UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:

INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:

"MODELO SOSTENIBLE DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR MEDIO DEL RECICLAJE EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN QUIJOS PROVINCIA NAPO"

Autores:

Galo Guillermo Paladines Elizalde

Luis Mario Vinueza Garrido

Director (A) De Proyecto:

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez. PhD

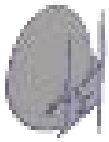
Pastaza - Ecuador

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Galo Guillermo Paladines Elizalde con C.I. 1105190977 y Luis Mario Vinueza Garrido con C.I. 1500919913, hacen constar que son autores del Proyecto de Investigación titulado: **Modelo sostenible de gestión de residuos sólidos por medio del reciclaje en el relleno sanitario del cantón Quijos provincia Napo**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez. PhD. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 14 días del mes de marzo del 2021.





Galo Guillermo Paladines Elizalde	Luis Mario Vinueza Garrido
CI: 1105190977	CI: 1500919913

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación titulado: **Modelo sostenible de gestión de residuos sólidos por medio del reciclaje en el relleno sanitario del cantón Quijos provincia Napo**.



Dr., C. Reinier Abreu Naranjo

Presidente del Tribunal



_____

M.Sc. Rubén Darío Ledesma Acosta

Miembro del Tribunal



_____

Msc. Santiago Nicolás Aguiar Novillo

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez. PhD con cedula 1757041452, certifica que el Proyecto de Integración de Investigación/ Trabajo de Integración Curricular titulado: "MODELO SOSTENIBLE DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR MEDIO DEL RECICLAJE EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN QUIJOS PROVINCIA NAPO", ha sido en examinado a través del sistema Anti-plagio URKUND y presenta el porcentaje de similitud del 2%.

En el cantón de Pastaza, a los 18 días del mes de febrero del 2021



…….

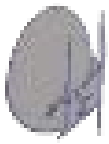
Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez. PhD

Director del Proyecto de Investigación/ Trabajo de Integración Curricular

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quienes suscriben Galo Guillermo Paladines Elizalde y Luis Mario Vinueza Garrido, declaramos que el presente proyecto de investigación, es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.





Galo Guillermo Paladines Elizalde	Luis Mario Vinueza Garrido
CI: 1105190977	CI: 1500919913

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a toda mi familia, amigos, compañeros, profesores y amores, que fueron parte de todo este camino me apoyaron, confiaron en mí, me dieron la oportunidad de ser parte de su vida y enseñándome que todos los triunfos nacen cuando nos atrevemos a intentar.

Pues cada uno sumo un granito para poder llegar a donde estoy y convertirme en el ser humanos que soy.

Galo Guillermo Paladines Elizalde

Este proyecto de investigación se la dedico especialmente para mis padres Mario y Tere quienes con su sacrificio, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a ser una persona de bien con valores, principios y sobre todo devoto de Dios, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y perseverancia y ser mi apoyo incondicional.

A mi sobrino Keylor Vinueza, que él es el pilar fundamental de mi esfuerzo y dedicación, que a pesar de las adversidades que ha tenido me enseñó que siempre hay que sonreír a la vida y nunca darse por vencido.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice de la mejor manera en especial a aquellos que nos compartieron sus conocimientos.

Y en si a todo mi Familia y amigos que siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo de alguna manera, Dios les pague por todo.

Luis Mario Vinueza Garrido

AGRADECIMIENTO

Le doy las gracias a mi madre quien es mi fortaleza, brindándome su amor incondicional y sabiduría para cada tropiezo en el transcurso de mi vida.

A mis hermanas que se alegran con cada uno de mis triunfos, son quienes me dan ejemplo y a las que quiero enorgullecer, a mi tío quien ha estado conmigo en todo momento, a mis sobrinos que son parte del motor que me impulsa a nunca rendirme y a toda mi familia.

A todas las personas, amigos y colegas por ser parte significativa de mi vida, y por haberse convertido en una familia para mí, gracias por su apoyo, comprensión y amistad.

Asimismo, agradecer a mi tutor de proyecto, el Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez PhD, por su apoyo, orientación en el desarrollo del trabajo de investigación y a mi compañero de proyecto Luis Mario Vinueza.

También me gustaría agradecer a todos mis profesores de estos 5 años de carrera por su dedicación . Finalmente, quiero agradecer a mi querida Universidad Estatal Amazónica por convertirme en un gran humano y profesional.

