el modelo de simulación.

Estas variables no solo nos permiten simular el modelo, sino también analizar su estructura, la cual determina su comportamiento.

Tabla 6. Variables Ozono troposférico

Variable de Nivel	Variables de Flujo	Variables auxiliares
Ozono troposférico	Óxidos de nitrógeno Monóxido de carbono	Tasa de Óxidos de nitrógeno. Hidrocarburos Tasa de Monóxido de Carbono. Tiempo de Permanencia en Congestionamiento Vehicular Parque Automotor Vehículos a Gasolina Vehículos a Diesel Tanque de gasolina Tubo de escape Carter Carburador

Estas variables fueron abstraídas porque forman parte de la estructura del ozono troposférico y de su comportamiento creciente.

Algunas de las variables son: Variables de Flujo (Óxidos de Nitrógeno y Monóxido de Carbono, ya que son contaminantes precursores primarios y factores que hace que se incremente la formación de ozono en la atmosfera contaminando así el aire que respiramos).

Variables de Nivel (Ozono Troposférico, gas contaminante formado por los contaminantes precursores primarios; óxidos de nitrógeno y Monóxido de Carbono).

Estos contaminantes precursores primarios; se forman a través de los hidrocarburos los cuales se relación con el incremento del parque automotor en la ciudad de La Paz.

Tabla 7. Variables Niños con Enfermedad Respiratoria Aguda

Variable de Nivel	Variables de Flujo	Variables auxiliares
Población de Niños enfermos	Niños enfermos Niños que Mueren x la Enfermedad Niños que se Recuperados de la Enfermedad	Tiempo de exposición al aire Contaminado Tiempo de recuperación Población normalizada de niños Población normalizada de niños enfermos Efecto ozono en niños con enfermedad respiratoria aguda

Las variables auxiliares; Tubo de escape, Carburador, Carter, tanque de gasolina son factores que contribuyen a la contaminación porque se expulsa de cierta manera el gas formado por reacciones químicas ozono troposférico, contaminando el aire y enfermando a los niños que están alrededor.

Se utilizan variables de retardo en los flujos de salida: muerte niños, muerte de niños x enfermedad, porque estas variables llegan a determinarse luego de un tiempo. La función look up se utiliza en las variables: efecto ozono en niños enfermos y Contaminación del Aire. Para calcular el valor de las variables con look up se tomaron en cuenta los índices de la concentración del ozono troposférico y su tiempo de permanencia. A continuación en las siguientes tablas se podrá observar el código asignado a cada una de las variables del modelo de simulación.

Tabla 8.Codigo de las Variables de Nivel del Modelo de Simulación

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CÓDIGO
Ozono Troposférico	Nivel	VNO3
Parque Automotor	Nivel	VNPA
Población de Niños Enfermos	Nivel	VNNE

El Código que se le asigna a cada variable es para simplificar su nombre y para diferenciar unas variables de otras. Este código es único; y permite al modelador expresarse de manera que las personas que observen el modelo lo puedan comprender.

Tabla 9.Codigo de las Variables de Flujo del Modelo de Simulación

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CÓDIGO
Óxidos de Nitrógeno	Flujo	VFENOx
Monóxido de Carbono	Flujo	VFEMC
Numero de automóviles	Flujo	VFECPA
Niños Enfermos	Flujo	VFENE
Muerte de Niños x Enfermedad	Flujo	VFSMNE

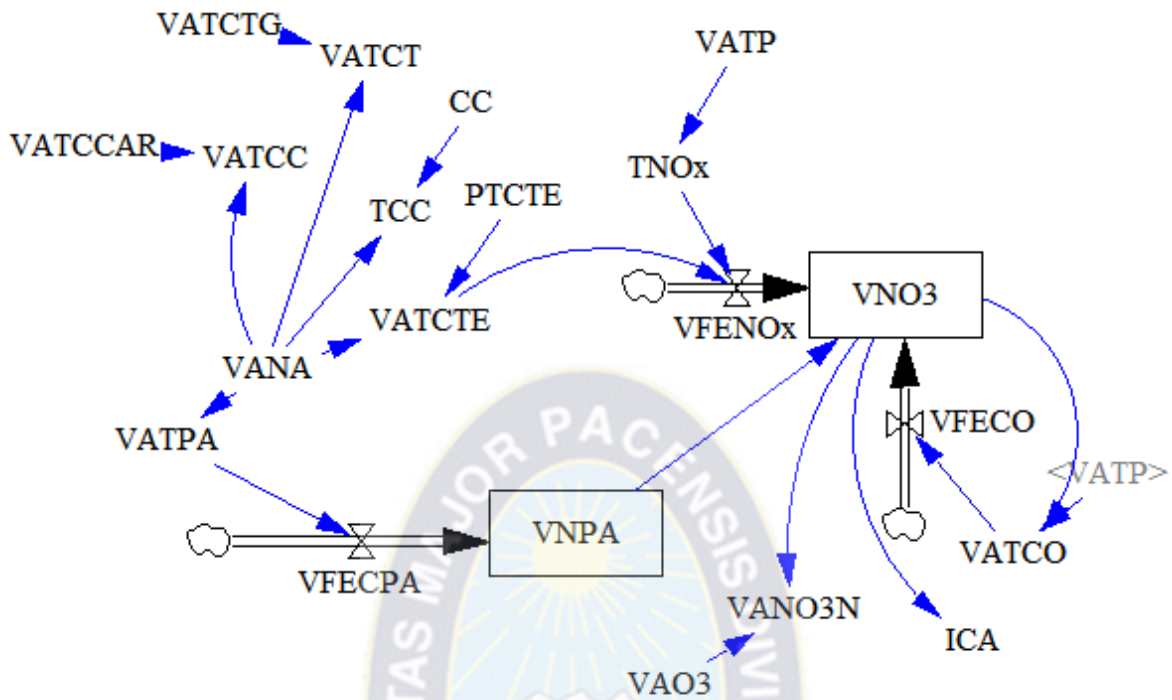
Cada una de estas variables cumple una determinada función, por ejemplo; las variables de nivel nos muestran en cada instante de la simulación del modelo la concentración del ozono troposférico y la cantidad de niños con enfermedad respiratoria. Las variables de flujo nos indican las acciones resultantes de las decisiones tomadas en el sistema. Las variables auxiliares, apoyan a las variables de flujo en sus acciones resultantes.

Tabla 10. Codigos de las Variables Auxiliares del Modelo de Simulación

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CÓDIGO
Tasa de Óxidos de Nitrógeno	Auxiliar	VTNOx
Tasa de Monóxido de Carbono	Auxiliar	VATCO
Parque automotor	Auxiliar	VANA
Tasa de Parque Automotor	Auxiliar	VATPA
Tasa de contaminación Tanque de gasolina	Auxiliar	VATCTG
Tasa de contaminación Tubo de Escape	Auxiliar	VATCTE
Tasa de contaminación Carter	Auxiliar	VTCC
Tasa de contaminación Carburador	Auxiliar	VATCCAR
Tiempo de Exposición	Auxiliar	VATE
Tiempo de Permanencia	Auxiliar	VATP
Población General de Niños	Auxiliar	PGN
Población de Niños Enfermos	Auxiliar	VAPN
Población Normalizada de Niños Enfermos	Auxiliar	VAPNN
Efecto del Ozono en Niños Enfermos	Auxiliar	VAEOSM
Tasa de Mortandad Por Enfermedad	Auxiliar	VATMXE
Tasa de Niños Enfermos	Auxiliar	VATNE
Índice de Contaminación del Aire	Auxiliar	ICA
Ozono Troposférico Normalizado	Auxiliar	VANO3N
Ozono Troposférico Valor Máximo	Auxiliar	VAO3

