

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Carrera de Informática



## TESIS DE GRADO

**“PROYECCIÓN DE LOS EFECTOS DE DESECHOS TECNOLÓGICOS  
EN EL MEDIO AMBIENTE, CASO BOTADERO MUNICIPAL ZONA  
VILLA INGENIO CIUDAD DE EL ALTO”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA  
MENCION: INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Postulante.: Hernández Jurado Sinforoso José  
Tutor: M. Sc. Franz Cuevas Quiroz  
Revisor: Lic. Juan Gonzalo Contreras Candia**

**NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ – BOLÍVIA  
2018**



**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 respeto, admiración a mis mamá Lidia, mi papá José y mi abuelita Juana, que me guía desde el cielo, ellos me brindan toda la fortaleza para que mi persona pueda lograr estos objetivos.*

*A mi familia toda por motivarme darme la mano y su apoyo en todo momento a ustedes por siempre mi agradecimiento eterno.*

### **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi familia por entenderme y apoyarme incondicionalmente en los tiempos más difíciles y guiarme en esta etapa de mi vida.

A mi Tutor Metodológico M.Sc. Franz Cuevas Quiroz por su apoyo, paciencia, enseñanzas, colaboración, calidad humana y comprensión que lo identifican.

A mi Revisor Lic. Juan Gonzalo Contreras Candia que es un docente que me motivo a continuar en la carrera por haberme guiado, con sus enseñanzas y consejos.

Agradecer a todos los docentes, compañeros, amigos de la carrera de Informática y a la Universidad Mayor de San Andrés por ayudarme en la elaboración y desarrollo de la presente Tesis de Grado.

En esta última etapa de la carrera he aprendido que no se puede avanzar solo, siempre necesitamos ayuda en los buenos y malos momentos.

muchas gracias.

## RESUMEN

La proyección de desechos tecnológicos en la Ciudad de El Alto, tiene por objetivo dar más información sobre el tema, la contaminación ambiental tendrá una serie de efectos que dañaran nuestra medio y por lo tanto nuestras vidas, asta ahora son minimos los efectos pero la dinámica de sistemas permite hacer posible la predicción de la conducta futura de esa realidad.

Para ello se elabora un Modelo de proyecion para detectar cuales son las causas y su efectos a mediano plazo, es muy poca la información con la que se cuenta pese a muchos estudios realizados, desde el ministerio de medio ambiente y empresas consultoras especialistas en estos temas, el presente trabajo pretende impulsar a tomar medidas de prevención preparando áreas de almacenaje aislados de la población y donde el medio ambiente no sufra las consecuencias.

El relleno sanitario de villa ingenio tiene una capacidad de tratamiento de varios residuos, que en un cierto tiempo su capacidad será revasada por las cantidades de basura que se genera, por el crecimiento urbano que rodea y crece alrededor de dicho relleno, no obstante EMALT no deja trabajar en la recolecion y tratamiento con áreas de disposición final, cuenta con área para los desechos de hospitales, pero aun no están contemplados los desechos tecnológicos.

El método científico que alcanza conclusiones generales partiendo de hipótesis o antecedentes en particular, utilizado en la presente investigación nos dio los pasos que debemos seguir en esta investigación, dándonos pautas importantes que nos ayudan a diseñar el modelo de proyección.

Las grandes cantidades de desechos tecnológicos almacenados en los hogares alteños y sin uso, son un riesgo por que si son desechados y mezclados con desechos comunes pueden liberar sustancias altamente contaminantes, afectarían al medio ambiente y la salud de la población, porque la ciudad de El Alto es una de las mas pobladas e importantes del país.

## ABSTRACT

The projection of technological waste in the City of El Alto, aims to provide more information on the subject, environmental pollution will have a series of effects that will damage our environment and therefore our lives, until now the effects are minimal but the dynamics of systems allows to make possible the prediction of the future behavior of that reality.

To this end, a Projection Model is prepared to detect what the causes are and their effects in the medium term, there is very little information that is available despite many studies carried out, from the Ministry of the Environment and specialized consulting firms on these issues. , the present work intends to drive to take preventive measures preparing isolated storage areas of the population and where the environment does not suffer the consequences.

He landfill of Villa Ingenio has a capacity to treat all the waste that in a certain time will be insufficient due to the amount of garbage that is collected and the urban growth that surrounds and grows around said landfill, however EMALT is a company that does not let work in the collection and treatment with disposal areas and has an area for hospital waste, but technological waste is not yet contemplated.

The scientific method that reaches general conclusions based on hypothesis or particular background, used in the present investigation gave us the steps that we must follow in this investigation, giving us important guidelines that help us to design the projection model.

The large amounts of technological waste stored in homes without alteration, are a risk because if they are discarded and mixed with common waste can release highly polluting substances, they would affect the environment and the health of the population, because the city of El Alto is one of the most populated and important in the country.

## INDICE

	Pag.
CAPITULO I .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	3
1.2.1. CASO SAMSUNG.....	3
1.2.2. CHINA, EL BASURERO ELECTRÓNICO DEL MUNDO.....	4
1.2.3. BOLIVIA PRODUJO 33000 TONELADAS DE DESECHOS TECNOLÓGICOS EL 2015 .....	6
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
1.4. OBJETIVO.....	10
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	10
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	10
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.7. ALCANCES Y LIMITES .....	12
CAPÍTULO II .....	13
2. MARCO TEORICO.....	13
2.1. BASURA, DESECHOS O RESIDUOS: ¿HAY ALGUNA DIFERENCIA.....	14
2.2. CONVENIO DE BASILEA .....	15
2.2.1. ACUERDO AMBIENTAL MUNDIAL .....	15
2.2.2. ALGUNAS CUESTIONES DE ACTUALIDAD DE LAS QUE SE OCUPA EL CONVENIO DE BASILEA .....	16
2.3. LEY N° 755, GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS.....	17
2.3.1. ARTICULO 1. (OBJETO).....	17
2.3.2. ARTICULO 2. (MARCO COMPETENCIAL) .....	17
2.3.3. ARTÍCULO 3. (ALCANCE).....	17
2.3.4. PLANIFICACIÓN E INFORMACIÓN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS.....	17
2.3.5. Artículo 32. (ÁREAS PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO, DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS) .....	18
2.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	18
2.4.1. LOCALIZACIÓN .....	18
2.4.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS .....	18

2.5. EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO EL ALTO (EMALT).....	19
2.6. METODOLOGIA .....	20
2.7. METODOLOGÍA DEL MODELADO .....	21
2.7.1. MODELO .....	21
2.7.2. CLASIFICACIÓN DE MODELOS .....	24
2.7.3. ELEMENTOS DE LOS MODELOS.....	25
2.7.4. DINÁMICA DE SISTEMAS .....	26
2.7.5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DINÁMICO.....	27
2.7.6. DIAGRAMA CAUSAL .....	28
2.7.7. DIAGRAMA DE FORRESTER .....	29
2.7.8. SIMULACIÓN DE SISTEMAS .....	31
2.7.8. VENTAJAS DEL USO DE LA SIMULACIÓN .....	32
2.7.9. DESVENTAJAS .....	32
2.8. PROGRAMAS DE SIMULACIÓN .....	33
2.8.1. VENSIM.....	33
2.8.2. MODELADO EN VENSIM .....	34
2.9. IMPACTO AMBIENTAL, Y SUSTANCIAS MÁS PELIGROSAS PRESENTES EN LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DESECHADOS .....	36
2.10. ESTADÍSTICAS DE CRECIMIENTO EN LA CIUDAD DE EL ALTO.....	38
2.11. OBSOLESCENCIA PROGRAMADA .....	39
2.11.1. HISTORIA .....	40
2.11.2. CONSECUENCIAS .....	41
2.11.3. DESECHOS Y CONTAMINACIÓN .....	41
2.11.4. OBSOLESCENCIA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS ....	42
2.11.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS .....	43
2.12. APAGÓN ANALÓGICO.....	44
CAPITULO III.....	46
MARCO APLICATIVO .....	46
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA.....	46
3.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....	48
3.3. CONSTRUCCION DEL MODELO CONCEPTUAL.....	49
3.3. PROGRAMA DEL MODELO EN LA COMPUTADORA.....	54
3.4. VERIFICACIÓN.....	57



3.5. VALIDACION.....	58
3.6. EXPERIMENTACIÓN .....	58
3.7. INTERPRETACIÓN.....	62
3.8 DOCUMENTACION.....	65
CAPITULO IV .....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
4.1. CONCLUSIONES .....	66
4.2 RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	68
ANEXOS .....	71
DOCUMENTACIÓN .....	74

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación de residuos en base al convenio de Basilea .....	16
<b>Figura 2.</b> Mapa ciudad de El Alto y sus 14 distritos.....	19
<b>Figura 3.</b> Vista satelital relleno sanitario villa ingenio, .....	20
<b>Figura 4.</b> Metodología del modelado etapas y actividades que se realizan para lograr los objetivos. ....	24
<b>Figura 5.</b> Grafo que representa un sistema .....	26
<b>Figura 6.</b> Tipos de Modelos a estudiar con Dinámica de Sistema .....	27
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Forrester, se observa interrelación Componentes.....	28
<b>Figura 8.</b> Graficas de los Diagramas de Forrester, representación Sistemas Dinámicos.....	30
<b>Figura 9.</b> Simulación .....	31
<b>Figura 10.</b> Sistema dinámico, procedimiento en el que las variables interactúan para incitar cambios en el tiempo. ....	35
<b>Figura 11.</b> Componentes de un teléfono celular. ....	37
<b>Figura 12.</b> Intoxicación silenciosa.....	38
<b>Figura 13.</b> Proyección de población población por sexo, 2017-2020 .....	39
<b>Figura 14.</b> Cuadro desechos tecnológicos producidos en Bolivia .....	41
<b>Figura 15.</b> Obsolescencia programada.....	43
<b>Figura 16.</b> Televisor moderno que recibe señal digital y otro que tiene sistema analógico. ....	45
<b>Figura 17.</b> Grafica de crecimiento poblacional aproximado .....	50
<b>Figura 18.</b> Cantidad de productos tecnológicos que FUNCIONAN .....	51
<b>Figura 19.</b> Cantidad de productos tecnológicos que NO FUNCIONAN . ....	51
<b>Figura 20.</b> Diagrama causal .....	54
<b>Figura 21.</b> Diagrama de forrester, proyectara la relación de crecimiento poblacional con el generación de basura tecnológica y la contaminación. ....	57
<b>Figura 22.</b> Proyección del crecimiento poblacional del año 2015 al 2025 .....	60
<b>Figura 23.</b> Datos detallados de dicho comportamiento.....	60
<b>Figura 24.</b> Representa la generación de basura con relación al crecimiento poblacional.....	61
<b>Figura 25.</b> Representa el crecimiento poblacional con relación a la generación de basura, .....	61
<b>Figura 26.</b> Representa el crecimiento del servicio y de lo que requerirá el relleno para tratar la gran cantidad de basura .....	62
<b>Figura 27.</b> Modelo de forrester .....	63
<b>Figura 28.</b> Crecimiento de riesgo de contaminación con y sin área de tratamiento .....	64
<b>Figura 29.</b> Peso de artefactos más contaminantes de mayor porcentaje entre los productos que no funcionan y están almacenados en los hogares.....	64
<b>Figura 30.</b> Ecuaciones respectivas de las Variables de Nivel, Flujo y Auxiliares del Modelo de proyección.....	65

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Crecimiento poblacional, censo 2001, 2012 Ciudad de El Alto.....	49
<b>Tabla 2.</b> Crecimiento poblacional aproximado Ciudad de El Alto.....	50
<b>Tabla 3.</b> Relación cantidad de residuos tecnológicos, por habitante y tiempo. ....	52
<b>Tabla 4.</b> Productos que se encuentran en mayor cantidad, peso promedio y cantidad .....	53
<b>Tabla 5.</b> Variables de la proyección .....	54
<b>Tabla 6.</b> Variables del Nivel del Modelo de Simulación. ....	55
<b>Tabla 7.</b> Variable de flujo de Modelo de Simulación .....	56
<b>Tabla 8.</b> Variables auxiliares del modelo de proyeccion .....	56

## **CAPITULO I**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

A diario, se producen miles de toneladas de basura electrónica de manera innecesaria y desmedida. Esto tiene dos motivos principales: Por un lado, los fabricantes, que elaboran sus productos bajo una estrategia conocida como “obsolescencia programada”, la cual consiste en fabricar los productos de manera que tengan corto tiempo de vida útil, para que las personas adquieran nuevos productos; y, por otro lado, el consumismo, que empuja a las personas a que renueven sus aparatos electrónicos, aunque éstos funcionen perfectamente.

Los desechos electrónicos son enemigos ruidosos y silenciosos a la vez, debido a que son altamente contaminantes, pero una enorme porción de la población no está consciente del daño que estos desechos causan al planeta y a los que habitan en él. Es un tema relevante porque el planeta se encuentra muy contaminado por estos desechos y la situación es realmente alarmante. En todo el mundo se producen anualmente alrededor de 50 millones de toneladas métricas de basura electrónica, lo que supone 7 kilogramos por persona. Según advierte la ONU, para el 2017 la cifra aumentará un 33%. Esto significa que, en el 2017, el volumen anual de basura electrónica será de unos 65,4 millones de toneladas, lo que equivale a un peso similar al de 130 edificios como el Burj Khalifa de Dubai. Esta investigación tiene como objetivo ampliar el conocimiento general sobre este tema, beneficiando así a las futuras generaciones.

En la última reunión del Foro Mundial de Desechos, se consideró que la “basura electrónica” es un problema mundial que ya alcanza a todos los países del mundo. Con el

importante e inevitable desarrollo tecnológico, y el apetito desproporcionado por el consumo de tecnología de punta, la vida útil de dispositivos eléctricos y aparatos electrónicos está siendo determinada por la velocidad a la que el mercado renueva la oferta de estos, más que por la calidad y eficiencia con que prestan el servicio para el cual fueron destinados.

Actualmente este tipo de basura la amontonamos en alguna bodega, la apilamos en las esquinas de las oficinas, en los patios de los hogares y lo que es más grave, la mayoría de las veces las mezclamos con la basura corriente, la que desechemos diariamente, que es recogida por la empresa de aseo urbano Emalt.

Según la ley N° 755 del 28 de octubre de 2015 LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, menciona en su Artículo 6. (PRINCIPIOS), párrafo cuarto **Protección de la Salud y el Medio Ambiente**. La Gestión Integral de Residuos debe orientarse a la protección de la Madre Tierra, previniendo riesgos para la salud y de contaminación del agua, aire, suelo, flora y fauna, en concordancia con las estrategias de lucha contra el cambio climático, para el vivir bien de las actuales y futuras generaciones.

Estudiar esta problemática pretende contribuir, a la nueva ley N° 755 y al municipio, en la prevención de las consecuencias de la basura electrónica, recordemos que dicha basura tiene sus riesgos por su grado de toxicidad. En Bolivia a partir de esta ley y las estrategias que cada municipio adopte para tener datos que den como resultado cuanta basura electrónica se produce cada año, y cuanta basura se acumula en los rellenos sanitarios, específicamente en la ciudad de El Alto, este problema que no se ve a simple vista, se debe planificar un manejo y procesamiento correcto de este tipo de “basura electrónica”.

La presente investigación realizara un estudio que permitirá obtener, aproximaciones de la cantidad de desechos tecnológicos generados con relación a la cantidad de habitantes en cada municipio durante ciertos intervalos de tiempo, dichos datos y variables podrán ser manejados en un “prototipo de simulación” que proyecte a futuro cuáles serán las consecuencias y se puedan adoptar medidas para prevenir desastres ecológicos que afecten la vida en nuestras ciudades y su medio ambiente.

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1. CASO SAMSUNG

Falla en baterías del samsung galaxy note 7 llega en el peor momento posible

(Tecnología, 2 Sep 2016 - 3:10 PM, Santiago La rotta), Samsung y Apple son el primer y segundo fabricante de teléfonos móviles en el mundo, respectivamente. En medio de la realización de la feria IFA y a pocos días del presunto lanzamiento del nuevo iPhone de Apple, la empresa debe afrontar un daño serio que afecta una porción de uno de sus dispositivos mejor recibidos en el mercado. Con el llamado a recoger globalmente 2,5 millones de unidades del nuevo Galaxy Note 7, además de detener las ventas del dispositivo, Samsung está tomando el camino más responsable y seguro para investigar un asunto que se muestra incierto, cuando menos. Según Samsung, se han reportado 35 incidentes y la compañía estima que el defecto en sus teléfonos afecta a 24 de cada millón de unidades.

Extrapolando esto, uno de cada 42.000 Galaxy Note 7 vendidos estaría dañado, en un principio se pensó que el daño provenía de los cargadores o los puertos de carga. La compañía precisó este viernes que el defecto se localiza en la batería. Hasta donde se sabe, las baterías de este dispositivo provienen de China y de Corea del Sur. Al parecer, las que son propensas a incendiarse son las coreanas.

¿Por qué explotan las baterías del Samsung Galaxy note 7?

(Tecnología, 11 Oct 2016, AFP), Samsung, líder mundial en telefonía móvil, anunció este martes la suspensión total de la producción de su último modelo Galaxy Note 7, debido a los riesgos de explosión de las baterías del aparato, abriendo una crisis en este gigante surcoreano. La decisión se produce tras una serie de incendios de las baterías de ión de litio, que se usan en aparatos que van desde ordenadores portátiles hasta aviones, pasando por los Smartphone. Estas son algunas preguntas sobre los crecientes problemas de seguridad en los aparatos Samsung, la retirada de los Note 7, y las razones por las que las baterías pueden incendiarse.

¿Cómo funcionan las baterías y porque pueden incendiarse?, Las baterías de ión de litio usadas por Samsung, producidas por varias otras compañías, entre ellas su filial Samsung

SDI, son del tipo recargable que utiliza diversos materiales, uno con iones positivos -el cátodo- y otro con iones negativos, el ánodo. Estos iones se desplazan en una dirección en el momento de la carga, y en sentido inverso cuando se descargan, al ser usadas. Estas dos capas, o conductores, no deben supuestamente estar en contacto por lo que los productores insertan separadores para que permanezcan estancas.