Galo Guillermo Paladines Elizalde

Primeramente, quiero agradecer a Dios por sus infinitas bendiciones durante toda mi carrera universitaria, por guiarme por el buen camino y protegerme de todo mal, tú sabes cuánto fue mi sacrificio para llegar a tan anhelado título.

A mis Padres, Mario Vinueza y Teresa Garrido, también a mi hermano Bryan Vinueza que sin su apoyo nada de esto sería posible, por su amor, consejos y confianza nunca me di por vencido y me esforcé el doble, este título es para ustedes.

Por supuesto a la Universidad Estatal Amazónica por darme la oportunidad de estudiar y formarme como profesional.

A mi director de proyecto, Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez PhD quien, con sus conocimientos, su experiencia, y su motivación hemos logrado hacer nuestro proyecto de la mejor manera posible.

También me gustaría agradecer a mi compañero de proyecto Galo Guillermo Paladines Elizalde, por ser parte fundamental de esta investigación y más por ser un excelente ser humano que la amistad perdure para siempre.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Finalmente, a mi enamorada que siempre ha estado conmigo en todo momento y brindarme siempre su apoyo, son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Luis Mario Vinueza Garrido

RESUMEN

Se evaluó la situación actual del relleno sanitario del cantón Quijos respecto al tratamiento de los residuos sólidos urbanos y se constató que las áreas para el aprovechamiento, reciclaje y producción de abono se encuentran abandonadas u ocupadas por residuos hospitalarios y vidrios, originados por diferentes causas objetivas como: falta de personal y desinterés de las autoridades municipales y la ciudadanía en temas de gestión de residuos sólidos. Se estableció una técnica amigable con el ambiente con vistas a la utilización de materiales reciclados inorgánicos generados por el relleno sanitario, para lo cual se propuso la elaboración de hormigón alivianado a través de postes prefabricados a base de papel, cartón y plásticos como agregados en la mezcla. Se propuso un método de producción de abono bocashi dentro del relleno sanitario como vía de reutilización de los residuos orgánicos y se valoró el abono clase "BPJ" modificada para los materiales disponibles en el relleno sanitario, tales como estiércol de ganado, tierra de bosque, cal o ceniza vegetal, carbón molido y los residuos orgánicos que ingresan al relleno. Con estos dos métodos de reciclaje y aprovechamiento se puede cambiar el modelo tradicional de gestión de los residuos sólidos por un modelo sostenible que incluirá las siguientes fases: generación, barrido, recolección, transferencia y transporte, tratamiento biológico, reciclaje de materiales y disposición final, adaptándose al Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos.

PALABRAS CLAVE: relleno sanitario, residuos sólidos, hormigón alivianado, abono bocashi

ABSTRACT

The current situation of the sanitary landfill of the Quijos canton with respect to the treatment of urban solid waste was evaluated and it was found that the areas for the use, recycling and production of fertilizer are abandoned or occupied by hospital waste and glass, originated by different objective causes such as: lack of personnel and disinterest of municipal authorities and citizens in solid waste management issues. An environmentally friendly technique was established with a view to the use of inorganic recycled materials generated by the sanitary landfill, for which the production of lightened concrete was proposed through prefabricated posts based on paper, cardboard and plastics as aggregates in the mixture. A method of producing bocashi compost within the sanitary landfill was proposed as a way of reusing organic waste and the modified "BPJ" class compost was valued for the materials available in the sanitary landfill, such as cattle manure, forest land, lime or vegetable ash, ground charcoal and organic waste entering the landfill. With these two recycling and utilization methods, the traditional solid waste management model can be changed to a sustainable model that will include the following phases: generation, sweep, collection, transfer and transport, biological treatment, recycling of materials and final disposal. adapting to the National Program for Comprehensive Solid Waste Management.

KEY WORDS: landfill, solid waste, lightened concrete, bocashi compost

TABLA GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Planteamiento del problema 2
1.2. Objetivos 2
1.2.1. Objetivo General 2
1.2.2. Objetivos Específicos 2
1.3. Justificación 3
CAPÍTULO II. 4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4
2.1. Relleno sanitario 4
2.1.1. Residuos sólidos del relleno sanitario del cantón Quijos 5
2.1.2. Generación de Residuos Sólidos 6
2.1.3. Cantidad de Residuos Sólidos Recolectados 6
2.1.4. Composición de los Residuos Sólidos 7
2.2. Clasificación de los residuos sólidos 7
2.3. Residuos sólidos orgánicos e inorgánicos 8
2.3.1. Residuos sólidos no peligrosos 8
2.3.2. Residuos orgánicos 8
2.3.3. Residuos inorgánicos 9
2.4. Ecuador y el marco legal en gestión integral de residuos sólidos 9
2.5. Buenas Prácticas Ambientales 10
2.6. Manejo de Residuos 10
2.7. Formas de aprovechamiento de Residuos Inorgánicos 11
2.7.1. Reciclaje 11
2.7.2. Incineración 11
2.7.3. Hormigón alivianado 11
2.8. Formas de aprovechamiento de Residuos Orgánicos 11
2.8.1. Compost 11
2.8.2. Compostera 11