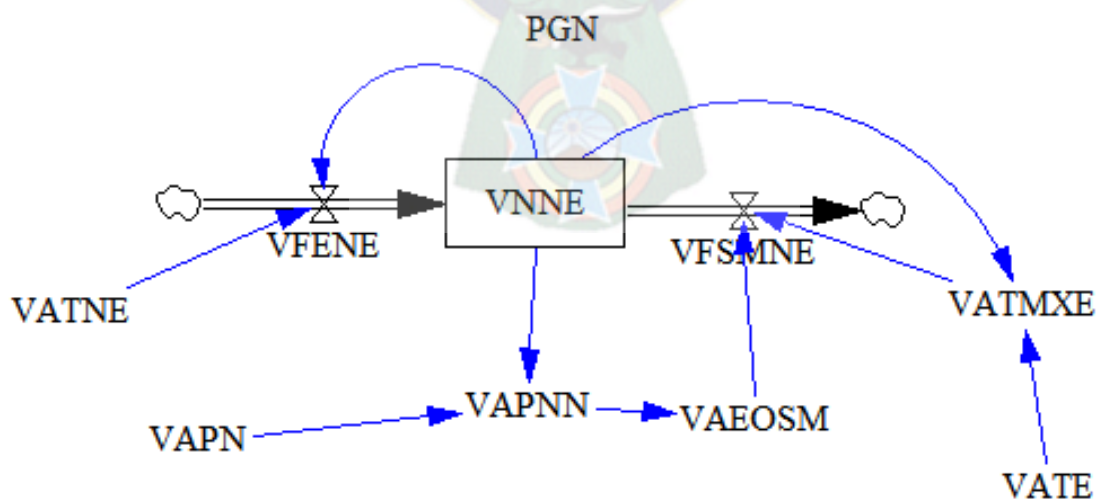
A seguir mostraremos en la siguiente figura el diagrama de Forrester Ozono Troposférico.

Figura 14. Diagrama de Forrester, Ozono Troposférico [Elaboración Propia]



Para elaborar el diagrama de forrester de los niños enfermos con IRA de 5 a 9 años, se tomaron en cuenta las siguientes variables (Ver tabla 7).

Figura 14.1 Diagrama de Forrester, Niños con Enfermedad Respiratoria Aguda [Elaboración Propia].



En las siguientes tablas se podrá observar las ecuaciones diferenciales de las variables de nivel y flujo del modelo de simulación.

Estas ecuaciones describen la interacción entre los componentes del sistema; muestran la relación de las variables con respecto al tiempo, para luego presentar los resultados en un gráfico; el cual nos muestra una trayectoria en la que podemos observar el comportamiento del sistema en un tiempo posterior.

Tabla 11. Ecuaciones diferenciales de las variables de Nivel del Modelo de Simulación

Ecuaciones Diferenciales	Ecuaciones de Forrester
$\frac{dVNO3}{dT} = VFENOx + VFECO$	$VNO3(t) = VNO3(t - 1) + [VFENOx + VFEMC] * dt$
$\frac{dVNNE}{dT} = VFENE - VFSMNE$	$VNNE(t) = VNNE(t - 1) + [VFENE - VFSMNE] * dt$
$\frac{dVNPA}{dT} = VFECPA$	$VNPA(t) = VNPA(t - 1) + [VFECPA] * dt$

Las Variables de nivel, son aquellas que nos muestran en cada instante de la simulación del modelo, como varían en el tiempo, en función de las variables de flujo de entrada y salida.

Las Variables de Flujo son elementos que pueden definirse como funciones temporales, ya que obtienen las acciones resultantes de las decisiones tomadas en el sistema; estas variables varían en función a las variables auxiliares.

Las Variables auxiliares, son parámetros que sirven de nexos que conectan a las variables de nivel y flujo.

Tabla 12. Ecuaciones Diferenciales de las Variables de Flujo del Modelo de simulación

Ecuaciones Diferenciales	Ecuaciones de Forrester
$F(i) = fi(VNCPA, VNNE, VNO3),$ $i = 1, \dots, 4$ $VFECPA(t) = VNPA(t) * VATPA$ $VFENOx(t) = VNO3(t)$ $* TNOx/VATCTE$ $VFENE(t) = \left(\frac{VNNE}{VATNE}\right)(t)$ $VFSMNE(t) = VAEOSM/VATMXE$	$VFECPA = VNPA * VATPA$ $VFENOx = VNO3 * TNOx/VATCTE$ $VFENE = \left(\frac{VNNE}{VATNE}\right)$ $VFSMNE = VAEOSM/VATMXE$

El comportamiento del modelo tiene trayectoria Signoidal, esto indica que existe un bucle positivo que en un principio actúa como dominante, y luego de un periodo de tiempo aparece un bucle negativo el cual anula los efectos del anterior bucle proporcionando estabilidad al sistema. El modelo simulado cuenta con variables de look up, estas variables dependen de las variables población de niños enfermos, efecto de ozono en niños enfermos, ozono troposférico y tiempo de exposición al aire contaminado. La relación que existe entre la concentración de ozono troposférico y las enfermedades respiratorias agudas es el tiempo de exposición al aire contaminado y el tiempo de permanencia del gas contaminante ozono troposférico en la atmosfera; y los efectos que producen en los niños enfermos de 5 a 9 años de edad. Los bucles de retroalimentación en los flujos de entrada del modelo son positivos y en los flujos de salida son negativos. En la elaboración del diagrama de forrester (Ver Figura 15) se presentan las variables tomadas en consideración, y sus interacciones.

3.2.4 VERIFICACION

Este proceso consiste en comprobar que el modelo simulado cumple con los requisitos de diseño para los que se elaboró. Se trata de evaluar que el modelo se comporta de acuerdo a su diseño. En la Figura 15, podemos observar el diseño inicial del modelo (Diagrama Causal), y en la Figura 16, se observa el diseño del modelo estructurado mediante el diagrama de forrester, el cual se lo puede simular haciendo uso del programa de simulación Vensim.

3.2.5 VALIDACION

El Proceso de validación consiste en valorar las diferencias entre el funcionamiento del simulador y el sistema real que se está tratando de simular. Al iniciar la elaboración del modelo de simulación, el modelador informático abstrae del sistema real los componentes, variables descriptivas y relaciones, según su criterio y observación; el diseño del modelo de simulación se lo puede ver en la Figura 15, el cual muestra la situación actual del sistema.

3.2.6 EXPERIMENTACION

La experimentación con el modelo se realiza después que este haya sido validado, consiste en comprobar los datos generados como deseados y en realizar un análisis de sensibilidad de los índices requeridos y el calibrado de las ecuaciones. Una vez que el modelo de simulación refleje la situación actual del sistema se realizara el calibrado de las ecuaciones respecto a sus unidades (Ver Figura 16), para luego proseguir con el análisis de sensibilidad (Ver Figura 17).

3.2.7 INTERPRETACION

En esta etapa, se interpretan los resultados que obtendremos de la simulación y con base a esto se toma una decisión.

3.2.8 DOCUMENTACION

Se genera mientras se formula el modelo, es la última fase o etapa del modelado.