Desgraciadamente, la reacción química que permite que funcionen las baterías también crea calor. Una sobrecarga del artefacto o una carga demasiado rápida- puede provocar fuego.

¿Qué ha ocurrido con las baterías de Samsung?, Samsung admite que algunas partes de la batería que nunca debieron entrar en contacto sí lo hicieron debido a un "muy inhabitual error en el proceso de producción".

La carrera hacia mejores resultados para incrementar la autonomía de una batería, en un mercado muy competitivo, puede conducir a resultados inesperados. "Los fabricantes de 'smartphones' intentan reducir el tamaño de estas baterías para hacerlas más finas" explica Hideki Yasuda, analista en el Ace Research Institute de Tokio. "Dado que las baterías generan energía mediante una reacción química, es difícil reducir el riesgo (de ignición) a cero", añade.

¿Está muy extendido el problema?, Cada año se producen millones de baterías de ión de litio, y la proporción de las que son defectuosas es pequeña. En el caso de Samsung, el responsable de la división de telefonía del grupo había asegurado en septiembre que el porcentaje de aparatos defectuosos era de 24 por cada millón. Samsung se vio forzado a ordenar el 2 de septiembre un llamado a revisión a escala mundial de 2,5 millones de unidades del Note 7, después de que algunos aparatos ardieran al estallar la batería durante la carga. Ello pareció paliar la crisis, pero luego se reveló que los aparatos distribuidos para reemplazar a los defectuosos también tenían problemas. "No es fácil determinar de momento si otros (fabricantes) tienen el mismo problema que Samsung" afirma Yasuda. "Si los suministradores de baterías las venden a otros fabricantes, éstos podrían también verse afectados".

### **1.2.2. CHINA, EL BASURERO ELECTRÓNICO DEL MUNDO**

Según un informe reciente de la ONU, "China se encuentra entre los mayores vertederos de desechos electrónicos del mundo", Guiyu, el pueblo de la basura electrónica.

Esta localidad china recibe el 80% de los residuos tecno del mundo y sus habitantes usan métodos mortales para clasificarlos.

Guiyu es un pueblo envenenado. Esta ciudad de 150 mil habitantes en el sudeste de China destapa el lado oscuro del negocio tecnológico: recibe el 80% de la basura electrónica del mundo. Esto pasa porque los residuos tecno son muy caros de reciclar. Por eso, los países los exportan a ciertos puntos de Asia o África.

A finales de 2015, el gobierno de Guiyu construyó una planta de reciclaje enorme para tratar las millones de toneladas de basura que recibe. A pesar de que muchos empleados ya trabajan en ese predio, todavía subsisten más de 5 mil talleres informales.

La economía del pueblo se basa en estos talleres y los salarios son cinco veces más altos que los que tenían los trabajadores cuando se dedicaban a la agricultura. Sin embargo, el precio que pagan por su salud es muy alto. Por la exposición constante al plomo, mercurio y cadmio sufren problemas neurológicos, enfermedades de la piel y sus hijos nacen con malformaciones congénitas.

## **TRABAJO LETAL**

Los talleres de desguace de Guiyu son galpones donde sólo hay basura. Los operarios, generalmente mujeres, desarman y clasifican los materiales reciclables a mano, sin protección. El método es aún peor: prenden fuego los plásticos y huelen los vapores venenosos para saber de qué tipo de plástico se trata o sumergen en ácido pequeñas cantidades de oro de placas de computadora que después se tiran en los arroyos.

Así, el 70 por ciento de los bebés nace con 50 por ciento más de plomo en sangre que lo normal y los ríos tienen 2.400 veces el nivel normal de este metal. Un dato escalofriante: desde principios de años se prohibió reciclar en la calle para ocultarlo de las cámaras y las organizaciones de derechos humanos. (tecno noticias, [https://tn.com.ar/tecno/f5/guiyu-el-pueblo-de-la-basura-electronica\\_673864](https://tn.com.ar/tecno/f5/guiyu-el-pueblo-de-la-basura-electronica_673864), 2017).



### **1.2.3. BOLIVIA PRODUJO 33000 TONELADAS DE DESECHOS TECNOLÓGICOS**

#### **EL 2015**

Bolivia generó un aproximado de 33000 toneladas de basura tecnológica en el 2015, según José E. Rojas, presidente ejecutivo de la Fundación Redes para el Desarrollo Sostenible (REDES). Siendo así que cada habitante del país, genera en las zonas urbanas y alrededores, más de tres kilos de basura tecnológica anualmente.

En Bolivia los accesorios tecnológicos con mayor demanda que a corto plazo se convertirán en basura tecnológica, son “los teléfonos celulares con un (95 por ciento), los CPU o computadoras de escritorio (76 por ciento), equipos de sonido (83 por ciento, televisores (77 por ciento), las impresoras (79 por ciento) y los accesorios para luz artificial (96 por ciento)”.

Rojas también refiere que “la vida útil de todos estos productos dura aproximadamente de cuatro a seis años”, por el uso que hacen los consumidores de estos aparatos, las políticas de garantías de las empresas productoras y la carencia de repuestos.

En el 2015, las empresas importadoras en Bolivia, han incrementado sus ofertas debido a la gran demanda de productos tales como los focos, impresoras y celulares que tienen un promedio menor a tres años de duración; planchas, computadoras portátiles y mouses que duran entre cuatro a seis años, además de los refrigeradores, equipos de sonido, televisores, y computadoras que tienen una duración cercana a los ocho y diez años. Informó la Fundación responsable del diagnóstico de residuos Electrónicos en Bolivia, Swisscontact.

César Aranda experto en informática y programación, comenta que la vida corta de los equipos electrodomésticos e informáticos, se debe a una estrategia industrial conocida como la obsolescencia programada, que “está pensada para que los consumidores tengan la necesidad de actualizar sus equipos y dispositivos móviles, ya sea por fallas técnicas irreparables, nuevos sistemas operativos, o la limitación de las patentes que prohíben posibilidades alternativas como usar un sistema operativo actual en computadoras antiguas.

Entonces la única opción para estar al día, es comprar una computadora nueva, además del software (sistema operativo), salvo que se opte por Linux (un sistema libre).” Aranda informó que las industrias, actualmente lanzan al mercado equipos compuestos por elementos

no reutilizables, que resultan tóxicos para la salud y el medio ambiente, debido a los elementos pesados que contienen.

Según datos de REDES, algunas de las causas del exceso de basura tecnológica en Bolivia son la carencia de indicadores y un sistema sólido que mida el consumo de este tipo de productos, la falta de estudios del “Arancel Aduanero de importaciones de Bolivia” para especificar las características de los productos importados, considerando los materiales de los que están hechos, y la revisión del tiempo de garantía de los equipos electrónicos, que generalmente equivalen al tiempo del correcto funcionamiento de los mismos.

Otro requisito, sin cumplir, para el control de la basura electrónica, surge a partir de la ausencia de una clasificación diferencial, basada en el grado de peligrosidad y contaminación de los componentes electrónicos desechados.

Una alternativa para evitar la producción descontrolada de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Bolivia, consiste en diseñar sistemas de información que involucren a los sectores formales e informales del mercado nacional y a actores responsables como la Aduana Nacional y el Instituto Nacional de Estadística para facilitar el conocimiento de “las prácticas y representaciones sociales de los usuarios y el público en general, al finalizar la vida útil de sus TIC”, Señaló Sergio Toro, experto en TIC y desarrollo, a través de REDES. Otra posible solución es “Promover el consumo responsable de aparatos electrónicos”.

Tesis de grado: “PRE-DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO QUE RECICLA Y PROCESA LA “BASURA ELECTRÓNICA” EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL” de Tello López Camilo Fernando, Mena Villafuerte Marcelo Alexander, (2009), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador. Menciona que: La Unión Europea generó en 1998 aproximadamente 6 millones de toneladas de chatarra electrónica y se espera que para 2004 esta cantidad será de 7.4 millones, un 4% de crecimiento anual. Por consiguiente, para el año 2009 se estima la cantidad de 8.4 millones aproximadamente. Un análisis del investigador argentino Gustavo Fernández presenta el siguiente escenario: “para el 2020 habrán cerca de 215.000 toneladas de residuos electrónicos de computadoras, las que contendrán 2 toneladas de arsénico (suficiente para contaminar 225 millones de litros de agua para beber), 3 toneladas

de mercurio, y casi 10.000 toneladas de plomo, conformado en su conjunto una amenaza a la salud pública y patrimonio ambiental, por lo que exigiría un tratamiento adecuado.

Tesis de Grado: “SIMULACION DE LA DESERTIFICACION DEL SUELO MEDIANTE AUTOMATAS CELULARES Y REDES BAYESIANAS”, de Fuentes Mamani Wilma (2012). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia. Su propósito es: elabora una alternativa más de modelización de la desertificación del suelo basado en autómatas celulares y redes bayesianas, cuya particularidad es presentar un modelo con el mejor enfoque posible en la representación del problema, gracias a una flexibilidad de ajuste en los componentes de fondo y la capacidad de mantener consistente en todo momento la estructura de forma del modelo, obteniendo de esta forma una formula final capaz de modelar dinámicamente el estado de la desertificación del suelo a través del tiempo. El modelo elaborado es probado para la predicción de la desertificación del suelo del territorio boliviano. Los resultados de las simulaciones obtenidas por el prototipo para implementar el modelo demuestran una razonable representación de la desertificación del suelo, la primera realizada para obtener el porcentaje de desertificación del 2010 a partir de la desertificación de 1996 y la segunda consiste en obtener una proyección de un escenario futuro de la desertificación para el año 2024.

Tesis de Grado: “MODELO DE SIMULACIÓN DE DESASTRES NATURALES CAUSADO POR INUNDACIONES”, de Limachi Pardo Rolando (2009). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Su propósito es: proporcionar información confiable para una eficaz toma de decisiones basándose en un análisis de los procesos hídricos ocurridos en Bolivia siendo que las inundaciones son un problema que enfrenta el país y que no puede prever por falta de herramientas recurriendo así a un modelo de simulación que describe el comportamiento de la inundación. En la tesis lo que se quiere es describir una realidad muy posiblemente no existe una forma correcta o la mejor forma de observar la realidad, mediante un enfoque que se denomina Dinámica de Sistemas, consiente que se debe tratar de realizar una abstracción de la realidad con el fin de presentar la simulación de inundaciones en forma más simple y comprensible. El modelo que se desarrolló mediante la herramienta Vensim se plasma posteriormente en un sistema de información Geográfica con la finalidad de aplicarlo en el caso específico del rio Ichilo.

Tesis de Grado: “SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO UTILIZANDO EVENTOS DISCRETOS CASO: CIUDAD DE EL ALTO – LA PAZ”, de Rodríguez Yujra José Antonio (2014). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Su propósito es: la simulación es una técnica muy eficaz y grandemente usada para analizar y estudiar sistemas complejos. Simular es reproducir artificialmente un fenómeno. Se puede definir la simulación como la técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real. La simulación de contextos urbanos, resulta muy útil en los procesos de planificación y toma de decisiones que afecta a la población de ciudades que se encuentra en constante crecimiento, los factores utilizados en esta tesis ayudaran a conocer la población, cuantos nuevos hogares se estiman para los próximos años, nuevas viviendas que extensión territorial y áreas verdes deberían existir para un futuro a mediano y largo y mediano plazo. En este trabajo se empleó herramientas de modelos de simulación (MSED) y dinámica de sistemas, utilizando factores sociales y económicos y ver el impacto que sufrirá nuestra ciudad, que cada año va creciendo en forma desmedida, el software utilizado en esta investigación fue Stella 9.02 una herramienta amigable que facilitó la implementación.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Mientras el celular, el monitor y el televisor estén los hogares no generan riesgos de contaminación. Pero cuando se mezclan con el resto de la basura y se rompen, esos metales tóxicos se desprenden y pueden resultar mortales, muchas familias disponen de alguna computadora en su trabajo. Aunque la vida útil de estos equipos se estima en diez años, al cabo de unos tres o cuatro ya han quedado obsoletos debido a los requerimientos de los nuevos programas y las nuevas versiones de los sistemas operativos. Adquirir un nuevo equipo informático es tan barato que abandonamos o almacenamos una computadora cuando todavía no ha llegado al final de su vida útil, para comprar otro nuevo, desconociendo el enorme coste ecológico.

Los residuos electrónicos de los equipos informáticos generan una serie de problemas específicos. Por ejemplo, son tóxicos, debido a que incluyen componentes tóxicos como el Plomo, el mercurio y el Cadmio. También llevan Selenio y Arsénico, entre otros. Cuando estos compuestos son fundidos liberan toxinas al aire, tierra y agua, existe poca información sobre cuanta basura tecnológica se genera, además la población que habita cerca a los rellenos

sanitarios, el medio ambiente y la vida silvestre serían los más afectados, parte de la población desconoce los efectos de la basura tecnológica.

El principal problema que se pretende resolver con el modelo de proyección es el siguiente: **“cuáles serán las consecuencias en el medio ambiente al desechar basura tecnológica con residuos comunes sin ningún tipo de tratamiento, durante el transcurso del tiempo en la ciudad de El Alto”**.

## **1.4. OBJETIVO**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Mediante el modelo de proyección se pretende: **Diseñar un modelo que determine el impacto en el medio ambiente por los desechos tecnológicos generados en un determinado tiempo y qué relación tiene con el crecimiento poblacional de la ciudad de El Alto.**

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar cuáles son los componentes electrónicos más contaminantes.
- Realizar estimaciones de la cantidad desechos tecnológicos que se generan y cual su relación con el crecimiento demográfico.
- Minimizar los efectos en el medio ambiente y la vida silvestre.
- Observar, analizar y abstraer variables de estudio de esta problemática.
- Elaborar un diagrama causal para mostrar las relaciones entre variables del modelo.
- Construir el modelo Forrester.
- Presentar resultados de la simulación, conclusiones y recomendaciones para la toma correcta de decisiones.

## **1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

A continuación, se muestra la hipótesis de investigación de trabajo en la presente tesis:

**“Se logrará proyectar las consecuencias y efectos en el medio ambiente a causa de un manejo no adecuado de los desechos tecnológicos producidos en una población durante el transcurso del tiempo”**

## **1.6. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente atravesamos una etapa crítica a nivel global con respecto al medio ambiente y su conservación por lo tanto es una obligación moral de todo ser humano cuidar el planeta en que vivimos desde donde nos encontremos, el presente trabajo(estudio) realiza un aporte a esa necesidad, los países desarrollados han llevado a cabo una serie de acciones, que tienen como objetivo proteger el medio ambiente. Latinoamérica se está asumiendo esta responsabilidad, desde hace unos años surgen iniciativas, donde participan sectores públicos y privados, con la intención de desarrollar estrategias para el tratamiento de estos aparatos al final de su vida útil.

En el país si bien existen leyes de cómo la de “Gestión Integral de Residuos”, que no especifica el tratamiento de la basura electrónica y según esta ley, delega a las alcaldías el tratamiento de la basura en general y solo existen campañas de concientización y reciclaje separando y clasificándolas, pero no están contemplados los desechos electrónicos o tecnológicos, la intención es que se pueda prevenir efectos que dañen al medio ambiente y a la población, evitar desde efectos económicos como también daños en su salud.

La informática va revolucionando el mundo, toda información que necesitamos ya está siendo procesada cada vez más en sistemas basados en conocimientos. El desarrollo de este modelo de proyección permitirá apoyar la gestión de los gobiernos municipales para adoptar diferentes acciones de prevención. Siendo el principal apoyo del computador, evitar redundancia e inconsistencia de la información, adecuarse a la población y funcionarios que están destinados a utilizar los datos que se obtendrán para asumir medidas de prevención y minimizar los efectos en nuestro medio ambiente.

Como es de conocimiento público los efectos de la contaminación produce pérdidas en tierras destinadas a plantaciones, daños en la salud contaminación de aguas y ocasionan en la economía de las naciones pérdidas millonarias, por eso el aporte de este trabajo supondrá que dichos efectos se puedan minimizar, sobre todo si tomamos en cuenta que en Bolivia estudios

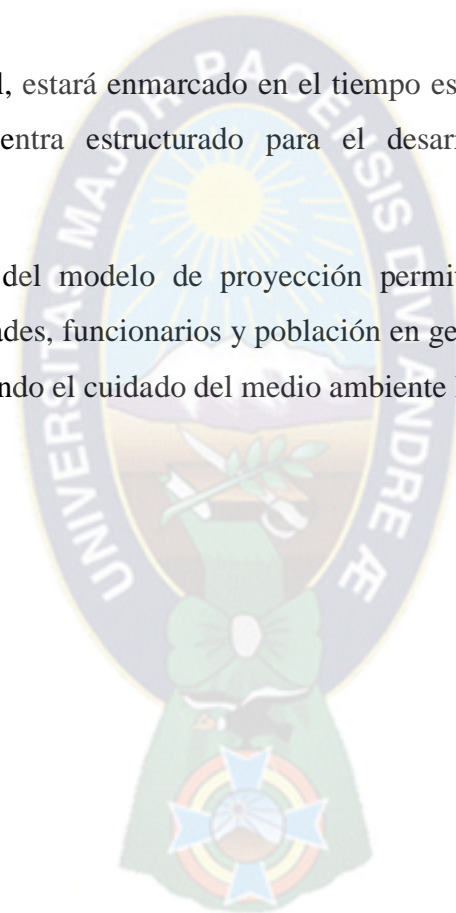
realizados respecto a este tema no revisten la importancia y la seriedad que corresponden. Existen algunos estudios realizados por organizaciones extranjeras y otras dedicadas a este tema a nivel global pero no consideran dentro de sus estudios a nuestro país.

## **1.7. ALCANCES Y LIMITES**

El presente trabajo busca modelar las consecuencias de las RAEE proyectado en un determinado tiempo, en el municipio de El Alto, ubicado en el departamento de La Paz, Bolivia.