2.8.3. Lombricultura 12
2.8.4. Bocashi 12
2.8.5. Abonos verdes 12
2.8.6. Humus 12
2.9. Métodos de producción hormigón aliviando 12
2.9.1. Hormigón con agregado de fibras de plástico reciclado tipo PET 12
2.9.2. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante 14
2.9.3. Panel prefabricado de hormigón aliviano a base de papel periódico y cartón reciclado 15
2.10. Métodos de elaboración de bocashi 16
2.10.1. Elaboración de bocashi 17
2.10.2. Proporción de mezcla de los materiales en diferentes clases de bocashi 19
CAPITULO III 21
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 21
3.1. Localización 21
3.2. Tipo de investigación 22
3.2.1. Documental 22
3.2.2. Exploratoria 22
3.2.3. Descriptiva 22
3.3. Métodos de investigación 23
3.3.1. Diagnóstico actual 23
3.3.2. Organigrama de los actores para el proyecto teórico del modelo de gestión sostenible 23
3.3.3. Análisis FODA del relleno sanitario 23
3.3.4. Diagrama de bloques de los procesos del sistema gestión de residuos 24
3.3.5. Métodos de reciclaje y aprovechamiento 24
3.3.6. Modelo de procesos de gestión sostenible de residuos sólidos y cantidad de materiales que ingresan a los procesos. 24
CAPITULO IV 25
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 25

4.1. Análisis de los resultados de la situación actual del relleno sanitario del cantón Quijos 25
4.2. Resultado del organigrama 27
4.3. Resultado de la matriz FODA del entorno del relleno sanitario 29
4.4. Análisis del diagrama de bloques de los procesos del sistema gestión de residuos 30
4.5. Resultados de los métodos de reciclaje y aprovechamiento 31
4.6. Resultado del modelo de procesos de gestión sostenible de residuos sólidos y balance de materiales mediante el reciclaje. 36
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39
5.1. Conclusiones 39
5.2. Recomendaciones 39
6. Referencias 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativa local parroquias de la cobertura del servicio de recolección Municipal de residuos sólidos del cantón Quijos 5
Tabla 2. Proyección de residuos sólidos en el Cantón Quijos 6
Tabla 3. Composición Porcentual de los residuos sólidos en el cantón Quijos 7
Tabla 4. Clasificación de los Residuos y desechos. 7
Tabla 5. Clasificación en la fuente de los residuos sólidos urbanos del cantón Quijos 8
Tabla 6. Características físicas del bocashi 17
Tabla 7. Ingredientes del método original de bocashi y sus alternativas 18
Tabla 8. Composición química del bocashi sólido y líquido. 19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Propuesta metodológica para producir hormigón con agregado de fibras de plástico reciclado tipo PET. 13
Figura 2. Resumen de resistencia a los 7, 14 y 28 días en paneles de hormigón prefabricados con papel y cartón. 15
Figura 3. Sitio de ubicación del relleno sanitario del canto Quijos. 21
Figura 4. Área del relleno sanitario del cantón Quijos. 22
Figura 5. Área de clasificación y trituración de residuos sólidos inorgánicos (plástico, cartón y papel). 26
Figura 6. Área de lombricultura para producción de abono organico. 26
Figura 7. Organigrama de los actores para el proyecto teórico del Modelo sostenible de gestión de residuos sólidos por medio del reciclaje en el relleno sanitario del cantón Quijos provincia Napo..... 28
Figura 8. Matriz FODA consolidado que identifica debilidades y fortalezas del relleno sanitario, y oportunidades y amenazas del entorno. 29
Figura 9. Proceso de gestión de residuos sólidos del cantón Quijos. 30
Figura 10. Diagrama de flujo para producción de hormigón aliviando en el relleno sanitario del cantón Quijos. 32
Figura 11. Diagrama de bloques para producción de abono bocashi en el relleno sanitario del cantón Quijos. 34
Figura 12. Procesos en el modelo de gestión sostenible de residuos sólidos 36
Figura 13. Cantidad de materiales que ingresan al proceso de reciclaje, tratamiento biológico y disposición final. 37