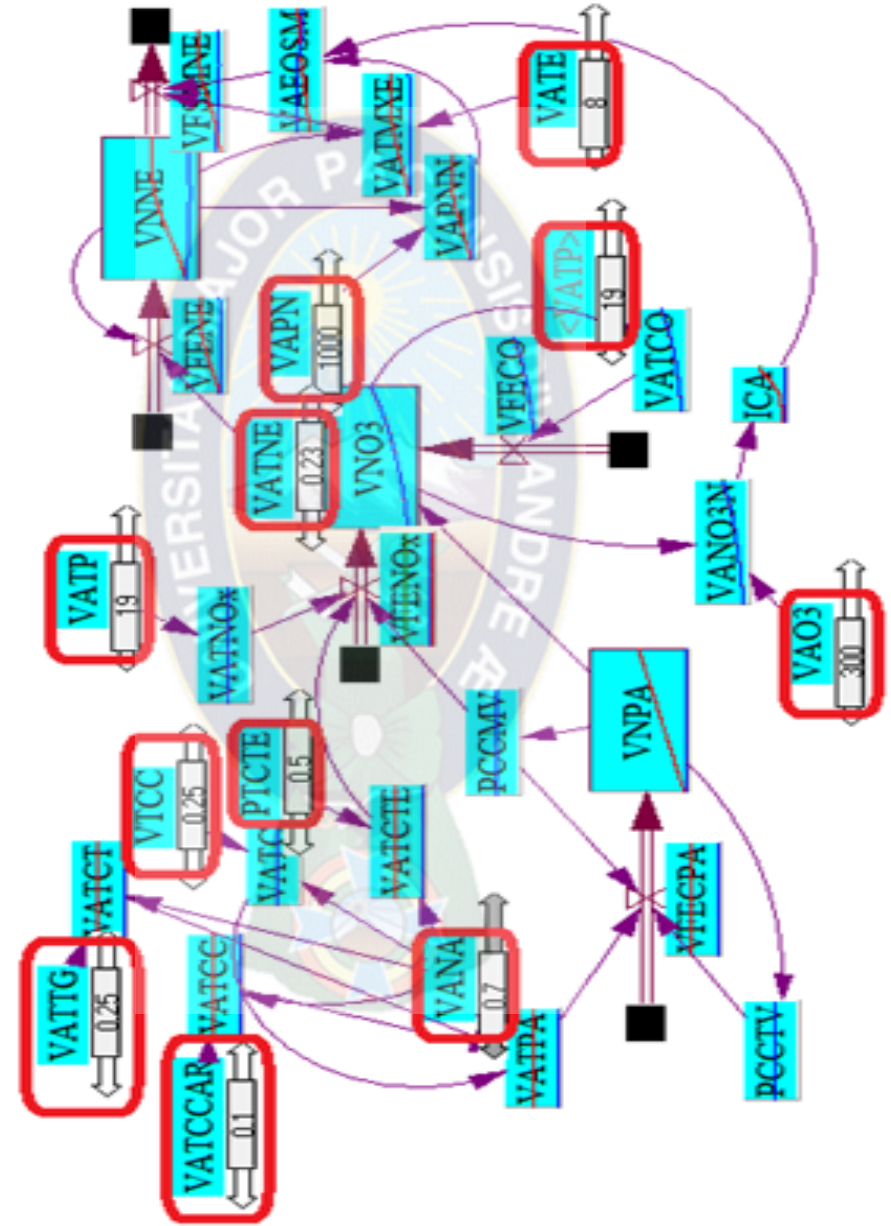
Aplicando las reglas de la adición, multiplicación y división con respecto a las unidades se obtiene los siguientes resultados (Ver Figura 16).

Figura 16. Calibrando las Ecuaciones del Modelo de Simulación

Ecuaciones	Unidades
$VNO3(t) = VNO3(t - 1) + [VFENOx + VFEMC] * dt$	µg
$VNNE(t) = VNNE(t - 1) + [VFENE - VFMSNE] * dt$	Niños
$VNPA(t) = VNPA(t - 1) + [VFECPA] * dt$	µg
$VFECPA = VNPA * VATPA$	µg/año
$VFENOx = VNO3 * TNOx / VATCTE$	µg/año
$VFENE = \left(\frac{VNNE}{VATNE} \right)$	Niños/año
$VFMSNE = VAEOSM / VATMXE$	Niños/año

Una vez concluido el procedimiento de calibrado de las ecuaciones, se procede con el análisis de sensibilidad, el cual implica ajustar los parámetros con el objeto de obtener resultados acordes a lo esperado (Ver Figura 17).

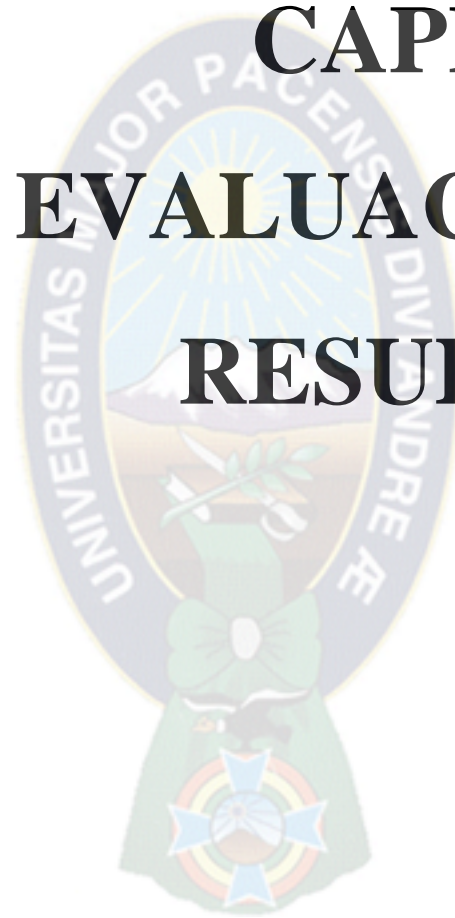
FIGURA 17. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO DE SIMULACION OZONO TROPOSFERICO Y SUS RELACION CON LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS QUE SE PRESENTAN EN NIÑOS QUE VIVEN EN LA CIUDAD DE LA PAZ [ELABORACION PROPIA]



CAPITULO 4

EVALUACION DE

RESULTADOS



CAPITULO 4

EVALUACION DE RESULTADOS

SIMULACION Y PRUEBAS

En este capítulo se someterá al modelo a diferentes escenarios para observar su comportamiento.

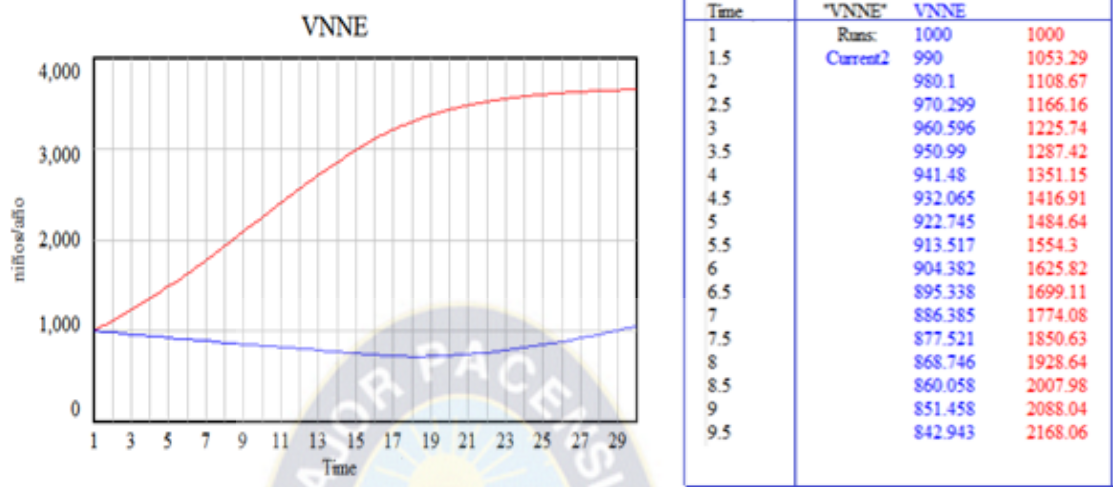
Al ir incrementando la variable ozono troposférico se puede observar el incremento también de la variable de nivel niños con enfermedad respiratoria aguda, las cuales se relacionan con las variables: Tiempo de permanencia y Tiempo de exposición al aire contaminado; pero al aplicar las siguientes políticas de calidad ambiental la trayectoria cambia.