El alcance temporal, estará enmarcado en el tiempo establecido por el cronograma de actividades, que se encuentra estructurado para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Con el desarrollo del modelo de proyección permitirá establecer mecanismos de coordinación entre autoridades, funcionarios y población en general, para evitar consecuencias negativas de las RAEE, siendo el cuidado del medio ambiente la principal prioridad ahora y en el futuro.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEORICO

La basura tecnológica es un problema a escala mundial que afecta no solamente al medio ambiente y al planeta, sino que además tiene incidencia directa en nuestra salud actualmente según cálculos de la ONU, se producen 50 000 000 de toneladas de desechos tecnológicos al año (que acaba siendo ocho veces el peso de la pirámide de iza la más grande de Egipto), cada habitante produce de media unos siete kilos de chatarra electrónica, este dato varia bastante por país desde los 63 kilos que produce un Katari, unos 30 de un Estado Unidense, 18 de un español o nueve que produce un mexicano, la tecnología nos beneficia y aporta funcionalidad a nuestras vidas el problema viene cuando deja de ser utilizado, al ser desechado y mezclarse con la basura común ese televisor, esa computadora, ese celular o Tablet empieza a liberar sustancias dañinas al suelo y a las capas de agua subterránea es la llamada intoxicación silenciosa, entre los elementos que libera se puede encontrar plomo, arsénico, selenio o cromo, que generan problemas como diarreas vómitos alteraciones pulmonares daño en los riñones.

Entre los dispositivos que más preocupan son los teléfonos móviles o Smart phones, y los componentes que contienen sus baterías: litio, níquel y cadmio pueden llegar a generar enfermedades tan graves como el cáncer. En los años 70 se ponen en marcha distintas leyes en los países desarrollados para obligar a las empresas que producen componentes tecnológicos a asumir los costes de tratamiento de residuos, pero dichas corporaciones para no tener que



hacerse cargo ni tampoco afrontar los elevados gastos que conlleva una política de reciclaje, deciden enviar los residuos tecnológicos a países en vías de desarrollo como el caso del Khian Sea, que es barco que transportaba 14000 toneladas de cenizas con gran cantidad de productos tóxicos de Estados Unidos a Panamá con la excusa de que dicha cenizas se utilizarían para construir una carretera a la llegada del barco a puerto Panamá rechaza todo ese cargamento, por lo que el barco se tarda meses por tratar de descargar en distintos países hasta que finalmente el buque aparece con las bodegas vacías sin explicación alguna años después un miembro de la manipulación conto que las cenizas toxicas fueron arrojadas al océano indico.

Para evitar todas estas prácticas y realizar el control de basuras peligrosas 170 países firman el convenio de Basilea, de todos países que firman el convenio solo estados unidos, Afganistán y Haití, no firman, por la razón de que estados unidos utiliza a estos dos países como basurero tecnológico, pero a pesar de la firma de este convenio intenta frenar el envío de desechos tecnológicos a pases en vías de desarrollo, las empresas y países utilizan el truco de que estos residuos son productos de segunda mano, en China en la ciudad de Ghiyu se encuentra el vertedero tecnológico más grande del planeta, seguido por el de aclogoshenda en Gana. En el mundo existen muchos más basureros de la muerte.

## **2.1. BASURA, DESECHOS O RESIDUOS: ¿HAY ALGUNA DIFERENCIA**

Debido a la necesidad de una buena gestión de este tipo de materiales, cada término ha adquirido significados puntuales, lo que ayuda a clasificarlos mejor a la hora de tratarlos, encontramos las mejores definiciones para cada uno:

Basura son todos los restos de actividades humanas que ya no resultan útiles a quienes los usaron. Este grupo aglomera las demás definiciones.

Dentro de la basura, encontramos desechos y residuos. Los desechos son la parte de la basura que no será reciclada, debido a que carece de utilidad o valor o son productos contaminantes o tóxicos, como ejemplo la basura hospitalaria, la radiactiva y materiales sólidos de las diferentes industrias.

En cambio, los residuos son aquellos que, si bien son basura, pueden tener una segunda vida, ya sea reutilizándolos o reciclándolos.

Forman parte de los residuos los envases de plástico o de vidrio, los metales, la ropa, el papel y el cartón y la basura orgánica. Todos estos elementos pueden ser reciclados, tanto por las empresas especializadas como por los propios vecinos hasta cierto punto.

La tendencia moderna es que no haya basura, y que todo lo que sobre de un proceso cualquiera, se aproveche para otra cosa, es decir se convierta en residuo reutilizable o reciclable.

## **2.2. CONVENIO DE BASILEA**

### **2.2.1. ACUERDO AMBIENTAL MUNDIAL**

El Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación fue adoptado en 1989 y entró en vigor en 1992. Es el acuerdo ambiental mundial más exhaustivo en materia de desechos peligrosos y otros. Cuenta con 181 Partes (al 18 de julio de 2014), lo cual confiere a su composición carácter casi universal. El objetivo del Convenio es proteger la salud de las personas y el medio ambiente frente a los efectos nocivos resultantes de la generación, los movimientos transfronterizos y la gestión de desechos peligrosos y otros desechos.

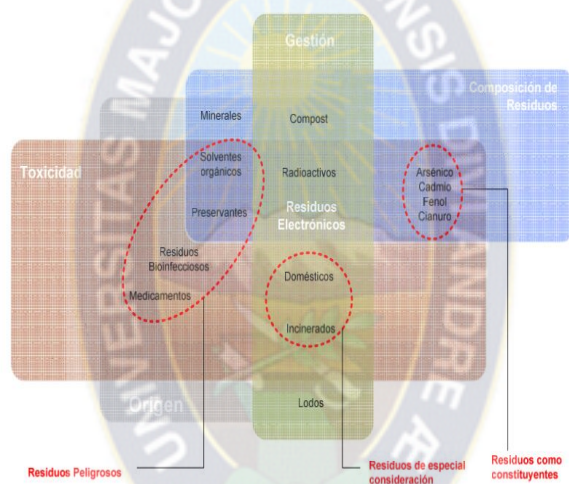
El Convenio de Basilea reglamenta los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y otros desechos y obliga a sus Partes a asegurar que esos desechos se gestionen y eliminen de manera ambientalmente racional. El Convenio abarca desechos tóxicos, venenosos, explosivos, corrosivos, inflamables, ecotóxicos e infecciosos. Las Partes también tienen la obligación de reducir al mínimo las cantidades que se transportan, tratar y eliminar los desechos lo más cerca posible de su lugar de generación, y prevenir o reducir al mínimo la generación de desechos en su fuente.

Al 18 de julio de 2014, en el marco del Convenio de Basilea se habían establecido 14 centros regionales y de coordinación del Convenio de Basilea. Los centros están ubicados en la Argentina, China, Egipto, El Salvador, la Federación de Rusia, Indonesia, Irán (República Islámica del), Nigeria, la República Eslovaca, el Programa Regional Ambiental del Pacífico Meridional (Samoa), Senegal, Sudáfrica, Uruguay, Trinidad y Tobago. Con el fin de prestar asistencia y apoyar a las Partes en la tarea de aplicar el Convenio, los centros proporcionan

capacitación y transferencia de tecnología en relación con la gestión de los desechos peligrosos y otros desechos y la reducción al mínimo de su generación.

Los informes presentados al Convenio de Basilea indican que cada año se transportan de un país a otro como mínimo 8,5 millones de toneladas de desechos peligrosos.

De esos 8,5 millones de toneladas de desechos peligrosos enviados al extranjero para su eliminación, gran parte son acogidos con agrado como una fuente de negocios. Sin embargo, muchos países se quejan de que están recibiendo envíos para los que nunca habían otorgado su consentimiento y de los que no pueden ocuparse adecuadamente.



**Figura 1.** Clasificación de residuos en base al convenio de Basilea  
Fuente: [vwww.unep.org](http://vwww.unep.org)

## 2.2.2. ALGUNAS CUESTIONES DE ACTUALIDAD DE LAS QUE SE OCUPA EL CONVENIO DE BASILEA

- Los desechos electrónicos y eléctricos, como los teléfonos celulares y las computadoras.
- Los buques destinados al desguace.
- Los desechos de mercurio y de amianto.
- El vertimiento ilícito de desechos peligrosos.

## **2.3. LEY N° 755, GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**

### **2.3.1. ARTICULO 1. (OBJETO)**

La presente Ley tiene por objeto establecer la política general y el régimen jurídico de la Gestión Integral de Residuos en el Estado Plurinacional de Bolivia, priorizando la prevención para la reducción de la generación de residuos, su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco de los derechos de la Madre Tierra, así como el derecho a la salud y a vivir en un ambiente sano y equilibrado.

### **2.3.2. ARTICULO 2. (MARCO COMPETENCIAL)**

La presente Ley se desarrolla en el marco de las competencias concurrentes de residuos industriales y tóxicos, y tratamiento de los residuos sólidos, establecidas en los numerales 8 y 9 del Parágrafo II del Artículo 299 de la Constitución Política del Estado.

### **2.3.3. ARTÍCULO 3. (ALCANCE)**

I. La presente Ley se aplica a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que generen residuos o realicen actividades relacionadas con la gestión de residuos, cualquiera sea su procedencia y características.

### **2.3.4. PLANIFICACIÓN E INFORMACIÓN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**

Artículo 19. (PLANIFICACIÓN). El nivel central del Estado y las entidades territoriales autónomas, desarrollarán e implementarán la Gestión Integral de Residuos, a través de políticas, programas o proyectos de inversión, articulados y armonizados con la planificación de mediano plazo, a fin de contribuir al logro de los resultados y metas de la planificación de largo plazo del Estado, en el marco de la normativa vigente.

### **2.3.5. Artículo 32. (ÁREAS PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO, DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS)**

I. Las áreas para instalaciones de tratamiento o disposición final de residuos, deben cumplir con la planificación de ordenamiento territorial y uso de suelos, considerando prioritariamente el beneficio de la colectividad, sobre intereses particulares.

II. Los sitios para la construcción y operación de infraestructura o instalaciones de tratamiento y disposición final de residuos, se consideran de necesidad y utilidad pública, pudiendo las entidades territoriales autónomas, en el marco de sus competencias, aplicar el régimen legal de expropiaciones conforme a normativa vigente.

## **2.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **2.4.1. LOCALIZACIÓN**

El municipio de El Alto, en virtud a la Ley N° 628 de su creación promulgada en fecha 6 de marzo de 1985, se constituye como capital de la 4ta. Sección municipal de la Provincia Murillo del Departamento de La Paz. Su ubicación se sitúa en la meseta del Altiplano Norte, al pie de las cordilleras de La Paz y Oriental. Su centro geográfico se ubica a 16° 30' de latitud sur y 68° 12' de longitud oeste y ofrece superficie plana con ligera pendiente de norte a sur y oeste; su altitud varía entre 4.263 y 3.950 msnm; en promedio 4.045 msnm. Limita al norte y este con el municipio de La Paz; al sur con Viacha y Achocalla y al oeste con los municipios de Pucarani y Laja (Gumiel, Rojas, Moreno, Zenteno, Miranda, Peredo, 2015).

### **2.4.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS**

El Municipio de El Alto, ocupa una extensión de 387.56 km<sup>2</sup> de las cuales aproximadamente el 40.24% (155.96 km<sup>2</sup>) corresponde al área urbana y el 59.76% (231.60 km<sup>2</sup>) corresponde al área rural. Está organizada política y administrativamente en 1 urbana y 4 el área rural.

En el año 1985 (fecha de creación) la datos del INE al año 2012 incrementó a 848.452 habitantes 99,3% de la población total, mientras que la rural el 0,7% del total. El distrito que ocupa una mayor población, es el N°3 puesto que cuenta con población de 144.828 habitantes en tanto que el distrito que ocupa una menor población, es el 10 con 785 habitantes.



**Figura 2.** Mapa ciudad de El Alto y sus 14 distritos.

Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/El\\_Alto](https://es.wikipedia.org/wiki/El_Alto)

## 2.5. EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO EL ALTO (EMALT)

EMALT, es una empresa descentralizada del Municipio de El Alto, trabaja en la gestión de residuos sólidos, tiene el carácter de empresa pública técnica, cuyo trabajo principal es la prestación del servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos (basura) generados en la ciudad de El Alto.

Visión: ser una empresa líder en la gestión integral de residuos sólidos para precautelar el ambiente y la salud.

Misión: velar por la calidad de los servicios de aseo urbano ya sea que estos sean prestados de manera directa o delegada.

Los residuos pueden ser domiciliarios, hospitalarios e industriales, además realizamos el trabajo de aseo urbano el cual está compuesto del barrido de las calles, plazas, áreas verdes, recojo, limpieza manual, operativos de limpieza por áreas, evacuación de puntos de acopio y basurales, evacuación de contenedores, lavado de plazas y operativos de limpieza adicionales programados. La ciudad de El Alto genera un promedio de 360 – 400 TM de residuos por día.



**Figura 3.** Vista satelital relleno sanitario villa ingenio, distrito Rural No. 13 a 12 km de la ceja de El Alto.

**Fuente:** Gestión de residuos solidos EMALT

## 2.6. METODOLOGIA

### MÉTODO

La metodología de investigación que se adopta es el Método Científico por ser un proceso de investigación que consta de un conjunto de técnicas, procedimientos, mecanismos que siguen determinados pasos y reglas que ayudan a la resolución de un problema permitiendo ir de lo conocido a lo desconocido. En la clasificación del Método Científico están el Método Teórico y el Método Empírico (Molina, 2006).

- a) **Método Teórico**, porque su punto de partida es una teoría o un conjunto de ideas sobre la realidad que se trate. En nuestro caso es donde se establece las definiciones de los métodos que sustentan la construcción del Modelo de Proyección mediante análisis y síntesis, abstracción y concreción e histórico cultural.
- b) **Método Empírico**, porque su fuente de información es la experiencia, es decir se obtiene información del experto humano como ser sus experiencias y su conocimiento, este método se logra mediante el proceso de experimentación y observación de resultados.

El **método científico**, es un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias. Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento. Según el *Oxford English Dictionary*, el método científico es:

un método o procedimiento que ha caracterizado a la ciencia natural desde el siglo XVII, que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación, la formulación, análisis y modificación de las hipótesis.

En otras palabras, el método científico rechaza las verdades absolutas, ya que establece que se podrían diseñar experimentos sobre subconjuntos específicos de parámetros que arrojen resultados distintos a los predichos originalmente, negando la hipótesis original para estos parámetros. Por lo tanto, las proposiciones científicas nunca pueden considerarse absolutamente verdaderas.

La presente investigación será básica y utilizará para su propósito el método científico, considerando las siguientes etapas durante la investigación:

- Observación.
- Inducción.
- Hipótesis.
- Probar la hipótesis por experimentación.
- Demostración o refutación (antítesis) de la hipótesis.
- Tesis o teoría científica.

## **2.7. METODOLOGÍA DEL MODELADO**

### **2.7.1. MODELO**

Un modelo es una abstracción de la realidad que captura la esencia funcional del sistema para que pueda ser usado en la Investigación y experimentación. Es una representación de la realidad (hechos, situaciones, fenómenos, procesos, estructuras y sistemas) en función a una teoría (R. Vargas, 2015).

Es un conjunto de información ordenado y sistemático que representa un sistema original más complejo, proceso de diseñar un modelo de un sistema real con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio. Un modelo de un sistema surge de la representación del mismo (Ojeda, 2009).



## PROPÓSITO DE LOS MODELOS

- Los modelos son útiles para predecir y/o estudiar el comportamiento de un sistema.
- Proporcionan un medio para describir y analizar un sistema con el fin de mejorar su desempeño.
- Herramienta de ayuda a la toma de decisiones.
- Sus resultados deben ser inteligibles y útiles.

La calidad y validez de un modelo depende de la exactitud con que el investigador capta los atributos y los valores del sistema real (Coyle, 1996).

Los modelos son de uso frecuente e indispensables para describir, comprender, explicar y predecir los acontecimientos, hechos, fenómenos o situaciones que suceden en los diferentes ámbitos del mundo real (R. Vargas, 2015).

Los elementos de un modelo son: las variables, parámetros y constantes (Martínez, 1986).

El número de variable que interviene en un sistema es grande, este se encuentra restringido al establecimiento del modelo que debe incluir solamente las variables relevantes de los propósitos de estudio (Coyle, 1996).

El modelo hace más fácil la manipulación o el manejo de sistema real, la construcción de modelo suceden varias fases de simplificación y expansión (Coyle, 1996).

- Aplicación en problemas.
- Optimización, Simulación, Control.
- Toma de decisiones.
- Evaluar decisiones o acciones sin que se lleven a cabo experimentos reales.
- Evitan o reducen costos indeseables, pérdidas de vidas humanas.
- Permiten realizar experimentos imposibles de hacer en el mundo real.

Los modelos son construidos y diseñados por un observador que persigue identificar y mensurar las relaciones sistemáticas complejas. Todo sistema real en general tiene la posibilidad de ser representado en más de un modelo. La decisión en este punto, depende tanto

en los objetivos del investigador como también de su capacidad de distinguir las relaciones relevantes con relaciones a tales objetivos (Yáñez, 1999).

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

Las principales actividades del modelado son: Descripción del problema, construcción de un modelado conceptual, identificación de componentes, variables, descripción informal y efecto mediante el uso del diagrama causal. La Descripción formal se analiza 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 (Coyle, 1996).

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 validado, 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 demostrar la utilidad del modelo siempre y cuando cumpla con el objetivo por el que fue formulado.

El proceso e 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 modelo formula de acuerdo a su percepción y observación.

Las etapas, ver Figura 4, si bien se presentan como secuenciales, éstas son totalmente recíprocas, ya que durante la construcción del modelo se van realizando ajustes debido a que surgen aspectos del modelo que son difíciles de predecir al inicio del proyecto.