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el país se generan aproximadamente 11,341 toneladas de residuos cada día, unas 4’139,512 toneladas/año, de las cuales el 61.4% corresponden orgánico, 11% plástico, 9.4% sobre papel y cartón, 2.6% vidrio, 2.2% chatarra y el 13.3% restante corresponde a otro tipo de residuos *(Castro, 2018).* En el cantón Quijos el valor de generación de residuos aproximado para el 2020 es de 14,265.16 tonelada/año, de las cuales el 40.32% corresponde orgánico, 19.35% plástico, 16.12% pañales, 12.92 % papel y cartón, 1.16% vidrio y el 10,13% latas, cueros, textiles y demás residuos. Actualmente los residuos no son aprovechados, generando impactos negativos en el relleno sanitario y limitando la vida útil de la celda.

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un modelo sostenible de manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos para disminuir los problemas ambientales del relleno sanitario del cantón Quijos y generar beneficios a la población, mediante su reutilización. La alternativa para lograr la disminución y el tratamiento de los residuos que llegan al relleno sanitario es la búsqueda bibliográfica metodológica para la transformación de estos en abono orgánico tipo bocashi y la elaboración de hormigón alivianado.

Para el aprovechamiento de los residuos sólidos inorgánicos (plásticos, papel, cartón, entre otros) proponemos la producción de hormigón alivianado, el cual usa agregados reciclados convirtiéndose en una alternativa de reutilización de estos materiales en la preparación de un nuevo concreto para la construcción de fácil elaboración *(Saldaña, 2014).* Mientras tanto para los residuos orgánicos se determinó un proceso de producción de abono orgánico bocashi, que se obtiene por un proceso de descomposición aeróbica parcial de residuos orgánicos, en condiciones monitoreables a través de una serie de pasos para la mezcla, formando así un material bastante estable y con la capacidad de fertilizar plantas y proporcionar nutrientes al suelo *(Restrepo & Hensel 2015)*.

1.1.Planteamiento del problema

El relleno sanitario del cantón Quijos cuenta con sistema de gestión de residuos sólidos urbanos que va desde la generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Pese a eso no dispone de un modelo sostenible de aprovechamiento de los residuos orgánicos e inorgánicos, y en su gran mayoría estos solo son separados y clasificados.

El problema de no contar con un modelo sostenible de reciclaje genera un aumento del volumen de residuos que ingresan a la celda, reduciendo la vida útil del relleno, incrementando el tiempo de degradación microbiana por inactivación lumínica, causada por los residuos no biodegradables, y la acumulación de gases nocivos como el dióxido de carbono y metano. Por razones antes mencionadas el reciclaje de residuos orgánicos mediante abono bocashi y de los inorgánicos a través de elaboración de hormigón alivianado, disminuyen los problemas ambientales dentro del relleno sanitario. Además de generar beneficios para la comunidad.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer un modelo sostenible de manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos mediante el reciclaje para disminuir los problemas ambientales del relleno sanitario del cantón Quijos y generar beneficios a la población.

1.2.2. Objetivos Específicos

Evaluar la situación actual del relleno sanitario del cantón Quijos respecto al tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

Establecer una técnica amigable con el ambiente para la utilización de materiales reciclados inorgánicos generados por el relleno sanitario para la elaboración de hormigón alivianado.

Conceptuar un método de producción de abono bocashi dentro del relleno sanitario como vía de reutilización de los residuos orgánicos.

1.3. Justificación

Actualmente el relleno sanitario del cantón Quijos no cuenta con un modelo de gestión sostenible para los residuos sólidos, generando problemas ambientales en las celdas de confinamiento de residuos urbanos. Si se aplicara un modelo de reutilización de los residuos sólidos se reducirían los problemas ambientales, se disminuiría el volumen de la disposición final alargando la vida útil del Relleno Sanitario. Y además se producirían beneficios a la ciudadanía.

Una solución para el aprovechamiento de los residuos inorgánicos reciclados es la elaboración de hormigón alivianado, dando una vida útil a los residuos. Este hormigón puede ser utilizado como material de construcción para diferentes actividades en beneficio de la comunidad.