Las políticas de calidad ambiental, son elaboradas y propuestas con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, para ello el estado debe tomar decisiones con respecto a las políticas, difundirlas a la ciudadanía y aplicarlas, aunque por el momento se cuenta con la ley 1333; ley de protección del medio ambiente (Ver en Anexos).

Las políticas de calidad ambiental que se aplicarán en el modelo de simulación son: Control de tráfico vehicular y Control de mantenimientos de vehículos (Ver figura 16). Estas políticas son normas, las cuales ayudaran de manera positiva a la contaminación del aire por ozono troposférico, siempre y cuando sean empleadas por la población paceña.

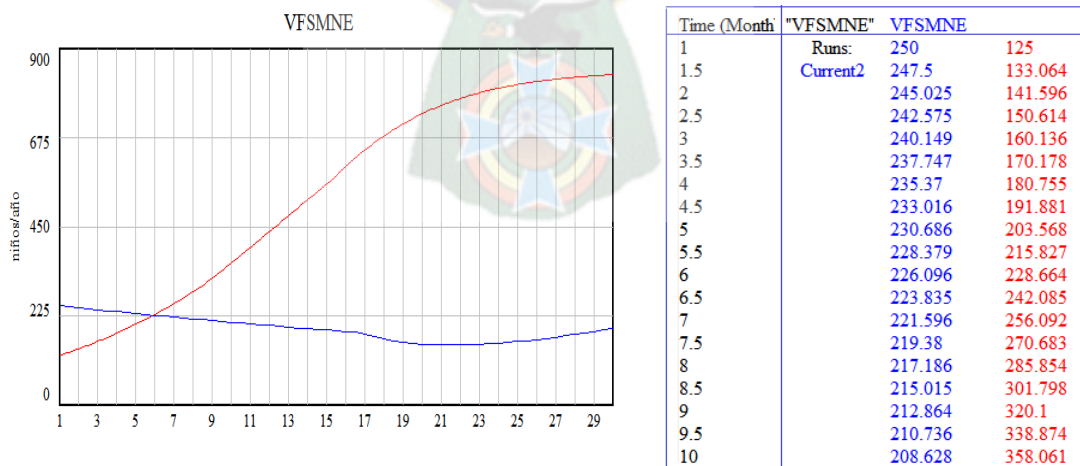
En las siguientes figuras podremos observar el comportamiento a través de sus trayectorias y estadísticas generadas al correr la simulación.

Figura 18. Trayectoria y Estadística de los niños enfermos



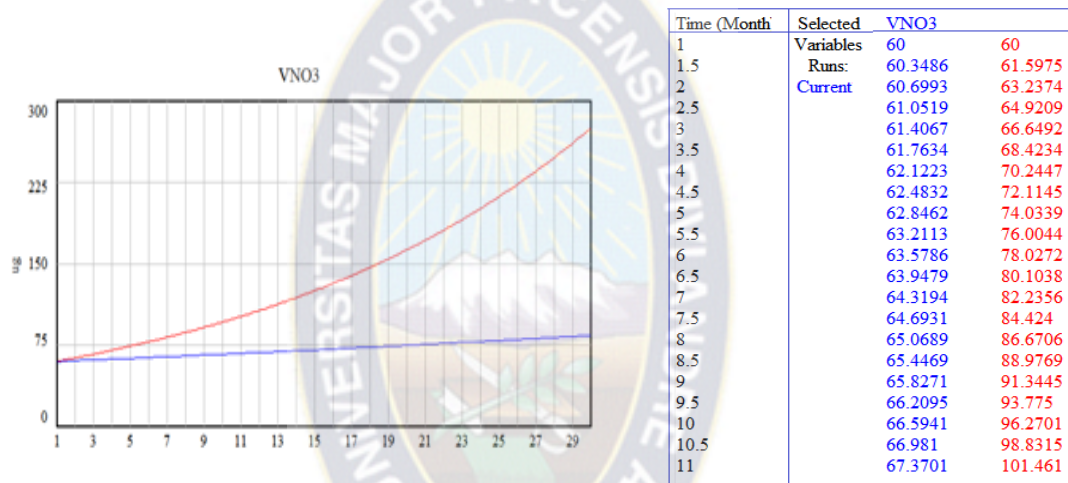
La población de niños enfermos tiene un valor inicial de 1000 (Ver figura 18), tiende a crecer hasta 2168 como indica la línea roja, esto según el tiempo de exposición al aire contaminado, en un periodo de simulación de 29 Meses. Por otro lado aplicando las siguientes políticas de calidad al modelo, se pudo observar que la variable tiende a decrecer a 842 como indica la línea azul, por lo tanto el uso de estas políticas serian de mucha ayuda para mejorar la calidad de vida de los niños.

Figura 19. Trayectoria y Estadística de Niños que Mueren por la Enfermedad



Los niños que mueren por la enfermedad (Ver figura 19), tiende a crecer hasta 358 como indica la línea roja, esto según el tiempo de exposición al aire contaminado y algunos otros factores como ser la alimentación, tratamiento para la enfermedad, etc., en un periodo de simulación de 29 Meses. Por otro lado aplicando las siguientes políticas de calidad al modelo, se pudo observar que la variable tiende a decrecer a 208 como indica la línea azul, por lo tanto el uso de estas políticas serian de mucha ayuda para mejorar la calidad de vida de los niños.

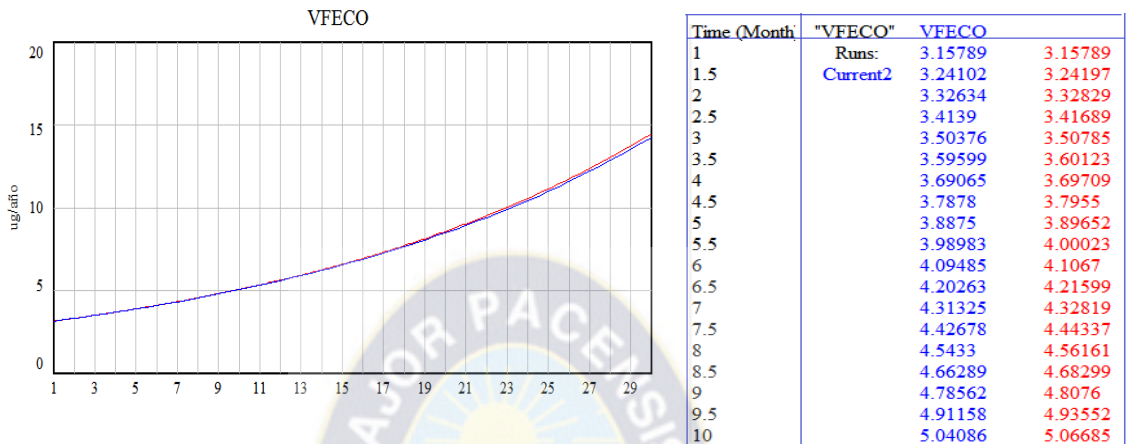
Figura 20. Trayectoria y Estadística del ozono troposférico



El ozono troposférico tiene un comportamiento exponencial (Ver figura 20), tiende a crecer y llega hasta 101 μg de concentración en la atmosfera como indica la línea roja, esto ocurre según el tiempo de permanencia del ozono en la atmosfera; se debe también de cierta manera al comportamiento creciente también de los contaminantes primarios precursores del ozono; óxidos de nitrógeno y Monóxido de Carbono en un periodo de simulación de 29 meses. Estos gases primarios llegan a contribuir a la generación de ozono en un 70%, el porcentaje restante llega a ser cantidad de ozono que se genera de forma natural, un 30%.