**Figura 4.** Metodología del modelado etapas y actividades que se realizan para lograr los objetivos.

**Fuente:** Coss 2000

### 2.7.2. CLASIFICACIÓN DE MODELOS

El modelo es una representación de un objeto, sistema o idea, de forma diferente al de la entidad misma la cual tiene como propósito explicar entender o mejorar un sistema. Estos se pueden clasificar dentro de la simulación de la siguiente manera: (Abraham, 1982).

**Modelos Determinísticos:** Los valores que se encuentran dentro de este modelo no se ven afectados por variaciones aleatorias y se conocen con exactitud.

**Modelo Estocástico o probabilístico:** Los valores de las variables dentro de este modelo sufren modificaciones aleatorias con respecto a un valor promedio; dichas variaciones pueden ser manejadas mediante distribuciones de probabilidad.

**Modelos Dinámicos:** Se caracterizan por el cambio que presentan las variables en función del tiempo.

**Modelos Estáticos:** Se caracteriza por representar un sistema en un punto particular del tiempo.

**Modelos Continuos:** Son aquellos en los que las variables pueden tomar valores reales y manejarse mediante las técnicas de optimización clásica.

**Modelos Discretos:** Se caracteriza porque las variables del sistema toman valores solo en el rango de números enteros.

**Modelos Matemáticos:** Representan la realidad en forma abstracta de muy diversas maneras.

**Modelos Numéricos:** Tiene en cuenta el comportamiento numérico de las variables intervinientes.

**Modelos Analíticos:** La realidad se representa por fórmulas matemáticas y estudiar el sistema consiste en operar con esas fórmulas.

### 2.7.3. ELEMENTOS DE LOS MODELOS

Las acepciones del concepto de modelo son muy diversas. Puede considerarse al modelo, en términos generales, como representación de la realidad, explicación de un fenómeno, ideal digno de imitarse, paradigma, canon, patrón o guía de acción; idealización de la realidad, prototipo, uno entre una serie de objetos similares, un conjunto de elementos esenciales o los supuestos teóricos de un sistema social (Caracheo, 2002).

**Exógenas:** Entradas que son originales, influencias que afectan el sistema, pero lo que suceda en el sistema no la afecta.

**Endógenas:** Son producidos dentro del sistema que resultan las causas íntimas.

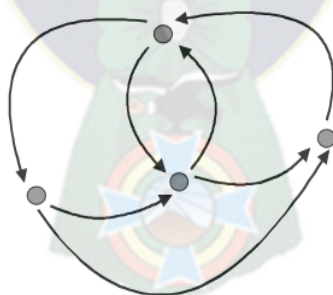
Las variables exógenas se las denomina como variables independientes. El modelador de fórmula de acuerdo a su percepción y observación.

#### 2.7.4. DINÁMICA DE SISTEMAS

La dinámica de sistemas es una metodología que permite analizar los sistemas y simular sus componentes respecto al tiempo (pasado y futuro), cuenta con características de existencias de variables de retardo y bucles de retroalimentación. La presentación grafica a estudiar se realiza a través del diagrama causal y un diagrama de Forrester (Martínez, 1986).

Dinámica de sistemas mediante este nombre se alude a un método para el estudio del comportamiento de sistemas mediante la construcción de un modelo de simulación informática que ponga de manifiesto las relaciones entre la estructura del sistema y su comportamiento, ver figura 5. (Donado Campos, Sebastián Dormido Canto, Fernando Morilla García, 2005).

La dinámica de sistemas constituyen unas de las realizaciones operativas más concretas que ha producido el movimiento sistémico, trata de desarrollar útiles conceptuales, 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 identificado los elementos más significativos y sus relaciones (Luenberger, 1979).



**Figura 5.** Grafo que representa un sistema  
**Fuente:** Juan de Mata D., Sebastián Dormido C. Fernando Morilla G., 2005

Los cambios en un sistema se manifiestan mediante su comportamiento y sus relaciones. En dinámica de sistemas la simulación permite obtener trayectorias. La dinámica de sistemas hace hincapié en el desarrollo de modelos de utilidad, Forrester propone la aplicación de la técnica que habla desarrollado originalmente para los estudios industriales, a sistemas urbanos (Sterman, 1976).

A mediados de los 60, Forrester propone la aplicación de la técnica que habla desarrollado originalmente para los estudios industriales, a sistemas urbanos (Aracil, 1995).

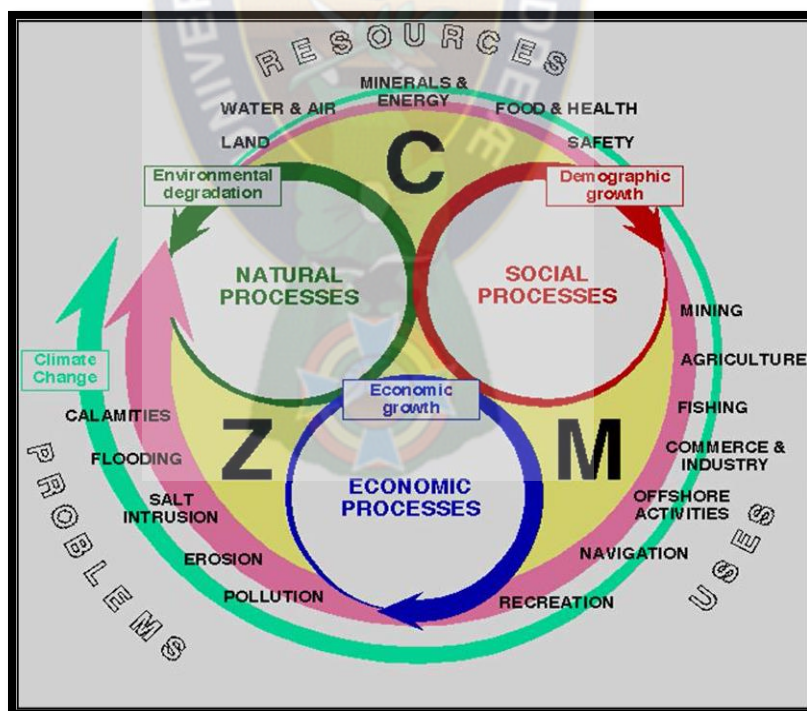
La dinámica de sistemas aporta útiles conceptuales y operativos mediante los cuales vincular se estructura y comportamiento.

### 2.7.5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DINÁMICO

Para la construcción de modelos se considera los siguientes pasos:

- Denominación del Modelo.
- Descripción del Sistema.
- Determinación de los Elementos del Modelo.
- Identificación de las relaciones Causa- Efecto.
- Construcción de Diagramas Causales.

Establecimiento de la Tabla de codificación y Detección de las Variables.



**Figura 6.** Tipos de Modelos a estudiar con Dinámica de Sistema, muestra el Comportamiento, está Formado por la Evolución.

**Fuente:** Forrester, 1981

### 2.7.6. DIAGRAMA CAUSAL

Los diagramas causales representan las relaciones de influencia entre componentes del sistema permitiendo así conocer la estructura del mismo, la identificación de las relaciones causa-efecto es el siguiente paso que intervienen en la interacción e interrelación de los elementos (Martínez, 1986).

El diagrama de Forrester es una representación precisa de las interrelaciones de los componentes del sistema, hace uso principalmente de las siguientes variables: nivel, flujo y auxiliares; cuenta también con los llamados "canales de información", transmiten, como su nombre indica, informaciones que por su naturaleza no se conservan. Las magnitudes físicas entre flujos y niveles se transmiten a través de los denominados "canales de material", la "nube" representa una fuente o un sumidero de material que puede interpretarse como un nivel que no es importante para el modelador y es prácticamente inagotable, este diagrama es de mucha utilidad en el proceso de modelado como se observa en la Figura 7.



**Figura 7.** Diagrama de Forrester, se observa interrelación Componentes, Variables de Nivel, Variables de Flujo y Variables Auxiliares.

**Fuente:** Martínez (1986)

### 2.7.7. DIAGRAMA DE FORRESTER

Jay Wright Forrester (14 de julio de 1918) es considerado el padre de la dinámica de sistemas, una disciplina reciente que representa una extensión a toda clase de sistemas complejos de conceptos aplicados originalmente en ingeniería. La aportación personal de Forrester incluye la aplicación a problemas del campo de las ciencias sociales, inicialmente a través de la modelización de la organización empresarial. Forrester es también el autor de una de las formalizaciones más empleadas en la formulación de modelos cibernéticos, el llamado diagrama de Forrester (Martínez, 1986).

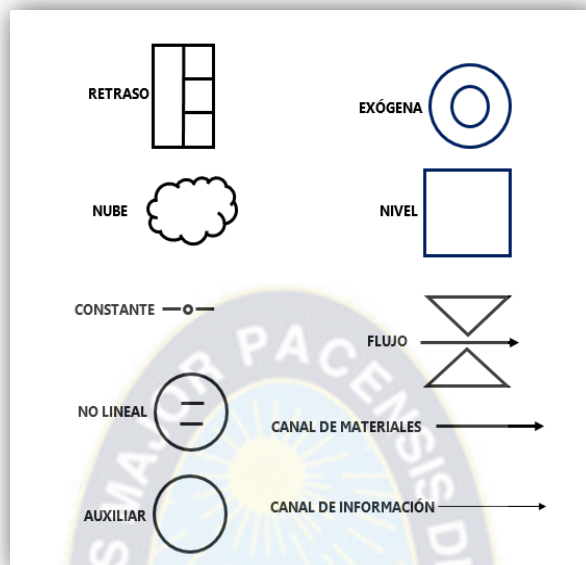
Jay Forrester nació en 1918 en Nebraska, EUA, y después de haber obtenido el título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Nebraska, continuó sus estudios en el MIT. Forrester fue un pionero del desarrollo de la informática, que participó hacia 1950 en la invención de la memoria de acceso aleatorio RAM y es considerado autor de la primera imagen animada sintética, la representación del bote de una pelota usando un osciloscopio (Martínez, 1986).

En su libro *Industrial Dynamics* (considerado el punto de partida de la dinámica de sistemas), Forrester pone de manifiesto el hecho de que el actual crecimiento de la población es insostenible por más de 100 años. Forrester, junto con otras personalidades fundó el Club de Roma, organización Internacional cuyo objetivo es la concienciación de que el actual sistema es insostenible y está abocado al colapso. Particularmente el 'precio del progreso' fue estudiado por los pioneros como la obra de Meadows: *Los límites del crecimiento*, al principio de los 70'. Antes, mediados de los 60', Bottomore en *Critics of society*, *Radical thought in North America* (Martínez, 1986).

Los diagramas de Forrester son la modelación en forma pictórica de la relación que existe entre los 3 tipos de variables con el fin de establecer una interface con el modelado de sistemas a través de una computadora. Los íconos que son usados para la elaboración de un diagrama de Forrester provienen del símil hidrodinámico que fuera usado en los comienzos de la dinámica de sistemas como metáfora para representar la evolución de los sistemas dinámicos (Martínez, 1986).



Los distintos elementos que constituyen el diagrama causal pueden ser representados por medio de variables, la Figura 8., se muestra las clasificaciones que representan.



**Figura 8.** Graficas de los Diagramas de Forrester, representació Sistemas Dinámicos.

**Fuente:** Martínez (1986)

**Las Válvulas,** variables de flujo determinan la velocidad del flujo de material es través de los canales de material (Martínez, 1986).

**Los Retrasos,** pueden afectar a la transmisión de material o de información; simplemente representan en notación compacta los elementos que producen tal retraso (Martínez, 1986).

**Las Variables Auxiliares,** corresponden a pasos intermedios en el cálculo de las funciones asociadas a las válvulas; se utilizan para simplificar el proceso (Martínez, 1986).

**La Variable Exógena,** es una variable cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representa una acción del medio sobre el sistema (Martínez, 1986).

**Las Constantes,** son valores numéricos del modelo que no se modifican a través del tiempo. Las constantes no se ven afectadas por los cambios que presentan otras variables del sistema (Martínez, 1986).

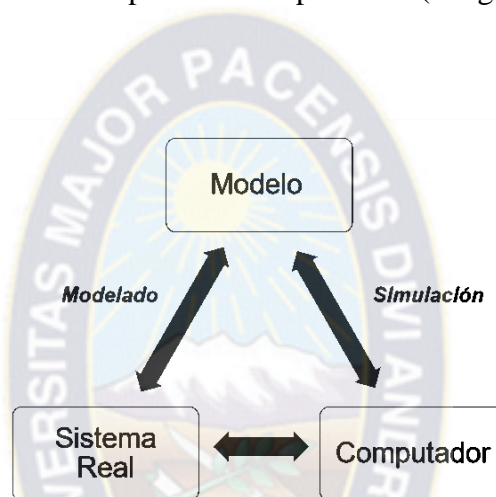
**Los Flujos de Material,** son flechas que relacionan a unas variables con otras y representan las relaciones causales que existen entre sí (Martínez, 1986).

**Canal de Información,** son flechas que señalan el flujo de información (Martínez, 1986).

### 2.7.8. SIMULACIÓN DE SISTEMAS

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema (Martínez, 1986).

Proceso de planteamiento de modelos y experimentación que se utiliza para describir y/o analizar un problema o un área de problemas específicos (Vargas, 2015).



**Figura 9.** Simulación

**Fuente:** Teoría de sistemas y modelos

La simulación de modelos surge de los años, cuando Newman y Uhlman aplicaron el método de Montecarlo para la solución de una serie de problemas de la protección radioactiva, tras estos resultados la simulación empezó a ser aplicada bajo la concepción de Montecarlo (Martínez, 1986).

La Simulación nos permite comprender como la estructura de los sistemas provocan su comportamiento (Martínez, 1986). Analizar los efectos a mediano y largo plazo en la instrumentación de cambios en el sistema, probar nuestras hipótesis y/o apoyar nuestras decisiones referidas a cambios en las políticas que determinan el comportamiento del sistema (Vargas, 2015).

### **2.7.8. VENTAJAS DEL USO DE LA SIMULACIÓN**

Promueve un aprendizaje por reforzamiento positivo con la interactividad que muestra el programa (Martínez, 1986).

Mediante imágenes animadas, sonidos y textos, se logra captar la atención del alumno obteniendo un aprendizaje significativo.

El educando conoce y trabajar en una realidad virtual. El alumno descubre y desarrolla sus habilidades permitiendo aumentar su capacidad de respuesta a las demandas tecnológicas del medio.

Mediante los simuladores el joven puede diferenciar y crear su propio aprendizaje a través de una experiencia directa. Útil apoyo didáctico, sobre todo en áreas de especialización.

Disminuye la brecha entre la teoría académica y la práctica laboral ya que acerca al alumno a su futura realidad como trabajador, preparando para competencias laborales.

Los egresados estarán mejor preparados al adquirir experiencia con la utilización de simuladores. Reduce riesgos y costos ya que el joven mediante la práctica en un simulador puede realizar actividades que de ejecutarse en la realidad ese error puede ser fatal o costoso.

Permite que el usuario experimente, tome decisiones con muchas políticas y argumentos diferentes, sin cambiar el sistema real.

El estudiante pone en práctica la utilización del método científico, al efectuar actividades de investigación tratando de comprobar la hipótesis sobre algún tema en específico.

Existen ya programas de simuladores proyectados a todos los niveles educativos, sobre todo a niveles universitarios. Estos Software se pueden usar sin el uso del Internet, bajo costo además de haber programas libres los cuales son de fácil instalación.

### **2.7.9. DESVENTAJAS**

Es importante llevar un programa o control en su aplicación ya que entre la teoría sobre el tema y llevarlo a la práctica con efectividad, requiere tiempo el cuál puede provocar no cumplirse o retrasarse en el programa de estudio (Martínez, 1986).

Se requiere de la utilización de más de una computadora ya que su uso es de recomendación individual.

Para obtener estimaciones más exactas y para minimizar la probabilidad de tomar una mala decisión se tienen que:

Hacer un gran número de ensayos en cada simulación, repetir toda la simulación un gran número de veces. Para problemas más complejos, un gran número de repeticiones puede requerir cantidades significativas de tiempo de cómputo.

Como toda tecnología en su uso se requiere de una capacitación tanto del maestro para que este. Pueda servir de multiplicador hacia sus alumnos y sobre todo en conocimiento de la existencia de los mismos Software.

Puede haber Software de simuladores que no estén actualizados lo (Geográficos) lo que el alumno puede caer en errores.

## **2.8. PROGRAMAS DE SIMULACIÓN**

### **2.8.1. VENSIM**

Ventana Systems, Inc. de la Universidad de Harvard, Massachusetts, fue formada en 1985, está desarrollando a gran escala de modelos de simulación que integra elementos tanto técnicos y de negocios para resolver problemas difíciles de gestión. En este trabajo se utilizan los productos existentes en combinación con el código personalizado escrito en lenguajes de programación. A pesar de que era posible el desarrollo de los modelos de esta manera, que era el momento difícil y que consume mucho para encontrar y corregir las imperfecciones de los modelos.

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 en una base de datos con el nombre que se le haya dado a la simulación.

Con el fin de disminuir el tiempo de modelo de desarrollo, Ventana Systems comenzó a crear su propio lenguaje de simulación. Este lenguaje, llamado Vensim, se desarrolló

originalmente como una extensión de Pascal, para que los modelos se han desarrollado en Vensim, entonces el modelo se ha traducido en un programa Pascal para su ejecución. Que acompaña a esta traducción, una base de datos de la estructura del modelo fue desarrollado para ser procesados por un programa externo luego escrito en Lisp. El sistema resultante corriendo bajo el sistema operativo VMS de Digital Equipment Corporation. Los modelos se construyen ahora en Vensim lenguaje, depurado y con la ayuda de las herramientas de la estructura del modelo.

Vensim es una herramienta visual de modelaje que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. Vensim provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación, sean lazos causales o diagramas de stock y de flujo.

Mediante la conexión de palabras con flechas, las relaciones entre las variables del sistema son ingresadas y registradas como conexiones causales. Esta información es usada por el Editor de Ecuaciones para ayudarlo a completar su modelo de simulación. Podrá analizar su modelo siguiendo el proceso de construcción, mirando las causas y el uso de las variables y también siguiendo los lazos relacionados con una variable. Cuando construye un modelo que puede ser simulado, Vensim le permite explorar el comportamiento del modelo.