Para el manejo de residuos sólidos orgánicos del relleno sanitario, se establecerán los pasos a seguir para la elaboración de abono bocashi, amparados en el Acuerdo Ministerial 131 (2010) que tiene como objeto: ¨Promover las buenas prácticas en entidades del sector público para apoyar a la reducción de la contaminación ambiental" (Art. 1). La producción de abono orgánico bocashi se establecerá dentro de las instalaciones del relleno sanitario y, a su vez podrá ser utilizado por los agricultores del sector.

El ingeniero Luis Maila técnico ambiental del GAD municipal Quijos, manifiesta que, al ser parte de esta investigación, esta quedara en los archivos da la institución para posteriormente ser implementado.

CAPÍTULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El 48% de los 221 gobiernos autónomos descentralizados (GADs) del país dispone de los desechos finales de sus ciudades en botaderos a cielo abierto, lo que genera afectación directa del suelo, paisaje, aire, salud y agua. La cifra representa a 115 municipios, de los cuales 68 están en la Costa, 28 en la Sierra y 9 en la Amazonía *(MAE, 2020)*.

El Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente, en abril del año 2010, crea el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos, con el objetivo primordial de impulsar la gestión de los residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible, con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos e impulsando la conservación de los ecosistemas, a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados *(PNGIDS, 2017*).

2.1.Relleno sanitario

Los rellenos sanitarios son obras de infraestructura que involucran métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, a través de un proceso que va desde el tratamiento y la compactación hasta la cubierta final de los residuos *(Semarnat , 2004)*. Por otra parte, la Organización Panamericana de la Salud y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente considera que es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública, tampoco perjudica al ambiente durante su operación, ni después de su clausura *(Rodríguez & Cordova, 2002)*.

Desde el ámbito económico, el relleno sanitario es la técnica que mejor se adapta a la región para disponer de manera sanitaria los desechos sólidos. El Ministerio del Ambiente de Ecuador lo define como: "Una técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los desechos y/o residuos sólidos; consiste en disponerlos en celdas debidamente acondicionadas para ello y en un área del menor tamaño posible, sin causar perjuicio al ambiente, especialmente por contaminación a cuerpos de agua, suelos, atmósfera y sin causar molestia o peligro a la salud y seguridad pública. Comprende el esparcimiento, acomodo y

compactación de los desechos y/o residuos, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, para luego cubrirlos con una capa de tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y efectuando el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores" *(Acuerdo Ministerial 028, 2015).*

2.1.1. Residuos sólidos del relleno sanitario del cantón Quijos

El sistema de manejo de los desechos sólidos en el cantón Quijos está bajo la administración de la Dirección de Planificación y Desarrollo Sustentable del Gobierno Local de Quijos, el cual tiene a cargo funciones de higiene ambiental que comprende la planificación y organización para la recolección, transporte y disposición final de los desechos generados en la jurisdicción.

El relleno sanitario del cantón Quijos, se ubica en el sector de Pituro en un área aproximada de dos hectáreas.; este relleno pretende receptar los residuos sólidos generados en el área de cobertura del sistema de recolección municipal y que abarca las parroquias relacionadas en la tabla 1.

Tabla 1. *Normativa local parroquias de la cobertura del servicio de recolección Municipal de residuos sólidos del cantón Quijos*

CANTÓN	PARROQUIA
QUIJOS	**Baeza**
	Borja
	Sumaco
	Papallacta
	Cuyuja
	Cosanga

Tomado de: "Estudio de impacto ambiental del proyecto de construcción del proyecto gestión integral de residuos sólidos del cantón Quijos. provincia de Napo". Quijos. ASAMTECH Consultora Hidráulica, Sanitaria y Ambiental Cía. Ltda., 2013.

2.1.2. Generación de Residuos Sólidos

La generación per cápita de los desechos sólidos producidos en Quijos (PPC) es de 0.62 Kg /hab./día para el área urbana y 0.42 Kg /hab./día para el área rural en el año 2012. Su proyección es la que se ofrece en la tabla 2.