Por otro lado aplicando las siguientes políticas de calidad al modelo, se pudo observar que la variable tiende a decrecer a 67 μg como indica la línea azul, por lo tanto el uso de estas políticas serian de mucha ayuda para mejorar la calidad de vida de los niños.

Figura 21. Trayectoria de Monóxido de Carbono



Monóxido de Carbono, es un gas contaminante primario el cual también es precursor del ozono troposférico y se encuentra presente debido al uso de carbón. Su contribución al incremento de ozono llega a un valor de 5.06 μg , como indica la línea roja, pero al aplicar las políticas de calidad ambiental se puede notar que tiende a un valor de 5.04 μg como indica la línea azul, en un periodo de simulación de 29 meses (Ver Figura 21).

4.2 DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS

La hipótesis se la demostraremos de la siguiente manera: Por Lógica Proposicional e Intervalos de Confianza.

a) LOGICA PROPOSICIONAL

Problema: si el índice de contaminación por ozono troposférico en el aire se incrementa, entonces el número de niños con enfermedad respiratoria aguda aumenta.

Por lo que obtenemos la siguiente proposición:

$$P \rightarrow q$$

Demostración	Interpretación
$p \rightarrow q$	Si el índice de contaminación por ozono troposférico se incrementa, entonces el número de niños con enfermedad respiratoria aguda aumenta.
$\neg(p \rightarrow q)$	Esto es equivalente a decir: Supongamos que el índice de contaminación por ozono troposférico no se incrementa, entonces el número de niños con enfermedad respiratoria aguda no aumenta.
$\equiv \neg(\neg p \vee q)$	Esto es equivalente a decir: El índice de contaminación por ozono troposférico se incrementa o el número de niños con enfermedad respiratoria aguda aumenta.
$\equiv \neg(\neg p) \wedge \neg q$	Esto es equivalente a: El índice de contaminación por ozono troposférico se incrementa y la cantidad de niños con enfermedad respiratoria aguda no aumenta.
$\equiv p \wedge \neg q$	El Problema es el índice de contaminación por ozono troposférico que se incrementa.
$\equiv P$	

H: El modelo de Simulación ayuda a reducir la concentración de ozono troposférico por lo menos en un 50% para que disminuya la contaminación del aire y también el número de niños con enfermedad respiratoria aguda descienda al menos en un 30%, mediante el planteamiento de políticas de calidad ambiental.

$$(P \rightarrow q) \leftrightarrow r$$

Demostración de la Proposición	Interpretación del resultado de la demostración
<p>$(P \rightarrow q) \leftrightarrow r \equiv v$ // Por regla de eliminación del bi condicional</p> <p>$((P \rightarrow q) \rightarrow r) \wedge (r \rightarrow (P \rightarrow q)) \equiv v$</p> <p>Por lo tanto: $(P \rightarrow q) \rightarrow r \equiv v$</p>	<p>Si el modelo de simulación ayuda a reducir la concentración de ozono troposférico por lo menos en un 50% para que disminuya la contaminación del aire y también el número de niños con enfermedad respiratoria aguda descienda al menos en un 30%, entonces se debería plantear las políticas de calidad ambiental.</p>

b) INTERVALOS DE CONFIANZA

H: El modelo de Simulación ayuda a reducir la concentración de ozono troposférico por lo menos en un 50% para que disminuya la contaminación del aire y también el número de niños con enfermedad respiratoria aguda descienda al menos en un 30%, mediante el planteamiento de políticas de calidad ambiental.

El índice de contaminación del ozono troposférico está muy alto, su principal contribuyente es el incremento del parque automotor con un 70%, contaminando así el aire que respiramos y causando el incremento de enfermedades respiratoria aguda en los niños de 5 a 9 años de edad es por ello que nos planteamos la siguiente prueba de hipótesis.

Supongamos que el índice de contaminación por ozono troposférico llega a ser menor a 70%, Hipótesis nula debido al empleo de las políticas de calidad ambiental del parque automotor, causando así que descienda la población de niños de 5 a 9 años con enfermedad respiratoria aguda nuestra hipótesis alternativa afirma lo contrario el índice de contaminación por ozono troposférico es aumenta llegando a ser mayor a 70 % aplicando de igual manera las políticas de calidad ambiental y reflejando así un incremento en la

población de niños de 5 a 9 años con enfermedad respiratoria aguda, se cuenta con un intervalo de confianza del 95% y una desviación estándar de 1.5.

Demostrando la Hipótesis:

$$H_0: \mu < 0.7$$

$$H_1: \mu > 0.7$$

Utilizando la siguiente formula:

$$T_{calc} = \left| \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} \right| \geq T_{n-1, 1-\alpha/2}$$

Obtendremos lo siguiente:

Datos	Proceso	Decision
<p>n=25 x=0.1 $\mu_0 = 0.7$ $\alpha = 0.05$</p>	<p>$T_{calc} = \left \frac{0.1 - 0.7}{1.5/\sqrt{25}} \right > T_{25-1, 1-0.05/2}$ $T_{calc} = \left \frac{0.6}{1.5/5} \right > T_{24, 0.975}$ $T_{cal} = 2.0 > 4.30$</p>	<p>Se Acepta H_0, se concluye que el ozono troposférico debe disminuir para que así también disminuya la cantidad de niños con enfermedad respiratoria aguda.</p>

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El Modelo de Simulación contaminación del aire por ozono troposférico y su relación con las enfermedades respiratorias que se presentan en los niños que viven en la ciudad de la paz cumple con los siguientes puntos: El problema planteado, los objetivos propuestos y la hipótesis:

- Se Observó, analizo y abstraigo los componentes, variables y relaciones del objeto de estudio ozono troposférico.
- Se observar, analizo y abstraigo los componentes, variables y relaciones del objeto de estudio enfermedades respiratorias agudas (IRA).
- Se Aplicó la dinámica de sistemas a ambos objetos de estudio.
- Se construyó el Modelo conceptual.
- Se elaboró el Diagrama Causal para mostrar las relaciones entre los componentes y variables del modelo.
- Se construyó el diagrama de forrester.
- Se determinaron las ecuaciones del modelo para poder realizar la simulación.
- Se calibraron las Ecuaciones del modelo.
- Se realizó el Análisis de Sensibilidad.
- Se realizó la evaluación de validez o utilidad a partir de datos históricos.
- Se presentaron los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

- Se demostró la hipótesis planteada.
- Se llegó a una posible solución para el problema planteado.
- El modelo refleja el comportamiento del gas ozono troposférico, concentrado en la atmosfera y su relación con las enfermedades respiratorias agudas que se presentan en los niños a través del tiempo de exposición al aire libre, y el tiempo de permanencia del gas; en el cual se pudo observar el impacto negativo ya que a mayor concentración de ozono troposférico en la atmósfera habrá un crecimiento en la población de niños enfermos en un tiempo de exposición determinado. El uso del modelo de simulación permite también observar el comportamiento a un tiempo futuro para así tomar medidas como el empleo de políticas de calidad ambiental para que los posibles efectos sobre la salud no sean negativos, tomando medidas de precaución para mejorar la calidad de aire que respiramos.