Vensim es actualmente el programa más versátil, intuitivo y sencillo para construir y simular modelos dinámicos. Permite construir modelos a través de diagramas causales o en versión texto, y en cualquiera de las dos modalidades permite comparar fácilmente los resultados de distintos experimentos, superponer gráficos de distintas variables, cambiar escalas, periodos de estudio.

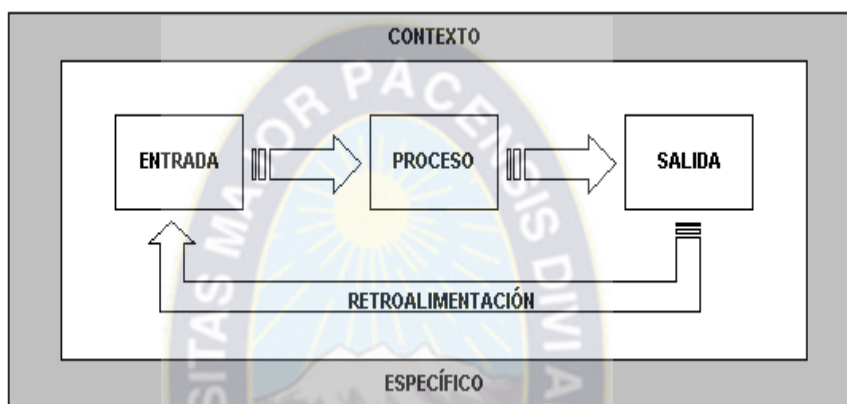
### **2.8.2. MODELADO EN VENSIM**

Antes de iniciar con el estudio de la forma de representar sistemas por medio de diagramas se aclaran algunos conceptos.

La dinámica se refiere a cambiar con el tiempo, está en constante cambio. Por lo cual podemos definir un sistema dinámico como un sistema en el que las variables interactúan para incitar cambios en el tiempo.

La manera en la que los elementos o variables de un sistema varían con el tiempo se da conocer como el comportamiento del sistema (Martínez, 1986).

Las etapas, si bien se presentan como secuenciales, éstas son totalmente recíprocas, ya que durante la construcción del modelo se van realizando ajustes debido a que surgen aspectos del modelo que son difíciles de predecir al inicio del proyecto.



**Figura 10.** Sistema dinámico, procedimiento en el que las variables interactúan para incitar cambios en el tiempo.

**Fuente:** Martínez (1986)

### **Simulación por Computadora.**

Las simulaciones por computadoras son programas que sostienen modelos de sistemas reales. El comportamiento de estos sistemas se expresa mediante cambios en las variables que lo describen. En caso que no sea posible representarlos todos, se selecciona una representación de los principales estados del sistema real (M.Sc. Lilia Rodríguez, Dra. C. Mercedes Quesada, 2009).

La experimentación con las simulaciones se realiza dando entradas al modelo y analizando sus salidas. Para describir las simulaciones deben tenerse en cuenta: el tipo de sistema real que es representado en el modelo, así como la fidelidad del modelo y sus características internas:

El sistema real puede ser físico, artificial o hipotético. La fidelidad puede ser física y de percepción (cómo se ve, oye y siente), o fidelidad de manipulación (lo que puede hacerse en la simulación).

Las características internas se refieren a la estructura y relaciones de las variables en el modelo del sistema simulado.

Para programar las simulaciones existen diferentes herramientas de software: los lenguajes de programación de propósito general, los lenguajes de simulación y los paquetes de simulación real (M.Sc. Lilia Rodríguez, Dra. C. Mercedes Quesada, 2009). El uso de cualquiera de ellos supone ventajas y limitaciones con respecto al resto:

Vensim es una herramienta visual de modelaje que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas, se observa en la Figura 2.7. Este provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación, sean lazos causales o diagramas de stock y de flujo (Martínez, 1986).

Permite introducir datos diferentes o en forma de tablas e interpola los datos conocidos cuando se omiten los valores de algunas(s) observaciones(es).

## **2.9. IMPACTO AMBIENTAL, Y SUSTANCIAS MÁS PELIGROSAS PRESENTES EN LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DESECHADOS**

El aspecto más negativo de este tipo de basura electrónica es el impacto que esta tiene en el medio ambiente y en la salud de las personas. Muchos materiales de los que están fabricados los equipos electrónicos no son biodegradables. Los metales tienen una gran capacidad para contaminar el ambiente; el eslabón final siempre serán las personas, que terminamos ingiriéndolos a través de lo que comemos. El plomo causa daños renales, irrita el sistema nervioso, disminuyen los glóbulos rojos, el cadmio afecta al hígado, el riñón, los pulmones, el corazón, los huesos, el níquel afecta los pulmones, provoca abortos espontáneos (Tello López Camilo, Mena Villafuerte Marcelo, 2010).

Una computadora personal contiene en promedio nueve sustancias tóxicas, desde plomo y arsénico hasta cobalto y mercurio. El cadmio que contiene una sola batería de celular es suficiente para contaminar 600 mil litros de agua (Tello López Camilo, Mena Villafuerte Marcelo, 2010).



**Figura 11.** Componentes de un teléfono celular.

**Fuente:** la nación

Las sustancias más peligrosas presentes en los equipos electrónicos desechados son:

- Plomo en tubos de rayos catódico y soldadura
- Arsénico en tubos de rayo catódico más antiguos
- Trióxido de antimonio como retardante de fuego
- Selenio en los tableros de circuitos como rectificador de suministro de energía
- Cadmio en tableros de circuitos y semiconductores
- Cromo en el acero como anticorrosivo
- Cobalto en el acero para estructura y magnetividad
- Mercurio en interruptores y cubiertas

Por otro lado, la “basura electrónica” es el desecho que más aumenta en el mundo, debido a la reducción del costo de reemplazar computadores, teléfonos móviles y otros aparatos electrónicos y a la velocidad con que la tecnología se vuelve obsoleta. Esto significa que cada vez habrá más desechos para eliminar y menos espacio para almacenarlos (Tello López Camilo, Mena Villafuerte Marcelo, 2010).

Tales elementos electrónicos contienen materiales tan contaminantes como el plástico, el polipropileno (PP), las baterías de plomo, etc. El plástico es el material más lento para degradarse: de 100 a 1000 años. Al aire libre pierde tonicidad, se fragmenta y se dispersa. Sin embargo, enterrado dura más. La mayoría está hecho de tereftalato de polietileno (PET): los microorganismos carecen de medios para atacarlos. El polipropileno tarda 1000 años en



descomponerse, contamina menos que el poliestireno (PS) pero también tarda. Aun así el plástico queda reducido a moléculas sintéticas, invisibles.

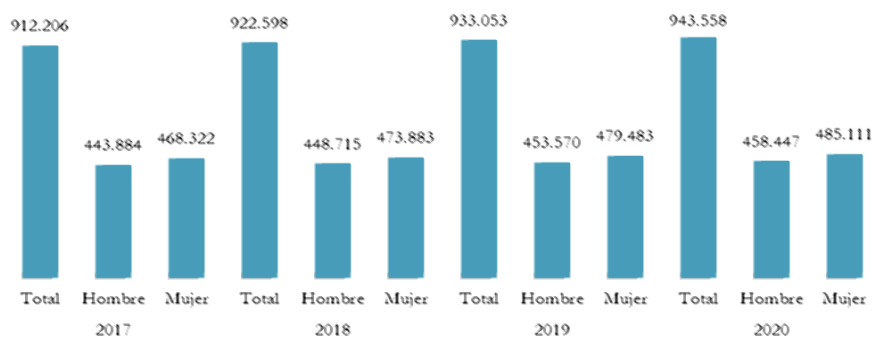


**Figura 12.** Intoxicación silenciosa  
**Fuente:** William Sánchez LA NACIÓN México

## 2.10. ESTADÍSTICAS DE CRECIMIENTO EN LA CIUDAD DE EL ALTO

El 6 de marzo de 1987, El Alto se separó políticamente de la ciudad de La Paz y se convirtió en una entidad autónoma con 848.840 habitantes, según el censo 2012, es la ciudad con la población mas alta y el mayor crecimiento de Bolivia, De acuerdo con el censo 2012, el municipio de El Alto registra 36 por ciento de población pobre, según la metodología de necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), (INE, 2018).

Proyecciones poblacionales al 2018 señalan que el municipio de El Alto tiene 922.598 habitantes, mostrando un crecimiento de 10.392 personas respecto al 2017, informó el Instituto Nacional de Estadística al celebrar el 33 aniversario de este municipio (INE, 2018).



**Figura 13.** Proyección de población por sexo, 2017-2020  
**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística (2014)

De acuerdo a los resultados del Censo 2012 realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) la ciudad de El Alto tiene una población de 848.452 habitantes. Desde el anterior censo -realizado en 2001- la población aumentó en 198.494 habitantes. En el censo de 2001 la urbe alteña contaba con 649.958 habitantes.

Población por distrito de los 14 distritos municipales que tiene El Alto, en cada una de ellas residen diferente cantidad de habitantes. En la siguiente tabla detalla la distribución de habitantes por distrito: El Distrito 3 es el con mayor población, con 144. 828 habitantes. Comprende zonas como Villa Adela, Cosmos 78, Alto de la Alianza, Villa Calama, Luis Espinal entre muchos otros. En el Distrito 10 habitan solamente 785 personas, por lo que es el distrito menos habitado de la urbe. Corresponde al área rural de El Alto y están comunidades como Amachuma y Parcopata. Son cuatro los distritos que tiene una población mayor a los 100.000 habitantes.

## 2.11. OBSOLESCENCIA PROGRAMADA

La obsolescencia programada u obsolescencia planificada es la determinación o programación del fin de la vida útil de un producto, de modo que, tras un período de tiempo calculado de antemano por el fabricante o por la empresa durante la fase de diseño del mismo, este se torne obsoleto, no funcional, inútil o inservible por diversos procedimientos, por ejemplo, por falta de repuestos, y haya que comprar otro nuevo que lo sustituya. Su función es generar más ingresos debido a compras más frecuentes para generar relaciones de adicción (en términos comerciales, «fidelización») que redundan en beneficios económicos continuos por

periodos de tiempo más largos para empresas o fabricantes. ([https://Obsolescencia\\_programada](https://Obsolescencia_programada), 2015).

El objetivo de la obsolescencia no es crear productos de calidad, sino exclusivamente el lucro económico, no teniéndose en cuenta las necesidades de los consumidores, ni las repercusiones medioambientales en la producción y mucho menos las consecuencias que se generan desde el punto de vista de la acumulación de residuos y la contaminación que conllevan.

### **2.11.1. HISTORIA**

El primer producto afectado por la obsolescencia programada fue la bombilla incandescente. Uno de los primeros prototipos lleva funcionando desde el año 1901. Thomas Alva Edison, creó un prototipo de duración de 1500 horas. El éxito fue rotundo y aparecieron varias compañías dedicadas a su fabricación. Al principio el objetivo era crear bombillas más durables, sin embargo todo cambió cuando se aliaron para crear el Cártel Phoebus para establecer una duración máxima de 1000 horas de uso y penalizar a los fabricantes que violaran la nueva norma. En aquel entonces la conciencia ecológica y de derechos de consumidores era prácticamente inexistente entre la población y las empresas, por lo que la sociedad de entonces terminó tolerando esta práctica.

Se cree que el origen se remonta a 1932, cuando Bernard London proponía terminar con la Gran Depresión a través de la obsolescencia planificada y obligada por ley (aunque nunca se llevase a cabo).<sup>1</sup> Sin embargo, el término fue popularizado por primera vez en 1954 por el diseñador industrial estadounidense Brooks Stevens. Stevens tenía previsto dar una charla en una conferencia de publicidad en Minneapolis en 1954. Sin pensarlo mucho, utilizó el término como título para su charla.

Posteriormente en los años sesenta se idearon nuevas técnicas de diseño y publicidad para impulsar el consumo de nuevos productos. Así las personas no eran obligadas, sino convencidas con diseños vanguardistas, características novedosas y nuevas tecnologías.



**Figura 14.** Cuadro desechos tecnológicos producidos en Bolivia  
**Fuente:** Matutino Opinión

Gradualmente el concepto de obsolescencia programada fue extendiéndose entre los fabricantes, lo que fue afectando la calidad y durabilidad de los productos desde entonces.

### 2.11.2. CONSECUENCIAS

El potencial de la obsolescencia programada es considerable y cuantificable. Es altamente beneficioso para el fabricante, dado que en algún momento fallará el producto y obligará al consumidor a que adquiera otro más satisfactorio,<sup>6</sup> ya sea del mismo productor mediante adquisición de una pieza para arreglar el viejo producto o por compra de un modelo más nuevo, o de un competidor, factor decisivo también previsto en el proceso de obsolescencia programada.

Para la industria, esta actitud estimula positivamente la demanda al alentar a los consumidores a comprar nuevos productos de un modo artificialmente acelerado si desean seguir utilizándolos.

### 2.11.3. DESECHOS Y CONTAMINACIÓN

Uno de los problemas provocados por esta práctica es la sobreproducción de basura electrónica. El objetivo de la obsolescencia programada es el lucro económico. Por ello otros

objetivos como la conservación del medio ambiente pasan a un segundo plano de prioridades y se pueden producir graves daños al mismo.

La falta de una gestión adecuada de los productos manufacturados que se vuelven obsoletos constituye un foco de contaminación. Es una consecuencia del sistema de producción y económico contemporáneo, que promueve el consumo creciente. Por ello, la sostenibilidad de este modelo a largo plazo es discutida. Además, países en vías de desarrollo están siendo usados como vertedero de todos estos productos inservibles; lo que está generando una considerable contaminación y destrucción del paisaje en dichos países.

#### **2.11.4. OBSOLESCENCIA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS**

El procedimiento suele ser el siguiente: uno de los aparatos electrónicos de uso habitual falla. Cuando el dueño lo lleva a reparar, en el servicio técnico le dicen que resulta más rentable comprar uno nuevo que arreglarlo.

Ocasionalmente el precio de la mano de obra, las piezas estropeadas y el montaje suelen costar un poco más que adquirir uno nuevo. Por ello normalmente el usuario suele desechar el producto averiado y comprar uno nuevo. Esto ocurre en algunos componentes digitales de la computadora tales como la impresora, las unidades de disco óptico, los monitores LCD o LED, la tarjeta madre o el mismo microprocesador. Afortunadamente no ocurre así con los monitores CRT, parlantes, equipos de audio y vídeo como el reproductor de DVD, televisores, videograbadoras, videocámaras, radios, radiograbadoras, amplificadores, tocadiscos, equipos de sonido hi-fi, minicomponentes, todos ellos son reparables.

Una de las partes muy preocupantes es la relativa a baterías (o acumuladores) de plomo, invento que remonta a 1889. Debido a su elevado contenido de plomo implica grave peligro para el ser humano y para el ambiente. Respirar polvo o emanaciones de vapor de este metal puede provocar graves perturbaciones para la salud, incluida la muerte, además de perjudicar el entorno, advierte el PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente).



Figura 15. Obsolescencia programada

Fuente: Artículo periódico opinión

En respuesta, hoy en día muchos empleados del servicio técnico son capacitados para reparar los electrónicos digitales de hoy en día, adquiriendo incluso habilidades para lidiar con los circuitos antes reservadas a ingenieros. Otras enseñanzas incluyen el salto de las limitaciones impuestas por los fabricantes (como resetear el número máximo de impresiones), soluciones a errores de diseño e improvisación. Todo esto se resume en el concepto hindú *jugaad* que implica reparar algo sin importar su complejidad.

#### 2.11.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La obsolescencia programada también puede ofrecer ventajas a los consumidores: Los primeros beneficiados serían los mismos trabajadores de las industrias dado que ello les permite un trabajo estable, lo que conlleva que puedan desarrollar un consumo planificado durante la vida, que repercutirá en una mayor calidad de vida. Además, permitirá que se transforme en un aumento del consumo, lo que, a su vez, supone un mayor beneficio para todas las industrias, y, por ende, en el producto interior bruto del país. Estamos hablando, por tanto, de un círculo vicioso del consumo.

Continuamente sustituyendo, en lugar de reparar los productos, estos crean más residuos y contaminación, explotan más recursos naturales y se traducen en un mayor gasto en el consumo. La obsolescencia programada puede entonces tener un impacto negativo sobre el

medio ambiente en su conjunto. Incluso cuando la obsolescencia programada podría ayudar a salvar a los escasos recursos por unidad producida, tiende a aumentar la producción total, ya que, debido a la ley de oferta y demanda, disminuye en el costo y el precio finalmente se traducirá en aumentos de demanda y consumo.

## 2.12. APAGÓN ANALÓGICO

El 31 de noviembre de 2019, la red analógica de televisión será apagada en las tres ciudades del eje troncal. Las otras seis capitales de departamento lo harán en 2021, y en todo el territorio nacional el apagón será en 2024. Desde este mes (enero de 2018), los operadores locales de televisión iniciaron la transición simultánea al sistema ISDB-T, el modelo japonés-brasileño, para incursionar en la Tv digital (paginasiete.bo, 2018).

Este proceso de “migración” de las transmisiones televisivas se extenderá por 22 meses. Al final de ese tiempo, las estaciones de Tv de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz dejarán de transmitir a través de la banda VHF. “El Decreto Supremo 3152 (Plan de Implementación de Televisión Digital Terrestre, TDT) establece los modos de transición a la televisión digital ver figura 16. Algunos operadores ya realizan la transmisión simultánea (paginasiete.bo, 2018).

Por un tiempo más van a transmitir en señal analógica como en digital, para que la gente que todavía no tiene televisores digitales pueda adquirir estos equipos”, explicó Wilmer Pantoja López, encargado de Televisión Digital, dependiente del Viceministerio de Telecomunicaciones. El 16 de marzo de 2011, el Gobierno promulgó el Decreto Supremo 0819, por el cual se adopta el estándar Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial (ISDB-T), desarrollado por Japón y que fue aceptado por todos los países de Centro y Sudamérica, a excepción de Colombia (paginasiete.bo, 2018).