Tabla 2. *Proyección de residuos sólidos en el Cantón Quijos*

Años	Población			Tasa per cápita		Generación de RSU (t/día)			Componentes		Generación de RSU (T/AÑO)			
	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL	TOTAL	ORG.	INOG.	URBANA	RURAL	TOTAL	ACUMULADO
2011	1585	5566	7151	0.610	0.420	0.97	2.34	3.30	1.06	2.25	352.84	853.26	1206.10	1206.10
2012	1627	5713	7340	0.616	0.424	1.00	2.42	3.43	1.10	2.33	365.81	884.63	1250.44	2456.54
2013	1670	5865	7535	0.622	0.428	1.04	2.51	3.55	1.14	2.42	379.26	917.16	1296.41	3752.95
2014	1714	6020	7734	0.628	0.433	1.08	2.61	3.68	1.18	2.50	393.20	950.88	1344.07	5097.02
2015	1759	6180	7939	0.635	0.437	1.12	2.70	3.82	1.22	2.60	407.66	985.83	1393.49	6490.51
2016	1806	6344	8150	0.641	0.441	1.16	2.80	3.96	1.27	2.69	422.64	1022.08	1444.72	7935.24
2017	1854	6512	8366	0.648	0.446	1.20	2.90	4.10	1.31	2.79	438.18	1059.65	1497.84	9433.07
2018	1903	6684	8587	0.654	0.450	1.24	3.01	4.25	1.36	2.89	454.29	1098.61	1552.90	10985.98
2019	1954	6861	8815	0.661	0.455	1.29	3.12	4.41	1.41	3.00	470.99	1139.00	1610.00	12595.97
2020	2005	7043	9049	0.667	0.459	1.34	3.24	4.57	1.46	3.11	488.31	1180.88	1669.19	14265.16
2021	2058	7230	9288	0.674	0.464	1.39	3.35	4.74	1.52	3.22	506.26	1224.29	1730.56	15995.72
2022	2113	7421	9534	0.681	0.469	1.44	3.48	4.92	1.57	3.34	524.87	1269.31	1794.18	17789.90
2023	2169	7618	9787	0.687	0.473	1.49	3.61	5.10	1.63	3.47	544.17	1315.97	1860.14	19650.04
2024	2226	7820	10046	0.694	0.478	1.55	3.74	5.28	1.69	3.59	564.18	1364.35	1928.53	21578.57
2025	2285	8027	10313	0.701	0.483	1.60	3.88	5.48	1.75	3.72	584.92	1414.51	1999.43	23578.01
2026	2346	8240	10586	0.708	0.488	1.66	4.02	5.68	1.82	3.86	606.42	1466.52	2072.94	25650.95
2027	2408	8458	10867	0.715	0.492	1.72	4.17	5.89	1.88	4.00	628.72	1520.43	2149.15	27800.10
2028	2472	8682	11154	0.722	0.497	1.79	4.32	6.10	1.95	4.15	651.83	1576.33	2228.17	30028.27
2029	2538	8913	11450	0.730	0.502	1.85	4.48	6.33	2.03	4.30	675.80	1634.29	2310.09	32338.36
2030	2605	9149	11753	0.737	0.507	1.92	4.64	6.56	2.10	4.46	700.65	1694.37	2395.02	34733.38
2031	2674	9391	12065	0.744	0.512	1.99	4.81	6.80	2.18	4.63	726.40	1756.67	2483.07	37216.45
2032	2745	9640	12385	0.752	0.518	2.06	4.99	7.05	2.26	4.80	753.11	1821.25	2574.36	39790.81
2033	2817	9895	12713	0.759	0.523	2.14	5.17	7.31	2.34	4.97	780.80	1888.21	2669.01	42459.81
2034	2892	10158	13050	0.767	0.528	2.22	5.36	7.58	2.43	5.16	809.51	1957.63	2767.13	45226.95
2035	2969	10427	13396	0.775	0.533	2.30	5.56	7.86	2.52	5.34	839.27	2029.60	2868.87	48095.81
2036	3047	10703	13751	0.782	0.539	2.38	5.76	8.15	2.61	5.54	870.12	2104.22	2974.34	51070.15

Tomado de: "Estudio y diseño definitivo del proyecto de residuos sólidos del cantón Quijos, provincia de Napo", Ing. Fanny Fernández Figueroa.

2.1.3. Cantidad de Residuos Sólidos Recolectados

En el cantón Quijos se recolectan alrededor de 3.30 ton/día, cantidad de residuos que son desalojados en el relleno sanitario. La cantidad total recolectada de basura diariamente

en la ciudad de es de 3300.00 kg/día que corresponde a los desechos de domicilios, mercados y barrido de calles, cuyo volumen es de 6.60 m3/día *(Figueroa, 2011).*

2.1.4. Composición de los Residuos Sólidos

En cuanto tiene que ver con la distribución porcentual de los componentes de los residuos sólidos en el cantón se tiene los datos de la tabla 3.