5.2 RECOMENDACIONES

Haciendo uso de la herramienta de simulación se podrían modelar los siguientes sistemas:

- Existen factores que causan daños a la salud tanto de niños, jóvenes y adultos que viven en la ciudad de La Paz, para observar y analizar estos efectos el informático hace uso de una herramienta de mucha utilidad la técnica de simulación de sistemas. Los trabajos que se recomienda realizar en el campo de la contaminación son:
- Modelo de simulación que estudie y refleje el comportamiento de la Contaminación del agua en el lago Titicaca.
- Modelo de simulación que estudie y refleje el comportamiento de la Contaminación por partículas en suspensión.
- Modelo de simulación que estudie y refleje el comportamiento de la Contaminación de la contaminación interna, dentro de casa al usar aparatos eléctricos.
- Modelo de simulación que estudie y refleje el comportamiento de la Contaminación atmosférica respecto al efecto que causa en la vegetación.
- Modelo de simulación que estudie y refleje el comportamiento de la Contaminación atmosférica respecto a efecto que causa en los animales. Todos estos modelos de

simulación ayudarían en la toma de decisiones para que este efecto que daña la salud y el medio ambiente no afecte de manera negativa a la población en general.

6. FUENTES DE INFORMACION

- Sterman, J., (1976), Libro, Recuperado, Business Dynamics
- Gaceta Oficial de Bolivia (1992), Artículo Recuperado Ley del Medio Ambiente.
- Aracil, J. Gordillo, F., (1997), Libro, Recuperado, *Dinámica de Sistemas*, Editorial Alianza, Madrid.
- Molina, H. (1997), Artículo, Recuperado, Tutorial de Matlab,
<http://www.angelfire.com/la/hmolina/matlab7.html>
- Forrester, J. W. (1981), Libro, Recuperado, *Dinámica Industrial*, Editorial Ateneo, Buenos Aires
- Martínez, S. V., Requena, R. A., (1986), Libro, Recuperado, Modelo de simulación que estudie y refleje el comportamiento de la Contaminación atmosférica respecto a la vegetación.
- Bravo, A. H., (1996), Revista, Recuperado, Perspectiva Científica del Problema de la Contaminación Atmosférica Fotoquímica de la zona metropolitana de la Ciudad de México,
<http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/030115172514.html>
- Ballester, D. F., Tenías, J. M., Pérez, H. S., (1999), Revista, Recuperado, Revista española de salud pública, efectos de la Contaminación Atmosférica sobre la salud,
http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S113557271999000200002&script=sci_arttext
- Centro de Sanidad Ambiental, (1999), Artículo, Recuperado, Contaminación del Aire,
<http://www.envtox.ucdavis.edu/CEHS/TOXINS/SPANISH/airpollution.htm>
- Alem, N., Luján, M., Bascopé, D., (2005), Revista, Recuperado, Impacto de la Contaminación del aire en Enfermedades respiratorias atendidas en el Centro pediátrico Albina Patiño;
[http://www.ucbcb.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n1/v3.n1.al
em.pdf](http://www.ucbcb.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n1/v3.n1.al
em.pdf)

- Coss, B. R., (2000), Libro, Recuperado, *Simulación un Enfoque Práctico*, Editorial Limusa, S.A
- Moreno, A. A., López, M. S., Corcho, B. A., (2000), Artículo, Recuperado, Principales Medidas en Epidemiología, *Salud Publica de México, Volumen 42, N° 4*
- Organización Mundial de Salud, (2003), Artículo, Recuperado, Día Mundial de la Salud,
http://www.paho.org/spanish/dpi/whd03_community.htm
- Salazar, R. C., (2003), Artículo, Recuperado, Enfermedades Respiratorias (IRA),
<http://www.slideshare.net/lugoaz/infecciones-respiratorias-aguda-ira>
- Aparicio, F. J. A., (2005), Artículo, Recuperado, Contaminación Medioambiental por Ozono Troposférico,
<http://www.proteccioncivil-andalucia.org/Documentos/Ozono.htm>
- Organización Mundial de Salud, (2006), Artículo, Recuperado, Enfermedades por Contaminación,
http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/Contaminacion_Enfermedades.htm
- Martínez, G. J., (2007), Artículo, Recuperado, Guía del Usuario de Vensim. PDF,
http://www.dinamica-de-sistemas.com/vensim/vensim_2.pdf
- Caselles, M. A, (2008), Artículo, Recuperado, Modelización y Simulación de Sistemas Complejos, Universidad de Valencia.
- Fernández, M. A., (2008), Artículo, Recuperado, Efectos Nocivos De Los Compuestos Orgánicos Volátiles,
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/11/13/157193.php
- Cervantes, S. A., Chiappa, C. X. (2009), Artículo, Recuperado, Stella Software para Modelar de Dinámica en Biología,
http://intranet.sisal.unam.mx/labeco/LAB_ECOLOGIA/Docencia_files/PAME_Manual_Stella.pdf

- Moore, C., (2009), Artículo, Recuperado, Contaminación del Aire, un manual para periodistas,
http://www.healthandcleanair.org/resources/spanish_workbook.pdf
- El Diario. (2009), Artículo, Recuperado, Expertos advierten sobre crisis ambiental, *El Diario*,
http://www.eldiario.net/noticias/2009/2009_04/nt090412/5_01nal.php
- La Razón. (2009), Artículo, Recuperado, La contaminación va en aumento, *La Razón*, <http://www.bolivia.com/noticias/autonoticias/DetalleNoticia14004.asp>
- Medin, M. J., (2010), Artículo, Recuperado, Modelo sistemodinámico de influenza, uprb-Bayamón,
<http://136.145.236.36/isdweb/pagina%20web/Modelos/modelo%20influenza/Modelo%20%20SD%20Flu.pdf>
- Melgarejo, P. I., Soria, S. R., Spielvogel, H., Orozco, D., Villanueva, W., Cajas, N., (2010), Artículo, Recuperado, Salud pulmonar y contaminación ambiental en comerciantes de las ciudades de La Paz y El Alto,
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S181353632010000100004&script=sci_arttext
- Suarez, A. (2010), Artículo, recuperado, La Paz Respiró en 2010 el Peor Aire de los Últimos Seis Años. *Blog verde Bolivia*.
<http://blogverdebolivia.blogspot.com/2010/10/la-paz-respiro-en-2010-el-peor-aire-de.html>
- Tolcachier, A., (2011), Artículo, Recuperado, Contaminación del Aire en áreas urbanas.
http://www.intramed.net/sitios/libro_virtual4/6.pdf
- Quispe, M. D., (2011), Tesis, Recuperado, Modelo de simulación para la aglomeración de residuos sólidos en la ciudad de La Paz
- Delgado, S. J.M., (2011), Artículo, Recuperado, Efectos del Ozono Troposférico y Dióxido de Nitrógeno en la salud,
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10539/capitulo2.pdf?sequence=4>