Para explotar al máximo los beneficios de la televisión digital, el periodo de transición actual está destinado a que la gente renueve sus equipos o adquiera decodificadores para recibir la señal digital en artefactos “de espalda ancha”. “Los televisores convencionales, que popularmente se llaman televisores de espalda ancha, van a necesitar un Set-Top Box (decodificador), que tiene un costo de unos 20 dólares, que permite ver la señal digital en

cualquier televisor. Esto es sólo para la gente que no ha adquirido un televisor digital o tiene equipos que no cuentan con sintonizador digital”, detalló Pantoja (paginasiete.bo, 2018).

En la actualidad, en La Paz operan siete estaciones de televisión en VHF y 17 en la banda UHF. Con la implementación de la transición simultánea, los primeros ya tienen asignados los canales radioeléctricos para iniciar transmisiones digitales. Comunicaciones del Oriente (canal 2) ocupará el 28; Radiodifusoras Populares (4) pasará al 31; Antena Uno (5) estará en el 33; Bolivia Tv (7) se mudará al 16; Illimani Comunicaciones (9) ocupará el 40; Red Uno de Bolivia (11) se ubicará en el 42, y Televisión Universitaria (13) subirá al 14 del sistema digital (paginasiete.bo, 2018).

“La Autoridad de Regulación y Fiscalización está produciendo stickers para pegarlos en los televisores y los equipos con tecnología ISDB-T, para que la gente compre éstos y ya no los analógicos”, apuntó el responsable del proyecto de Televisión Digital (paginasiete.bo, 2018).



**Figura 16.** Televisor moderno que recibe señal digital y otro que tiene sistema analógico.

**Fuente:** Internet adage.com



## **CAPITULO III**

### **MARCO APLICATIVO**

La presente investigación se enfoca mediante los lineamientos teóricos y metodológicos presentados en el Capítulo 2.

El objeto de estudio, es realizar un modelo de simulación que nos indique cual es la gravedad del problema y darle alguna solución o reducir algunos factores que intervienen en esta simulación. Prevenir futuras consecuencias en la salud de la población y reducir los efectos en el medio ambiente a partir de medidas específicas en la ciudad de El Alto.

Las etapas a seguir para su respectivo desarrollo: realizar la Descripción del Problema, Construcción del Modelo Conceptual, Colección de Datos, Programación del Modelo uso del programa de Simulación Vensim, Validación, Experimentación, Interpretación y Documentación.

#### **3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA**

Haciendo uso de la metodología de la dinámica de sistemas se busca realizar un análisis identificando variables descriptivas que describen las condiciones en las que se hallan los componentes en el tiempo 'x', así encontrar las iteraciones entre los mismos componentes de esa manera poder determinar los límites y alcance del objetivo propuesto en el Capítulo 1.

Según la evaluación de EMAs en relación a los desechos tecnológicos por EMALT en la ciudad de El Alto, señala, la recolección de los residuos sólidos es realizada por el municipio, no se realiza la separación de los RAEEs, el actual relleno de Villa Ingenio tiene sistemas de protección ambiental, se ha observado personas separando los residuos con valor al interior del relleno (M. Delfin, D. Guzman, E. Garay, P. Yañez, 2009).

En la presente gestión 2018, en una visita al relleno sanitario de Villa Ingenio, se pudo observar que todavía no cuentan con área específica para el tratamiento ni almacenamiento de estos residuos, porque, en las normas de recojo de basura no están contemplados: escombros ni equipos tecnológicos y porque existen empresas que recogen y almacenan estos residuos en campañas que son momentáneas, sin embargo, si alguna persona le entrega un artículo de estos, los funcionarios de esta empresa reciben y transportan hacia el relleno.

La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) requiere información clara y actualizada para fines de planificación y monitoreo de los servicios de aseo, como la vida útil de las instalaciones de tratamiento; esta situación parte por conocer inicialmente aspectos relacionados a la generación, peso volumétrico y composición sobre los residuos que se generan en una determinada región o localidad.

Según datos del Diagnóstico Nacional de Gestión de Residuos en Bolivia, elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) existe un importante déficit de información respecto sobre la cantidad y composición de los residuos generados en los diferentes municipios del país, lo cual conlleva a una incertidumbre para la toma de decisiones para lograr una adecuada gestión de los residuos.

En el estudio realizado por estas instituciones ya mencionadas se habla de manera escasa de los desechos tecnológicos, pero si se resalta que cualquier estudio que se realice será un aporte a la salud y el medio ambiente de la Ciudad de El Alto, por lo que la presente investigación espera llegar a hacer un aporte para lograr ese objetivo.

### 3.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La cantidad de residuos electrónicos, son consecuencia de la compra de equipos electrónicos de mayor consumo en el mercado están los dispositivos móviles de comunicación, las computadoras personales y los televisores, teléfonos móviles, aparatos de sonido y electrodomésticos, pronosticándose además un crecimiento de estos residuos en los próximos años.

Ante esta situación, el interés por el conjunto de actividades que tienen lugar después de que un producto ha terminado su ciclo de vida útil va en incremento; pese a ello en ciudades como El Alto, esta problemática está en estudio, aun no se ha establecido cuáles serán las políticas específicas para prevenir consecuencias en el medio ambiente, pero esta situación no ha sido descuidada por la dirección de gestión integral de residuos quienes tienen un equipo de profesionales encargados de actualmente de hacer el correcto manejo de diferentes desechos sobre todo los orgánicos que llegan en gran porcentaje al relleno Sanitario de la zona de Villa Ingenio.

El celular, el monitor y el televisor estén los hogares no generan riesgos de contaminación. Pero cuando se mezclan con el resto de la basura y se rompen, esos metales tóxicos se desprenden y pueden resultar mortales, muchas familias disponen de alguna computadora en su trabajo. Aunque la vida útil de estos equipos se estima en diez años, al cabo de unos tres o cuatro ya han quedado obsoletos debido a los requerimientos de los nuevos programas y las nuevas versiones de los sistemas operativos. Adquirir un nuevo equipo informático es tan barato que abandonamos o almacenamos una computadora cuando todavía no ha llegado al final de su vida útil.

Los residuos electrónicos de los equipos informáticos generan una serie de problemas específicos. Por ejemplo, son tóxicos, debido a que incluyen componentes tóxicos como el Plomo, el mercurio y el Cadmio. También llevan Selenio y Arsénico, entre otros. Cuando estos compuestos son fundidos liberan toxinas al aire, tierra y agua. El medio ambiente y la vida silvestre serían los más afectados; existe poca información sobre cuanta basura

tecnológica se genera, además la población que habita cerca a los rellenos sanitarios y las personas que recolectan entre la basura desconocen el riesgo en su salud.

**“cuáles serán las consecuencias en el medio ambiente al desechar basura tecnológica con residuos comunes sin ningún tipo de tratamiento, durante el transcurso del tiempo en la ciudad de El Alto”.**

### 3.3. CONSTRUCCION DEL MODELO CONCEPTUAL

El crecimiento de la población según resultados oficiales del Instituto Nacional de Estadística (INE) de los censos de 2001 y de 2012, en el primer caso eran 647.939 y en el segundo 843.934, lo que significa que en 11 años los habitantes alteños aumentaron en 195.995, a un promedio de 17.817 al año. Junto con Santa Cruz, son las únicas dos ciudades que superan el 5% de crecimiento intercensal, ver Tabla 1.

Año	2001	2012
Habitantes	647939	843934

**Tabla 1.** Crecimiento poblacional, censo 2001, 2012 Ciudad de El Alto.

**Fuente:** La razón, La paz 2016.

A partir de los resultados de estos dos últimos censos, aplicamos el método de Wappaus para determinar el crecimiento poblacional en los años: 2104, 2015, 2016, 2017 y 2018.

$$1) \quad P_{pc} = P_f \left( \frac{200 + i(T_f - T_i)}{200 - i(T_f - T_i)} \right)$$

$$2) \quad r = \frac{P_f - P_i}{P_i}$$

Donde  $P_{pc}$  , es la cantidad de población por conocer,  $P_f$  es la población final de ultimo censo,  $P_i$  es la población inicial del primer censo  $i$  es el índice de crecimiento anual, realizamos los cálculos:

En la siguiente tabla onservamos el crecimiento polacional

Año	2001	2012	2014	2015	2016	2017	2018
Habitantes	647939	843934	870017	891434	901826	912218	922598

**Tabla 2. :** crecimiento poblacional aproximado Ciudad de El Alto.

En la siguiente Figura 17, se observa los datos anteriores representadas en gráficas permite visualizar los valores entre algunas categorías en este caso muestra datos por año en la misma se puede evidenciar el crecimiento de la cantidad de población desde el año 2001 asta el 2018.



**Figura 17.** Grafica de crecimiento poblacional aproximado

La información con la que se va a trabajar, son datos recabados de encuestas a estudiantes de la UMSA que viven en la ciudad de el Alto. dichos datos indican en esta la cantidad de aparatos electrónicos y su relación por persona que habitan un hogar y su total, estos datos son una muestra la cantidad de equipos tecnológicos que están en funcionamiento ver figura 18, que son utilizados y los que no están en funcionamiento ver figura 19, que se encuentran almacenados y serán desechados porque ya termino su vida útil; esta es una

muestra de la tendencia natural en este municipio, el presente estudio se realizó entre los meses de marzo y abril de 2018.

Número de habitantes por hogar	6	4	8	6	4	4	9	3	4	7	5	5	8	5	6	2	9	6	3	3	7	5	3	6	4	132
APARATOS TECNOLÓGICOS QUE FUNCIONAN																										
cantidad de televisores crt	1		1	1	3	1	1			2	1	1	2	1	3	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	33
cantidad de televisores lod	1	7	1	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	3	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	43
cantidad de lavadora electrica		3			1	2				1	1					1	1	1	1					1		13
cantidad de reproductores blueray o dvd	1	2	1	3		1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	4	1	1		2	2	1		1	35
cantidad de licuadoras	1	5	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	4	1	1	1	2	3	1	1				35
cantidad de plancha electrica	1	1	1		1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	4	1	2	2	1		2	1		1	1	32
cantidad de refrigerador		3		1	1	1		1	1	1	1	1	1		2	1	1	1		1	1	1	1		1	21
cantidad de computadora personal de escritorio	1		1	2	1	1	1			1	2	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1				20
cantidad de impresoras	1	3	1	2	1	1	1		1	2	1	1	1	1	1					1	1	1		1	1	23
cantidad de laptops	2	3	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	2			1	1	1	1	1	1	1	30
cantidad de celular modelo clasico	2	1	2		3	2	2	3	4	1	3	3	6	2		2		2	1	4	3	2	4	3		53
cantidad de celulare smart phone	3	7	1	3	4	4	6	2		3	4	4	6	4	4	2	6	1	1	2	5	4	2	5	2	85
cantidad de mp3 Q	1	2			1	1	2	1		1	1	2	1	3	1	1			2	1		1	1			23
cantidad de parlantes musicales para flash memory	1	3			1	1				1	2	2	1	5	1	1			1	1	1	1				23
cantidad de minicomponente	1	4		2	1	1			1	2	1	1	1	3	1	1	2	1	2	1	1	1		1		28
cantidad de radios	1	2	1		2	1	2	1		3	2	1	1	2	3	1	3		1	1	1	1	2	2		34
cantidad de horno microonda	3		1		1					1																7
total de equipos electronicos que funcionan	18	48	11	21	18	20	27	13	10	21	33	19	27	21	44	20	27	17	13	16	26	20	10	23	15	538

**Figura 18.** Cantidad de productos tecnológicos que FUNCIONAN más comunes que existen en un hogar alteño

APARATOS TECNOLÓGICOS QUE NO FUNCIONAN																											
cantidad de televisores crt		1	1	1	1	1							3	1	2	1	2	1	2	1	1	1			1	1	22
cantidad de televisores lod																											0
cantidad de lavadora electrica																								1			1
cantidad de reproductores blueray o dvd		1	2		3									1		1											8
cantidad de licuadoras			3													1										1	6
cantidad de plancha electrica															2									1	1		4
cantidad de refrigerador																											0
cantidad de computadora personal de escritorio		1				1	1				1	1		1							1						7
cantidad de impresoras		1		1	2		2	1				2	1	1	1								1		1	1	15
cantidad de laptops														1		1											2
cantidad de celular modelo clasico			3		2	2	2	1		2	3	2	1	3	1	4		2	1				2	2	2	1	36
cantidad de celulare smart phone				2	1									1	1	1							1				7
cantidad de mp3			1			1				1	2	1	3	1	1												11
cantidad de parlantes musicales para flash memory						1			1				2	1	1	2							1	2	1	1	13
cantidad de minicomponente																							1				1
cantidad de radios						1			1				1	2									1				6
cantidad de horno microonda																											0
total de equipos que NO funcionan	2	11	4	9	3	5	5	0	9	7	5	15	10	6	16	0	3	2	0	2	9	6	2	5	3	139	

**Figura 19.** Cantidad de productos tecnológicos que NO FUNCIONAN más comunes que existen en un hogar alteño.

En Bolivia sobre los aparatos y equipos electrónicos como los televisores, refrigeradores, computadores, celulares y otros que diariamente son desechados sin ningún tipo de normativa para tal efecto. Muchos de estos aparatos contienen metales tóxicos como el plomo que son eliminados como basura en calles y ríos, sin ningún tipo de contemplación

ambiental. A continuación veremos en la tabla 3., bajo que unidades se maneja la generación de residuos tecnológicos.

Fuente	Cantidad de basura tecnológica expresada Kg/habitante/año	Año
Swisscontact, diagnóstico de residuos electrónicos en Bolivia	1	2000
Swisscontact, diagnóstico de residuos electrónicos en Bolivia	2,2	2008
<a href="http://www.ticbolivia.net">www.ticbolivia.net</a>	4	2011
<a href="http://www.energiabolivia.com">www.energiabolivia.com</a>	2,6	2014 - 2015
Swisscontact, diagnóstico de residuos electrónicos en Bolivia	3,3	2015
<a href="http://www.larazon.com">www.larazon.com</a>	2	2015
Swisscontact,	3,3	2019

**Tabla 3.** : Relación cantidad de residuos tecnológicos, por habitante y tiempo.

La generación de RAEE o de basura tecnológica anual en unidades por aparato vienen dado por la ecuación:

$$RAEE(t) = \frac{h(t) \cdot n(t) \cdot p(t)}{VU(t)}$$

Aparato	Nro total de aparatos por hogar	Vida útil por (año)	Peso promedio en Kg/unidad	Peso promedio de equipos por Nro de aparatos
Televisores crt	22	15	15	330
Lavadora eléctrica	1	5	25.38	25.38
Reproductor de videos	8	7	3.01	24.08
Licuadaora	6	5	2.5	15
Plancha Eléctrica 2002	4	8	1,5	6
PC computadora de escritorio	7	5	29.07	203.49
Impresoras 2010	15	2	3.83	57.4
Laptops	2	4	1.8	3.6
Celulares Nokia	36	9	0.25	9
Celular Smartphone, iphone	7	3	0,30	2.1
MP3	11	3	0.12	1.32
Parlantes musicales para flash memory	13	5	0.9	11.7
Equipos de sonido	1	7	2.7	2.7
Radio	6	9	1.5	9
<b>Total</b>	<b>139</b>		<b>86.36</b>	<b>699.42</b>
<b>promedio</b>	<b>9.9</b>	<b>5.71</b>	<b>6.1</b>	<b>5.01</b>

**Tabla 4.** Productos que se encuentran en mayor cantidad, peso promedio y cantidad

Donde  $h(t)$  es numero de hogares,  $n(t)$  es numero promedio de aparatos,  $p(t)$  es porcentaje de equipos y  $VU(t)$  es Vida útil.

Calculo la tasa de crecimiento anual de generación de basura tecnológica. La fórmula para calcular la tasa de crecimiento anual es: Tasa de crecimiento anual donde  $f$  es el valor final,  $s$  es el valor inicial y  $Y$  es la cantidad de años.

$$\left( \left( \frac{f}{s} \right)^{\frac{1}{y}} - 1 \right) * 100$$

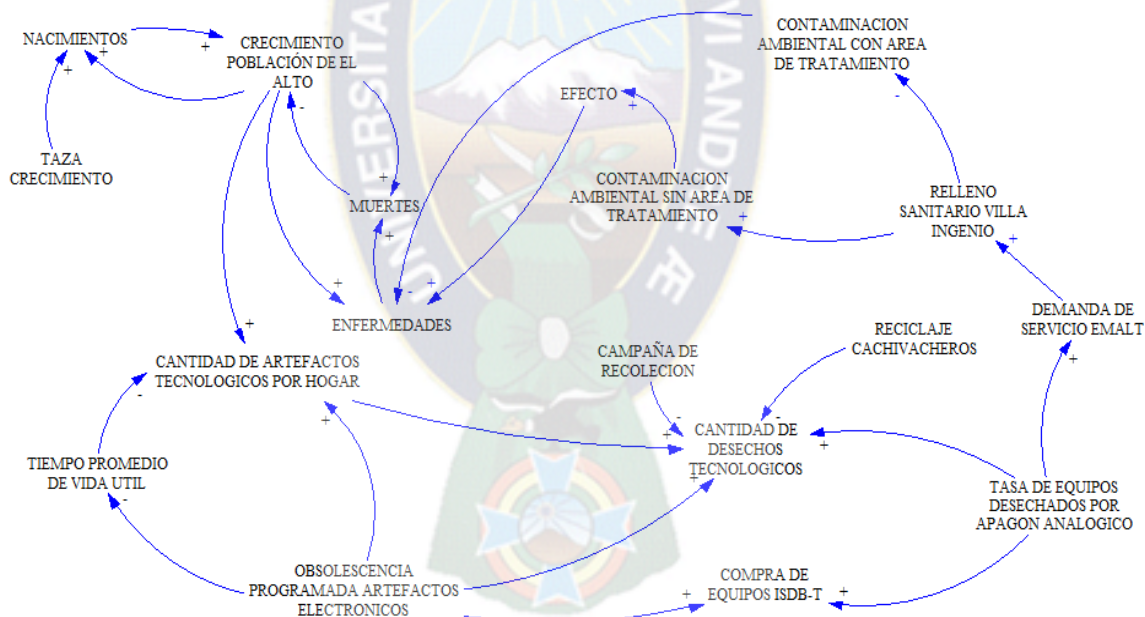
El diagrama causal es un diagrama en el cual se incluyen los elementos importantes del sistema y las relaciones entre ellos. Las diferentes relaciones están representadas por flechas entre variables afectadas por ellas. Existen relaciones de influencia Positiva y Negativa en un diagrama causal, así como 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. Se definen como positivo cuando el número de relaciones negativas es par 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 como se observa en la Figura 20.