Tabla 3. *Composición Porcentual de los residuos sólidos en el cantón Quijos*

COMPONENTES	Cabecera Cantonal %	Parroquias Rurales %
Materia Orgánica	40.32	**24.14**
Papel	4.84	**3.45**
Cartón	8.08	**3.45**
Plásticos	19.35	**27.31**
Latas (excepto Aluminio)	6.45	**6.90**
Textiles	3.23	**17.5**
Caucho	0	**0**
Cuero	0	**0**
Vidrio	1.61	**3.45**
Pañales	16.12	**13.80**
TOTAL	100.00%	100.00%

Tomado de: "Estudio y diseño definitivo del proyecto de residuos sólidos del cantón Quijos, provincia de Napo", Ing. Fanny Fernández Figueroa.

2.2. Clasificación de los residuos sólidos

De acuerdo al Ministerio del Ambiente y Ministerio de Salud del Ecuador, los residuos y desechos generados, se clasifican en tres tipos, que se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4. *Clasificación de los Residuos y desechos.*

Tipo	Descripción
Desechos comunes	Son desechos no peligrosos que no representan riesgo para la salud humana, animal o el ambiente. No son susceptibles de aprovechamiento y valorización
Residuos aprovechables	Son residuos no peligrosos que son susceptibles de aprovechamiento o valorización.
Desechos sanitarios	Son desechos infecciosos que contienen patógenos y representan riesgo para la salud humana y el ambiente, es decir, son aquellos que cuentan con características de peligrosidad biológico-infecciosa.

Adaptado de: Acuerdo Ministerial 323 "Reglamento gestión desechos generados". Registro Oficial 450 de 20-mar.-2019, Ecuador.

Según el Acuerdo Ministerial 028 (2015) "*El generador de residuos sólidos no peligrosos está en la obligación de realizar la separación en la fuente, clasificando los*

mismos en función del Plan Integral de Gestión de Residuos, conforme lo establecido en la normativa ambiental aplicable" (Art. 66). Basado en la normativa vigente y la competencia en la gestión integral de los residuos sólidos, el GAD municipal del cantón Quijos expide en 2009 la Ordenanza regulatoria para el manejo integral de los residuos sólidos, clasificándolos como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. *Clasificación en la fuente de los residuos sólidos urbanos del cantón Quijos*

Tipo	Descripción
Residuos orgánicos o biodegradables	Se los identifica como tal a toda la basura que se descompone y está compuesta o integrada por residuos domésticos, de restaurantes, de mercados, de ferias, parques, jardines; así como aquellos residuos provenientes de elementos originalmente vivos, orgánicos y de uso doméstico, cuyos propietarios quieren deshacerse de su pertenencia, los que serán depositados en el recipiente color verde que distribuirá la Municipalidad.
Residuos inorgánicos, no biodegradables	Todos aquellos que no se descomponen tales como: vidrios, plásticos, metales, y otros de naturaleza semejante, que ya no sirven para realizar acciones de reciclaje, los que serán depositados en el recipiente color negro que distribuirá la Municipalidad
Residuos inorgánicos, reciclables	Todos aquellos que son reutilizables para obtener otros productos, tales como: botellas y envases de vidrio, envases plásticos, metales, chatarra, papel, cartón, y otros de naturaleza semejante, los que serán depositados en el recipiente color amarillo que distribuirá la Municipalidad.

Adaptado de: Ordenanza Regulatoria 080 "Para el manejo integral de los residuos sólidos,". Quijos, Registro Oficial de 03-dic.-2009, Ecuador.

2.3. Residuos sólidos orgánicos e inorgánicos

2.3.1. Residuos sólidos no peligrosos

Se los conoce como cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, que no presenta características de peligrosidad, resultantes del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no tiene valor para quien lo genera, pero que es susceptible de aprovechamiento y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado *(Acuerdo Ministerial 028, 2015).*

2.3.2. Residuos orgánicos

Son aquellos que pueden ser metabolizados por medios biológicos, cuya lista descriptiva pero no limitativa es: restos de comida, sin incluir lácteos, ni carne en general, restos de jardinería, hojas y ramas, madera fritas y verduras *(Ordenanza Metropolitana No. 0332, 2010)***.**