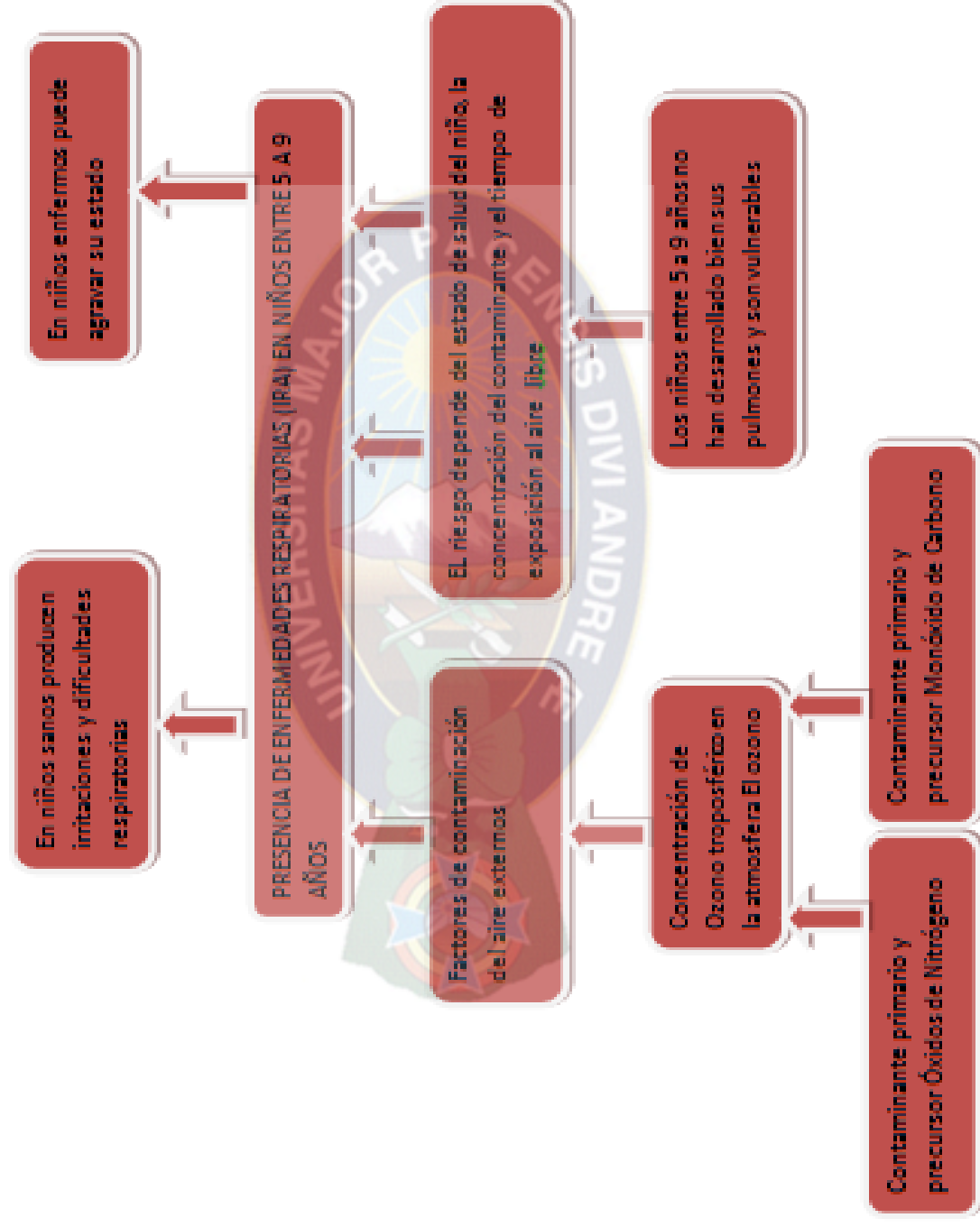
- Escobari, J. (2011), Artículo, Recuperado, Problemática Ambiental En Bolivia,
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/escobari.pdf>
- Flores, A. (2012), Artículo, Recuperado, Modelación dinámica de sistemas de Información,
http://modelaciondsi.blogspot.com/2012_08_01_archive.html
- Página 7, (2013), Recuperado Artículo: La Contaminación el La Paz Se Concentra en 4 Zonas, <http://www.fmbolivia.net/noticia61133>
- Jornada net, (2013), Recuperado Artículo: La Contaminación atmosférica y Acústica bajo en La Paz el Día del Peatón,
<http://www.jornadanet.com/n.php?a=90396-1>



ANEXOS



ARBOL DE PROBLEMAS



MATRIZ CAUSA Y EFECTO

Niños	Causa	Concentración de Ozono Troposférico	Tiempo de Exposición al Aire Libre	Efecto en la Salud
Sano	Contaminación del aire	250 µg/m ³	1 hora	Disminución de la Función Pulmonar
Sano	Contaminación del aire	120 µg/m ³	8 horas	Disminución de la Función Pulmonar
Sano	Contaminación del aire	500 µg/m ³	1 hora	Disminución de la Función Pulmonar
Sano	Contaminación del aire	200 µg/m ³	8 horas	Tos, dolor de cabeza, náuseas, dolores pectorales y en muchos casos acortamiento de la respiración.
Sano	Contaminación del aire	30 µg/m ³	1 a 8 horas	Admisión Hospitalaria
Sano	Contaminación del aire	25 µg/m ³	1 a 8 horas	Admisión Hospitalaria
Sano	Contaminación del aire	160 a 300 µg/m ³	1 hora	Cambios transitorios en las funciones pulmonares
Sano	Contaminación del aire	120 a 240 µg/m ³	1 hora realizando actividades físicas.	Disminución de la Función Pulmonar
Enfermo	Contaminación del aire	200 a 400 µg/m ³	2 horas	Reducción de la capacidad física, fatiga, dificultad en la respiración.
Enfermo	Contaminación del aire	100 µg/m ³	1 hora	Se incrementa los síntomas asmáticos leves como tos, flema, dificultad al respirar.
Enfermo	Contaminación del aire	200 µg/m ³	1 hora	Se incrementa los síntomas asmáticos, irritación en los ojos, tos, irritación de garganta, sensación

				incomoda en el pecho, dolor de cabeza, respiración dificultosa.
Enfermo	Contaminación del aire	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6 horas	Irritación del tejido pulmonar
Enfermo	Contaminación del aire	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 hora	Sensación incómoda en el pecho y reducción del 10 % en la función pulmonar.
Enfermo	Contaminación del aire	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 hora	Daños permanentes al pulmón, función pulmonar reducida en edad adulta.
Enfermo	Contaminación del aire	800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 hora	Empiora el asma causando ataques asmáticos, irritación provocada al sistema respiratorio, empeorando también las enfermedades crónicas, reduce la capacidad del sistema inmunológico.
Enfermo	Contaminación del aire	100000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30 minutos	Muerte por enfermedad IRA.

ACTIVIDADES	MES																													
	JUNIO																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Revisión																														
Inicio de Trámites																														
Predefensas																														
Defensas																														



LEY No. 1333

LEY DEL MEDIO AMBIENTE

PROMULGADA EL 27 de Abril de 1992

Publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el 15 de Junio 1992

REGLAMENTACION DE LA LEY N° 1333

DEL MEDIO AMBIENTE

REGLAMENTO GENERAL DE GESTION AMBIENTAL

REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACION HIDRICA

REGLAMENTO PARA ACTIVIDADES CON SUSTANCIAS
PELIGROSAS

REGLAMENTO DE GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS

REGLAMENTO DE PREVENCION Y CONTROL AMBIENTAL LEY
No. 1333

Por cuanto, el Honorable Congreso Nacional, ha sancionado la siguiente Ley:

EL HONORABLE CONGRESO NACIONAL,

DECRETA:

LEY DEL MEDIO AMBIENTE

TITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

CAPITULO I

OBJETO DE LA LEY

ARTICULO 1°.- La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

ARTICULO 2°.- Para los fines de la presente Ley, se entiende por desarrollo sostenible el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

ARTICULO 3°.- El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.

ARTICULO 4°.- La presente Ley es de orden público, interés social, económico y cultural.

TITULO II

DE LA GESTION AMBIENTAL

CAPITULO I

DE LA POLITICA AMBIENTAL

ARTICULO 5°.- La política nacional del medio ambiente debe contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, sobre las siguientes bases:

- 1.- Definición de acciones gubernamentales que garanticen la preservación, conservación, mejoramiento y restauración de la calidad ambiental urbana y rural.
- 2.- Promoción del desarrollo sostenible con equidad y justicia social tomando en cuenta la diversidad cultural del país.
- 3.- Promoción de la conservación de la diversidad biológica garantizando el mantenimiento y la permanencia de los diversos ecosistemas del país.
- 4.- Optimización y racionalización el uso e aguas, aire suelos y otros recursos naturales renovables garantizando su disponibilidad a largo plazo.