**Figura 20.** Diagrama causal que muestra la proyección generación de la basura tecnológica y su relación con el crecimiento poblacional.

### 3.3. PROGRAMA DEL MODELO EN LA COMPUTADORA

En esta etapa se diseña el diagrama de Forrester, estableciendo las variables de nivel, de flujo y las variables auxiliares, para el diagrama de Forrester de la proyección de los efectos en el medio ambiente y su relación con el crecimiento poblacional, se toman las siguientes

variables ver Tabla 21. 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 nos permiten analizar su estructura, la cual determina su comportamiento.

La Tabla 5. muestra el comportamiento de la contaminación ambiental a causa de la generación de desechos tecnológicos en el municipio de El Alto. Crecimiento poblacional es una variable de nivel, requiere de variables de flujo para que funcione, Contaminación ambiental es el efecto de desechar y mezclar los artefactos tecnológicos con los desechos comunes, generación de basura tecnológica GBT es una variable de Nivel aumentara peligrosamente su numero, y si no esta preparado el botadero municipal de la ciudad de El alto generara desequilibrio en el medio ambiente dañando la vida silvestre y el efecto repercutirá en la población, Servicio EMALT en un porcentaje actualmente es minimo el recojo de estos artefactos; no rechaza los desechos tecnológicos que le entregan en calidad de desperdicio, será un importante su participacion y evitar riesgo de contaminación si cuentan con un área especial. A continuación, se muestran las siguientes tablas que representan a las variables con sus respectivos nombres y tipo de variable se observa en la Tabla 6.

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE
Población	Nivel
GBT (generación de basura tecnológica)	Nivel
Relleno sanitario (villa ingenio)	Nivel
Contaminación ambiental sin área de tratamiento	Nivel
Contaminación ambiental con área de tratamiento	Nivel

**Tabla 6.** Variables del Nivel del Modelo de Simulación.

La Tabla 6. representa a todas las variables de nivel con las que se está trabajando en el modelo de simulación, permite al modelador expresarse de manera que cualquier usuario le permita entender y comprender el presente modelo de simulación.

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE
Crecimiento poblacional	Flujo
Muertes	Flujo
MPE (muestra poblacional, encuesta)	Flujo
Servicio emalt BT	Flujo
Área de almacenamiento y recolección	Flujo

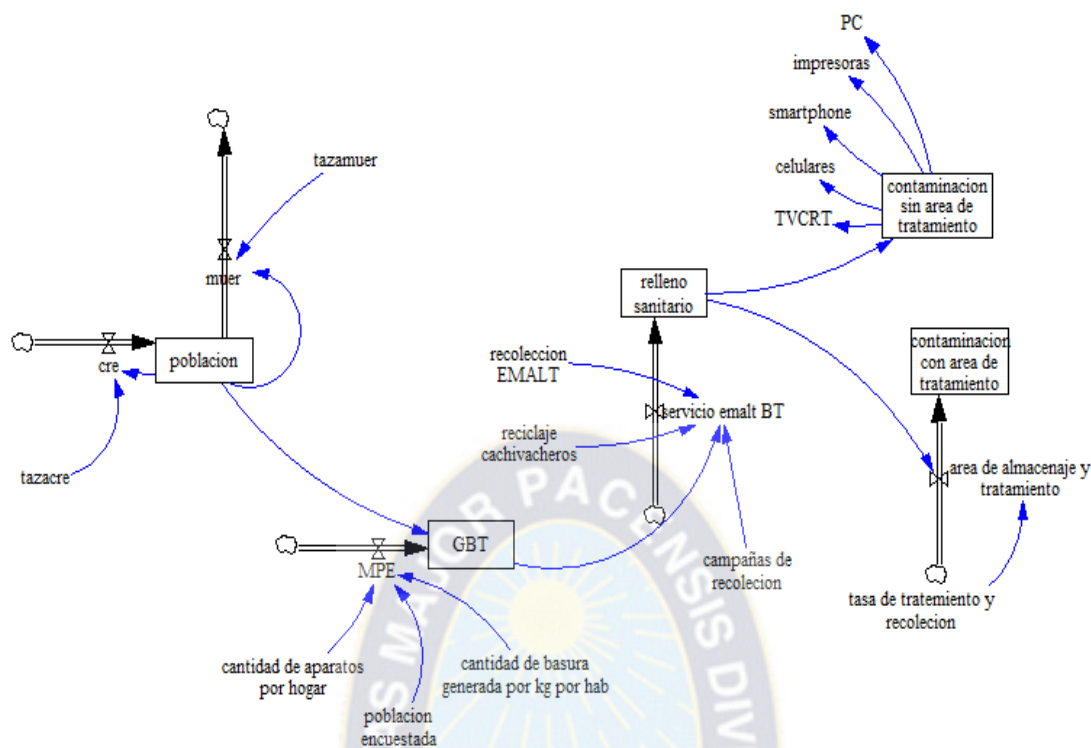
**Tabla 7.** Variable de flujo de Modelo de Simulación

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, se muestra en la Tabla 7.

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE
Tasa de crecimiento	Auxiliar
Tasa de muerte	Auxiliar
Cantidad de artefactos por hogar	Auxiliar
Cantidad de basura generada por habitante	Auxiliar
Población encuestada	Auxiliar
Recolección Emalt	Auxiliar
Campaña de recojo RAEE	Auxiliar
Recojo cachivacheros	Auxiliar
Área de tratamiento y almacenaje	Auxiliar
PC	Auxiliar
Impresoras	Auxiliar
Smartphone	Auxiliar
Celulares	Auxiliar
TV CRT	Auxiliar
Obsolescencia programada	Auxiliar
Apagón analógico	Auxiliar

**Tabla 8.** Variables auxiliares del modelo de proyección

A continuación se muestra en la Figura 3.3 el diagrama de Forrester el modelo de proyección de la relación de crecimiento de la población con respecto a la basura tecnológica.



**Figura 21.** Diagrama de forrester, proyectara la relación de crecimiento poblacional con el generacion de basura tecnológica y la contaminación.

### 3.4. VERIFICACIÓN

Este proceso consiste en comprobar que el modelo de proyección que cumpla con los respectivos requerimientos del diseño para los que se elaboró del modelo. Se trata de evaluar el comportamiento de la traducción del diagrama causal al diagrama de Forrester Figura una terminología que facilita la escritura de las ecuaciones en la computadora. Básicamente es una reclasificación de los elementos. En esta etapa se realiza un análisis, es decir, se estudia la dependencia de las conclusiones con relación a posibles variaciones de los valores de los parámetros. Se estudia el comportamiento del modelo ante distintas políticas alternativas y se elaboran recomendaciones. Este proceso no es lineal, sino que algunos pasos se repiten varias veces.

### 3.5. VALIDACION

Un modelo en dinámica de sistemas ha de ser validado tanto en lo que a su estructura como a su comportamiento se refiere, aunque valga decir, finalmente resulta en que se valida la estructura de forma directa o indirecta.

La validación de la estructura del modelo consiste en establecer que las relaciones usadas en un modelo son una representación adecuada de la realidad o relaciones reales, y están acordes con los propósitos del modelamiento. Este tipo de evaluación puede ser hecha de dos maneras: directa o indirecta.

La prueba de la estructura directa evalúa la validez de la estructura del modelo comparándola directamente con el conocimiento cierto acerca de la estructura real del fenómeno modelado. Esto implica evaluar cada relación en el modelo mientras haya conocimiento verificado del sistema modelado. Estas pruebas son cualitativas por naturaleza, no involucran la simulación.

La prueba de estructura indirecta o de comportamiento evalúa la validez de la estructura indirectamente al aplicar ciertas pruebas de comportamiento sobre los patrones de comportamiento generados por el modelo. Por ejemplo, la prueba de las condiciones extremas implica asignar valores extremos a parámetros seleccionados y comparar el comportamiento generado por el modelo con el comportamiento esperado o el observado en el sistema real bajo la misma condición extrema. Éstas son pruebas extremas de comportamiento que pueden proporcionar información indirecta sobre las posibles fallas estructurales.

### 3.6. EXPERIMENTACIÓN

La experimentación con el modelo de proyección, se realiza después que este haya sido validado el sistema, consiste en comprobar los datos generados como deseados y consiste también 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 representadas en porcentajes,

también una vez construido el modelo se procede a ensayar, por medio de simulaciones, la hipótesis sobre las que se ha construido.

Una característica común para la simulación del modelo las ecuaciones de las variables de nivel cambian lentamente en respuesta a las variaciones de otras variables, en concreto de las variables de flujo. A cada nivel  $N(t)$  se le puede asociar un flujo de entrada  $F_e(t)$  y salida  $F_s(t)$ , de acuerdo con:

$$N(t) = N(t_0) + \int_{t_0}^t F_e - F_s dt$$

O en forma de ecuación diferencial:

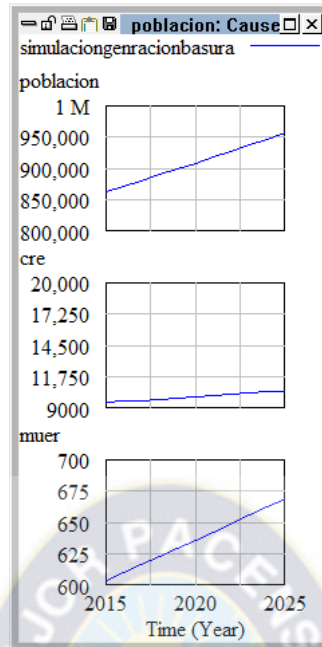
$$\frac{dN}{dt} = F_e - F_s$$

Las variables de flujo son aquellas variables que determinan los cambios en las variables de nivel del sistema y caracterizan las acciones que se toman en él, las cuales quedan acumuladas en los niveles correspondientes. Físicamente expresan como se convierte la información disponible en el sistema en una acción. A cada flujo  $F(t)$  se le asocia una ecuación llamada ecuación de flujo o función de decisión que admite como variables de entrada los niveles, las variables auxiliares y las constantes, en términos generales por ejemplo:

$$F(t) = TN * M(t) * N(t)$$

En donde  $TN$  es el flujo normal (constante),  $M(t)$  es el multiplicador del flujo normal (auxiliar) y  $N(t)$  (nivel).

A partir de la elaboración del diagrama causal llegamos a desarrollar el diagrama de Forrester con la cual se trabajara y realizara la proyección y verificar si los datos obtenidos aplicando las fórmulas de nivel en un tiempo  $t$  y las fórmulas de las variables de flujo representada por  $F(t) = TN * M(t) * N(t)$ . se observa el comportamiento de cada experimento realizado.



**Figura 22.** Proyeccion del crecimiento poblacional del año 2015 al 2025, con el índice de crecimiento y muertes.

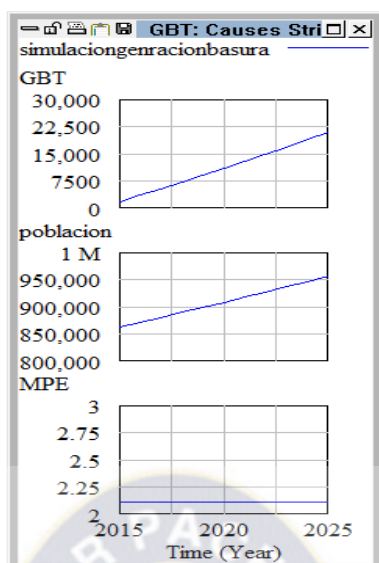
Esta figura 22., muestra el crecimiento a partir de la población con los factores que mas influyen en su comportamiento. Como con un de indice de crecimiento poblacional 1.1 por ciento, y 0.071 por ciento de índice de muertes por año .

The screenshot shows a window titled 'Table Time Down' containing a table with the following data:

Time (Year)	"poblacion"	poblacion
2018	Runs:	922598
2018.5	simulacion	927349
2019		932125
2019.5		936926
2020		941751
2020.5		946601
2021		951476
2021.5		956376
2022		961301
2022.5		966252
2023		971228
2023.5		976230
2024		981258
2024.5		986311
2025		991391

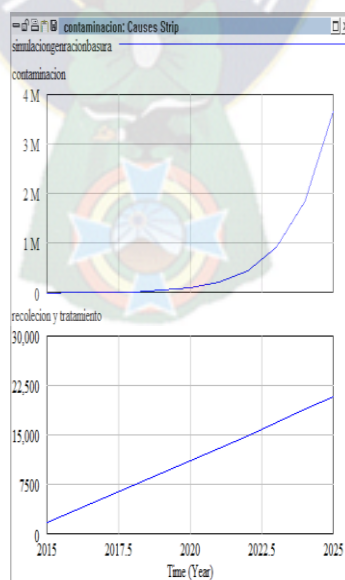
**Figura 23.** Datos detallados de dicho comportamiento

En esta figura se ve en detalle el comportamiento de la población por año y su relación con la generación de desechos tecnicos.



**Figura 24.** Representa la generacion de basura con relacion al crecimiento poblacional

En la anterior figura se ve el comportamiento a partir de la muestra tomada de la encuesta realizada con estudiantes de umsa y la cantidad de equipos tecnológicos que no están funcionando y están almacenados en sus hogares y pueden ser desechados como residuos comunes, la basura generada es calculada a partir del promedio de varios índices que se realizaron previamente por diferentes estudios, de ahí se promedió y se trabajó con el índice de 2.01 kg persona por año, para hacer posible la proyección.

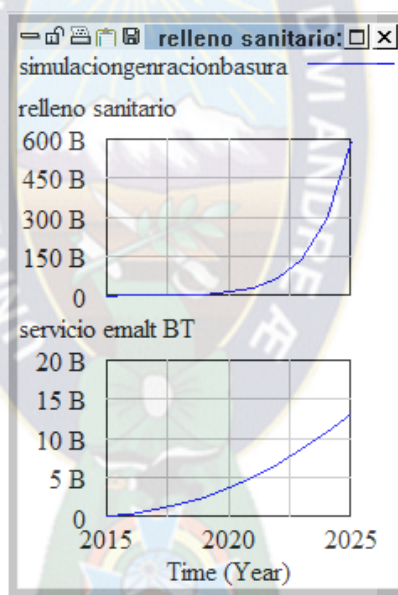


**Figura 25.** Representa el crecimiento poblacional con relación a la generacion de basura, y con el nivel de contaminación.



Estas dos graficas muestran como el riesgo de contaminación crece a medida que la población va en aumento siendo insuficiente el tratamiento y recolección por parte de empresas de servicio, de reciclaje y los cachivacheros, pese a esa situación la generación va en aumento, las cantidades de basura se expresan en toneladas por la población de El Alto y tiene una aproximación de 7000 toneladas que va de acuerdo a otros estudios realizados; las campañas de recolección recogen aproximadamente 30 toneladas, los cachivacheros 0.006 toneladas y emalt recoge 28 toneladas al año.

En la siguiente figura se observa la relación de la capacidad del relleno sanitario con relación al servicio de Emalt el crecimiento exponencial que se expone si no tiene un área de almacenamiento específico para estos residuos.



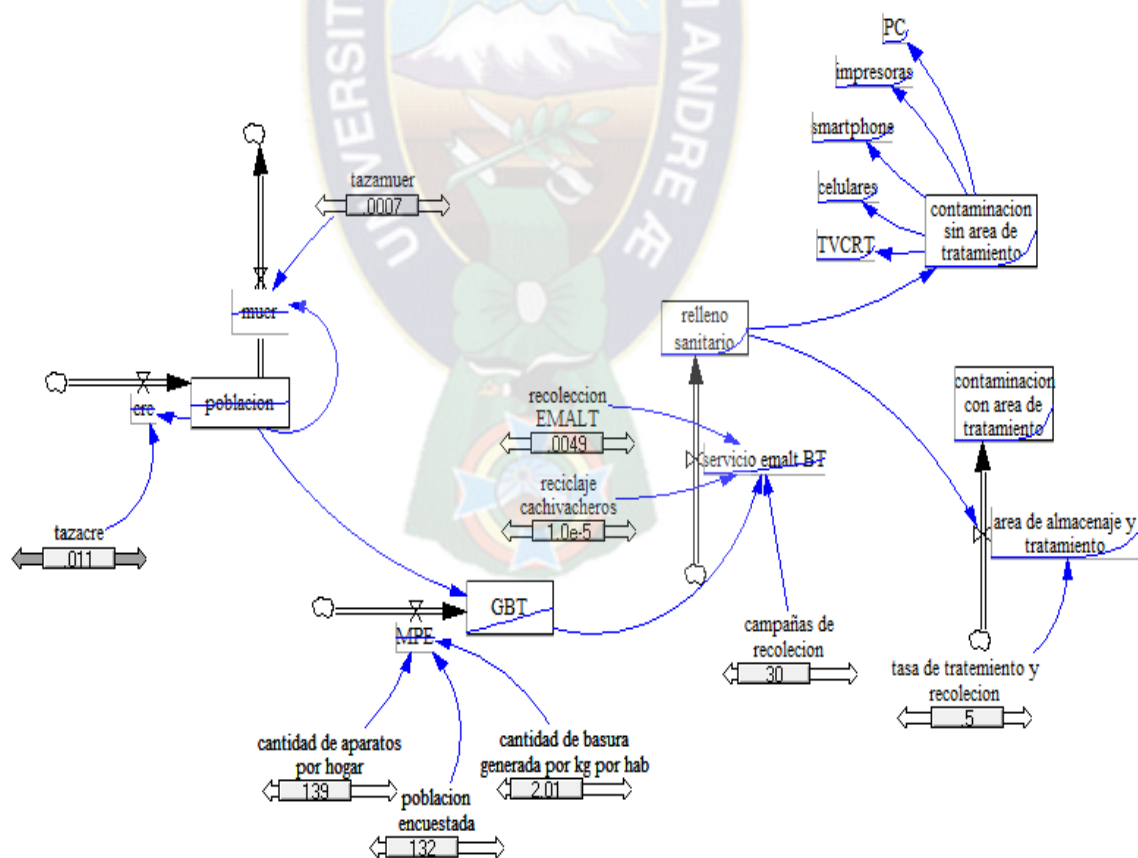
**Figura 26.** Representa el crecimiento del servicio y de lo que requerirá el relleno para tratar la gran cantidad de basura

### 3.7. INTERPRETACIÓN

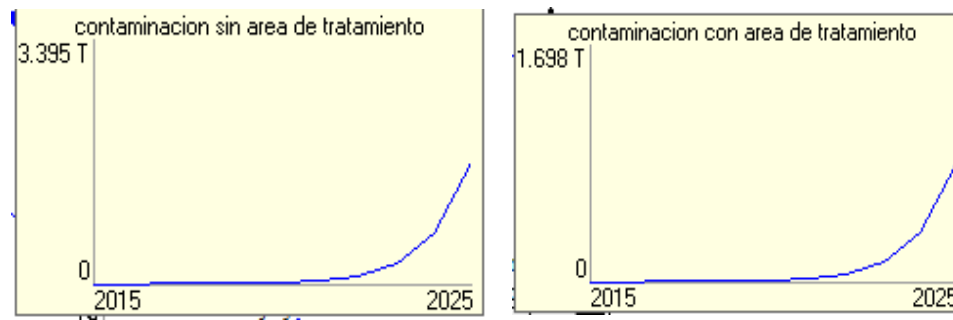
Los residuos electrónicos están llenos de componentes tóxicos. Cuando los tiramos por ahí (o van a dar a la basura), quedan expuestos y reaccionan con el aire, el sol o la lluvia. Entonces emiten sustancias químicas que contaminan la atmósfera, el agua y el suelo. Tarde o temprano estas sustancias entran en nuestros cuerpos y nos enferman.

Los monitores, los acumuladores y los baterías contienen plomo. Cuando este elemento químico se libera en el medio ambiente y es absorbido por los seres vivos, daña los riñones, el cerebro y todo el sistema nervioso. También hace que disminuyan las habilidades de aprendizaje.

Los tableros de circuitos y ciertas baterías recargables son de cadmio, un metal pesado que puede provocar cáncer, debilidad en los huesos, daño a hígado y riñones, daño al sistema inmunitario, diarrea y hasta desórdenes psicológicos. El mercurio está presente en interruptores, cubiertas, monitores y tubos fluorescentes. Afecta el sistema nervioso, irrita los ojos y provoca erupciones en la piel. El litio que contienen algunas baterías es tóxico para el riñón, daña el sistema nervioso y genera problemas respiratorias.

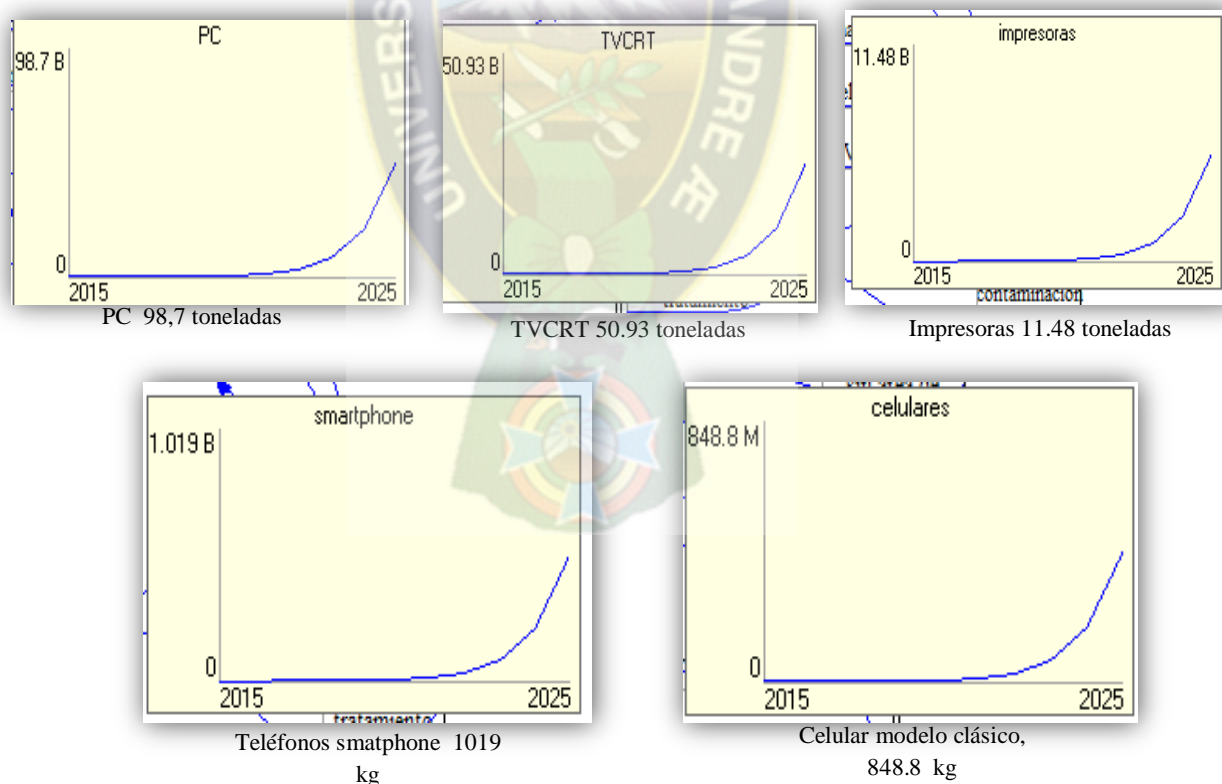


**Figura 27.** Modelo de forrester muestra efectos de la contaminación en el relleno sanitario sin área de tratamiento



**Figura 28.** Crecimiento de riesgo de contaminación con y sin área de tratamiento

En la figura 28., se puede observar que la variable de nivel contaminación sin área de tratamiento desdobra en variables auxiliares que son los artefactos tecnológicos que contiene las sustancias químicas más contaminantes si se mezclan con los desechos comunes el grado de riesgo al medio ambiente y daños a la salud humana aumenta considerablemente, en la siguiente figura se observa cuantas toneladas de estos desechos se generarían en toneladas.



**Figura 29.** Peso de artefactos más contaminantes y de mayor porcentaje entre los productos que no funcionan y están almacenados en los hogares

### 3.8 DOCUMENTACION

Se genera mientras se formula el modelo de proyeccion, es la ultima fase o etapa del modelado aplicando, reglas de adición, multiplicación y división, con respecto a las unidades se obtienen las siguientes ecuaciones como se observa en la figura 30.

variables	Formula y unidades
relleno sanitario	$INTEG(\text{servicio emalt BT} + \text{relleno sanitario}, 0)$
poblacion	$INTEG(\text{cre} - \text{muer}, 862603)$
contaminacion sin area de tratamiento	$INTEG(\text{contaminacion sin area de tratamiento} + \text{relleno sanitario}, 0)$
contaminacion con area de tratamiento	$INTEG(\text{area de almacenaje y tratamiento} + \text{contaminacion con area de tratamiento}, 0)$
area de almacenaje y tratamiento	$\text{relleno sanitario} * \text{tasa de tratamiento y recoleccion}$ Units: ton/(poblacion * año)
campañas de recoleccion	30 Units: ton/poblacion/año
cantidad de aparatos por hogar	139
cantidad de basura generada por kg por hab	2.01 Units: kg/persona
cre	$\text{poblacion} * \text{tazacre}$ Units: personas/año
GBT	$INTEG((\text{MPE} * \text{poblacion}) / 1000, 1720)$ Units: ton/poblacion
impresoras	$\text{contaminacion sin area de tratamiento} * (3.38 / 1000)$ Units: ton
MPE	$(\text{cantidad de aparatos por hogar} * \text{cantidad de basura generada por kg por hab}) / \text{poblacion encuestada}$ Units: kg/persona
muer	$\text{poblacion} * \text{tazamuer}$ Units: personas/año
poblacion encuestada	132 Units: personas

**Figura 30.** Ecuaciones respectivas de las Variables de Nivel, Flujo y Auxiliares del Modelo de proyeccion.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. CONCLUSIONES**

Se desarrolló el modelo de dinámica de sistemas para estimar la proyección del crecimiento y generación de basura tecnológica relacionada con el crecimiento urbano en cuanto al número de habitantes. Una encuesta realizada en la Universidad Mayor de San Andrés e información proporcionada por la empresa Emalt encargada del recojo y tratamiento de los residuos sólidos de toda la urbe alteña, nos ayudaron a determinar datos para este modelo de proyección.

El modelo explica la influencia de factores sobre las variables de nivel, puesto que el contexto donde se desarrolla la proyección, está en constante movimiento y aparecen más factores que influyen a que este problema crezca a niveles alarmantes, para que no tenga consecuencias es necesario prevenir y anticiparnos a los hechos. Adoptar medidas oportunas con anticipación ante la problemática ambiental; la actitud de la población hacia el reciclaje, la legislación y publicidad para las campañas de recolección buscan reducir el riesgo de focos de infección, enfermedades y el efecto en el medio ambiente que afecta a los seres vivos que habitan cerca a las ciudades.

A partir estudios como este que esperan contribuir a que el manejo de estos residuos no nos lleven a sufrir consecuencias, como en otros países donde los niveles de contaminación son un veneno silencioso para el medio ambiente y por supuesto para la humanidad.

## 4.2 RECOMENDACIONES

Cuando un aparato electrónico termina su vida útil, lo responsable es reciclarlo o entregarlo en las campañas de reciclaje que no son muchas, pero contribuyen a que el medio ambiente un sufra las consecuencias.

Intentar recuperar los componentes útiles o servibles de los aparatos antes de deshacernos de ellos.

Adoptar la estrategia de crear cementerios electrónicos como en China y en India, en los cuáles se separan los elementos reutilizables, extrayendo metales como el cobre y el hierro de contactos, computadoras, tratando de aprovechar al máximo cada uno de los componentes.

Informar a nuestra en nuestro municipio sobre las consecuencias de desechar la basura en rellenos sanitarios, hacer entrar en razón a las personas para que piensen si es necesario obtener un nuevo dispositivo electrónico.

Hacer uso de los componentes extraídos, crear depósitos de baterías, computadoras, televisores y demás.

La encuesta que sirvió como base para obtener la proyección no contemplo a empresas, universidades, colegios y fabricas que son otros generadores de este tipo de desechos.

La generación de nuevas tecnologías le dan un nivel de complejidad a esta realidad, pues la economina esta por encima de todo intento de conservar la naturaleza, la economía mundial gira en torno a un mercado de nuevos y mejores productos, con mas ventajas que los anteriores y son tóxicos envenenan a la tierra a todos los que habitamos en ella, pero no es todo lo que podemos hacer por el planeta, tú puedes hacer mucho para transformarla.

## BIBLIOGRAFÍA

- Silva Uca, Investigadora Responsable, (2010), Plataforma RELAC SUR/IDRC UNESCO, Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe, Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe Montevideo Uruguay.
- Juan de Mata Donado Campos Sebastián Dormido Canto Fernando Morilla García, Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas.
- Cecilia Gumiel ingeniera ambiental, 2015, Tercer Informe, programa para la implementación de la gestión integral de residuos sólidos en Bolivia Unidad Coordinadora (UCP), “ESTUDIO DE GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL ALTO”.
- M.Sc. Lilia Ester Rodríguez Chávez (liliaester@infomed.sld.cu) Dra. C. Mercedes Rubén Quesada ([mquesada@cecam.sld.cu](mailto:mquesada@cecam.sld.cu)), La simulación computarizada como herramienta didáctica de amplias posibilidades Utilization of Computerized Simulation as a Didactic Tool.
- Delfin año 2009, SWISSCONTACT Diagnostico de residuos electrónicos en Bolivia.
- Villafuerte marcelo Alexander, (2009), Tesis de grado: “PRE-DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO QUE RECICLA Y PROCESA LA “BASURA ELECTRÓNICA” EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL” de Tello López Camilo Fernando, Mena Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador.
- Fuentes Mamani Wilma (2012), Tesis de Grado: “SIMULACION DE LA DESERTIFICACION DEL SUELO MEDIANTE AUTOMATAS CELULARES Y REDES BAYESIANAS”, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia.
- Limachi Pardo Rolando (2009), Tesis de Grado: “MODELO DE SIMULACIÓN DE DESASTRES NATURALES CAUSADO POR INUNDACIONES”, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Rodríguez Yujra José Antonio (2014), Tesis de Grado: “SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO UTILIZANDO EVENTOS DISCRETOS CASO:

CIUDAD DE EL ALTO – LA PAZ”, de Rodríguez Yujra José Antonio (2014).  
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Olga Permanyer Martínez Máster de Sostenibilidad Universidad Politécnica de Barcelona,  
2013, Situación e Impacto de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos  
(RAEE) Caso de Estudio: los Ordenadores.





# ANEXOS





**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES**  
**CARRERA DE INFORMÁTICA**  
 La Paz - Bolivia



**CARRERA DE INFORMÁTICA**  
**ACREDITADA RESOLUCIÓN C.E.U.B. 71/2014**

La Paz, 15 de mayo de 2018

Señora  
**ING. GIANINNE P. SILES BALDIVIEZO**  
**DIRECTORA**  
**GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**  
**MUNICIPIO DE EL ALTO**  
 Presente.

2815824 - 800164131

DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS  
 SMASGAR - GAMEA  
**RECIBIDO**  
 18 MAY 2018

Hora: 14:45  
 Registro: 0750 - Firma: [Firma]

Ref.: SOLICITUD DE AUTORIZACION DE VISITA AL RELLENO SANITARIO  
ZONA VILLA INGENIO EL ALTO

De mi mayor consideración:

Estimada Ingeniera, mediante la presente, le solicitamos muy gentilmente se tome en cuenta al estudiante SINFOROSO JOSE HERNANDEZ JURADO estudiante de la Carrera de Informática, que actualmente se encuentra realizando su tesis de grado titulada: "PROYECCIÓN DE LOS EFECTOS DE DESECHOS TECNOLOGICOS EN EL MEDIO AMBIENTE, CASO BOTADERO MUNICIPAL ZONA VILLA INGENIO CIUDAD DE EL ALTO", y tengo a bien solicitarle se autorice visitar el relleno sanitario de la ciudad del alto, de esta manera recabar fotografías para la realización de esta investigación.

A la espera de una respuesta positiva, saludo a usted con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente.

*[Firma]*  
 MSc. FRANZ CUEVAS Q.

*[Firma]*  
 Lic. Jose Luis Zeballos Abasto  
 DIRECTOR a.i.  
 CARRERA DE INFORMÁTICA





Visita al relleno sanitario de Villa ingenio Ciudad de el Alto



Visita al relleno sanitario de Villa ingenio Ciudad de el Alto,  
Residuos comunes con basura tecnologica

# DOCUMENTACIÓN



La Paz, 4 de junio de 2018

Señor:

Lic. José Luis Zeballos Abasto

**DIRECTOR A.I.**

**CARRERA DE INFORMÁTICA**

**FAC. CIENCIAS PURAS Y NATURALES**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

Presente

**Ref: AVAL PARA LA DEFENSA DE TESIS DE GRADO**

De mi mayor consideración:

Mediante al presente me dirijo a su Autoridad, en calidad de **Tutor Metodológico** para informar que luego de haber realizado el seguimiento de la Tesis de Grado titulada: "PROYECCIÓN DE LOS EFECTOS DE DESECHOS TECNOLOGICOS EN EL MEDIO AMBIENTE, CASO BOTADERO MUNICIPAL ZONA VILLA INGENIO CIUDAD DE EL ALTO" presentado por el Univ. Sinforoso José Hernández Jurado con C.I. 4833757 LP, para optar al título de Licenciatura en Informática.

En este sentido presento mi **conformidad y aval** respectivo para la defensa pública de la Tesis de Grado de acuerdo al Reglamento vigente en la Universidad Mayor de San Andrés.

Sin otro particular, me suscribo de su persona con las atenciones más distinguidas.



M. Sc. Franz Cuevas Quiroz

**TUTOR METODOLÓGICO**

c.c. Arch.

La Paz, 4 de junio de 2018

Señor:

M. Sc. Franz Cuevas Quiroz

TUTOR METODOLÓGICO

Presente

**Ref: CONFORMIDAD Y AVAL DE TESIS DE GRADO**

De mi mayor consideración:

Tengo a bien dirigirme a su persona, para darle a conocer que luego de efectuar el seguimiento a la estructura y contenido de la Tesis de Grado titulada: “PROYECCIÓN DE LOS EFECTOS DE DESECHOS TECNOLÓGICOS EN EL MEDIO AMBIENTE, CASO BOTADERO MUNICIPAL ZONA VILLA INGENIO CIUDAD DE EL ALTO” elaborado por el Univ. Sinforoso José Hernández Jurado con C.I. 4833757 LP, para optar al título de Licenciatura en Informática, en calidad de Asesor expreso mi conformidad con el contenido y la forma de trabajo, dando mi **Aval** respectivo para la defensa pública de la Tesis de Grado de acuerdo al Reglamento vigente en la Universidad Mayor de San Andrés.

Sin otro particular, me suscribo de su persona con las atenciones más distinguidas.

Lic. Juan Gonzalo Contreras Candia

**ASESOR**

c.c. Arch.