- 5.- Incorporación de la dimensión ambiental en los procesos del desarrollo nacional.
- 6.- Incorporación de la educación ambiental para beneficio de la población en su conjunto.
- 7.- Promoción y fomento de la investigación científica y tecnológica relacionada con el medio ambiente y los recursos naturales.
- 8.- Establecimiento del ordenamiento territorial, a través de la zonificación ecológica, económica, social y cultural. El ordenamiento territorial no implica una alteración de la división política nacional establecida.
- 9.- Creación y fortalecimiento de los medios, instrumentos y metodologías necesarias para el desarrollo de planes y estrategias ambientales del país priorizando la elaboración y mantenimiento de cuentas patrimoniales con la finalidad de medir las variaciones del patrimonio natural nacional,
- 10.- Compatibilización de las políticas nacionales con las tendencias de la política internacional en los temas relacionados con el medio ambiente precautelando la soberanía y los intereses nacionales.

CAPITULO II

DEL MARCO INSTITUCIONAL

ARTICULO 6º.- Créase la Secretaría Nacional del Medio Ambiente (SENMA) dependiente de la Presidencia de la República como organismo encargado de la gestión ambiental. El Secretario Nacional del Medio Ambiente tendrá el Rango de Ministro de Estado, será designado por el Presidente de la República y concurrirá al Consejo de Ministros,

ARTICULO 7º.- La Secretaría Nacional del Medio Ambiente, tiene las siguientes funciones básicas:

- 1.- Formular y dirigir la política nacional del Medio Ambiente en concordancia con la política general y los planes nacionales de desarrollo y cultural.
- 2.- Incorporar la dimensión ambiental al Sistema Nacional de Planificación. Al efecto, el Secretario Nacional del Medio ambiente participará como miembro titular del Consejo Nacional de Economía y Planificación (CONEPLAN).
- 3.- Planificar, coordinar, evaluar y controlar las actividades de la gestión ambiental.
- 4.- Promover el desarrollo sostenible en el país.
- 5.- Normar, regular y fiscalizar las actividades de su competencia en coordinación con las entidades públicas sectoriales y departamentales.
- 6.- Aprobar o rechazar y supervisar los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental e carácter nacional, en coordinación con los Ministerios Sectoriales respectivos y las Secretarías Departamentales del Medio Ambiente.
- 7.- Promover el establecimiento del ordenamiento territorial, en coordinación con las entidades públicas y privadas, sectoriales y departamentales.
- 8.- Cumplir y hacer cumplir las disposiciones emanadas de la presente Ley.

ARTICULO 8°.- Créanse los Consejos Departamentales del Medio Ambiente (CODEMA) en cada uno de los Departamentos del país como organismos de máxima decisión y consulta a nivel departamental, en el marco de la política nacional del medio ambiente establecida con las siguientes funciones y atribuciones:

- a) Definir la política departamental del medio ambiente.
- b) Priorizar y aprobar los planes, programas y proyectos de carácter ambiental elevados a su consideración a través de las Secretarías Departamentales.

- c) Aprobar normas y reglamentos de ámbito departamental relacionados con el medio ambiente.
- d) Supervisar y controlar las actividades encargadas a las Secretarías Departamentales.
- e) Elevar ternas ante el Secretario Nacional del Medio Ambiente para la designación del Secretario Departamental del Medio Ambiente.
- f) Cumplir y hacer cumplir la presente Ley y las resoluciones emitidas por los mismos.

Corresponde a los Gobiernos Departamentales convocar a las Instituciones regionales públicas privadas, cívicas, empresariales, laborales y otras para la conformación de los Consejos Departamentales del Medio Ambiente, estarán compuestos por siete representantes de acuerdo a lo dispuesto por la reglamentación respectiva.

ARTICULO 9º.- Créanse las Secretarías Departamentales del Medio Ambiente como entidades descentralizadas de la Secretaría Nacional del Medio Ambiente, cuyas atribuciones principales, serán las de ejecutar las políticas departamentales emanadas de los Consejos Departamentales del Medio Ambiente, velando porque las mismas se encuentren enmarcadas en la política nacional del medio ambiente. Asimismo, tendrán las funciones encargadas a la Secretaría Nacional que correspondan al ámbito departamental, de acuerdo a reglamentación.

ARTICULO 10º.- Los Ministerios, organismos e instituciones públicas de carácter nacional, departamental, municipal y local, relacionados con la problemática ambiental, deben adecuar sus estructuras de organización a fin de disponer de una instancia para los asuntos referidos al medio ambiente. Asimismo, en coordinación con la Secretaría del Medio Ambiente

correspondiente apoyarán la ejecución de programas y proyectos que tengan el propósito de preservar y conservar el medio ambiente y los recursos.

CAPITULO III

DE LA PLANIFICACION AMBIENTAL

ARTICULO 11°.- La planificación del desarrollo nacional y regional del país deberá incorporar la dimensión ambiental a través de un proceso dinámico permanente y concertado entre las diferentes entidades involucradas en la problemática ambiental.

ARTICULO 12°.- Son instrumentos básicos de la planificación ambiental.

- a) La formulación de planes, programas y proyectos a corto, mediano y largo plazo, a nivel nacional, departamental y local.
- b) El ordenamiento territorial sobre la base de la capacidad de uso de los ecosistemas, la localización de asentamientos humanos y las necesidades de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.
- c) El manejo integral y sostenible de los recursos a nivel de cuenca y otra unidad geográfica.
- d) Los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental.
- e) Los mecanismos de coordinación y concertación intersectorial interinstitucional e interregional.
- f) Los inventarios, diagnósticos, estudios y otras fuentes de información.
- g) Los medios de evaluación, control y seguimiento de la calidad ambiental.

ARTICULO 13°.- La Secretaría Nacional del Medio Ambiente queda encargada de la conformación de la Comisión para el Ordenamiento Territorial, responsable de su establecimiento en el país.

ARTICULO 14°.- El Ministerio de Planeamiento y Coordinación con el apoyo del Ministerio de Finanzas, la Secretaría Nacional del Medio Ambiente y los organismos competentes, son responsables de la elaboración y mantenimiento

de las cuentas patrimoniales con la finalidad de disponer de un adecuado sistema de evaluación del patrimonio natural nacional.

CAPITULO IV

DEL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION AMBIENTAL

ARTICULO 15°.- La Secretaría Nacional y las Secretarías Departamentales del Medio Ambiente quedan encargadas de la organización el Sistema Nacional de Información Ambiental, cuyas funciones y atribuciones serán: registrar, organizar, actualizar y difundir la información ambiental nacional.

ARTICULO 16°.- Todos los informes y documentos resultantes de las actividades científicas y trabajos técnicos y de otra índole realizados en el país por personas naturales o colectivas, nacionales y/o internacionales, vinculadas a la temática el medio ambiente y recursos naturales, serán remitidos al Sistema Nacional de Información Ambiental.

TITULO III

DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES

CAPITULO I

DE LA CALIDAD AMBIENTAL

ARTICULO 17°.- Es deber del Estado y la sociedad, garantizar el derecho que tiene toda persona y ser viviente a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades.

ARTICULO 18°.- El control de la calidad ambiental es de necesidad y utilidad pública e interés social. La Secretaría nacional y las Secretarías Departamentales del Medio Ambiente promoverán y ejecutarán acciones para hacer cumplir con los objetivos del control de la calidad ambiental.

ARTICULO 19°.- Son objetivos del control de la calidad ambiental:

- 1.- Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población.

2. Normar y regular la utilización del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto.

3.- Prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.

4.- Normas y orientar las actividades del Estado y la Sociedad en lo referente a la protección del medio ambiente y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a objeto de garantizar la satisfacción de las necesidades de la presente y futuras generaciones.