2.3.3. Residuos inorgánicos

Son aquellos residuos que no se descomponen o biodegradan, en ciertos casos estos residuos se descomponen muy lentamente; estos residuos son provenientes de minerales y productos sintéticos *(San Juan reciclados y demoliciones, 2016)***.**

2.4. Ecuador y el marco legal en gestión integral de residuos sólidos

La Constitución de la República, establece las competencias y jurisdicciones de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADs) sobre el manejo de los residuos sólidos, sobre la importancia del cuidado y protección del medio ambiente, el cual puede afectarse directamente por una deficiente gestión de los residuos, así también como la participación de la población en actividades que ayuden a reducir los impactos ambientales. Disponiendo la responsabilidad a los GAD Municipales de establecer normativas claras, concretas y completas sobre la temática, con el fin de garantizar un ambiente sano para la población de los cantones y parroquias bajo su jurisdicción *(Asamblea Constituyente, 2008)***.**

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD, ratifica la competencia exclusiva del manejo de residuos sólidos en los GAD Municipales, asimismo se establece el modelo de gestión que debe ser implementado, el cual beneficia la actividad pública, municipal o comunitaria. Por otro lado, se tiene a la Ley de Gestión Ambiental, la cual se observan los principios y directrices de la política ambiental, determinando las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los actores públicos y privados en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia *(Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)***.**

El Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Medio Ambiente TULSMA, nos indica las normas de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, estableciendo las políticas generales de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales.

Finalmente, los procesos de participación de las personas naturales o jurídicas en la gestión ambiental a través de los distintos mecanismos de participación social están amparados bajo la Ley de Participación Ciudadana *(Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)*.

2.5. Buenas Prácticas Ambientales

Son acciones orientadas en disminuir los impactos ambientales negativos, causados por las actividades y procesos de una institución. Los cuales deben ser un conjunto de medidas, recomendaciones útiles y didácticas para mejorar o cambiar el hábito de consumo de los recursos *(Fundación Promoción Social, 2017)*. Una de las cuales es el aprovechamiento de residuos no peligrosos que mediante acciones o procesos asociados al manejo integral de los residuos sólidos, se procura dar valor, a los desechos y/o residuos reincorporando a los materiales recuperados a un nuevo ciclo económico y productivo en forma eficiente, ya sea por medio de la reutilización, el reciclaje, el tratamiento térmico con fines de generación de energía y obtención de subproductos o por medio del compostaje en el caso de residuos orgánicos o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos *(Acuerdo Ministerial 028, 2015)*.

2.6. Manejo de Residuos

Actualmente la generación de residuos sólidos es uno de los principales causantes de la contaminación ambiental y junto con el crecimiento de la población ha ido aumentando en los últimos años. Dichos residuos causan contaminación al aire, agua y suelo, y necesitan de grandes espacios de terreno para que sean depositados, causando problemas a la sociedad y a la salud pública *(UPB, 2016)*.

Los Sistemas de Tratamientos de Residuos Sólidos buscan no solo dar disposición final a los residuos sino tener un modelo de gestión sostenible para el reciclaje, la reutilización y el aprovechamiento de los residuos inorgánicos (papel, cartón, plásticos, entre otros) y orgánicos, con el fin de reducir el volumen que ingresa a la celda de confinamiento, aumentando vida útil del relleno.

2.7. Formas de aprovechamiento de Residuos Inorgánicos

2.7.1. Reciclaje

El reciclaje es la actividad de recuperar los desechos sólidos al fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para nuevos productos, con lo que podemos lograr varios beneficios económicos, ecológicos y sociales *(Sandoval, 2013).* El reciclaje puede constar de varias etapas tales como procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización *(Acuerdo Ministerial 028, 2015).*

2.7.2. Incineración

La incineración es uno de los procesos térmicos que pueden aplicarse en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos para disminuir su cantidad y aprovechar la energía que contienen *(Salvador., 2016).*

2.7.3. Hormigón alivianado

El hormigón es el material resultante de la mezcla de cemento (u otro conglomerante) con áridos (grava, gravilla y arena) y agua. La mezcla de cemento con arena y agua se denomina mortero. El empleo de agregados reciclados en el concreto abre nuevas alternativas de reutilización de estos materiales en la preparación de un nuevo concreto en la construcción *(Saldaña, 2014).*

2.8. Formas de aprovechamiento de Residuos Orgánicos

2.8.1. Compost

Descomposición microbiana de materia orgánica rica en carbono y nitrógeno. Los microorganismos son responsables de las reacciones bioquímicas, el aire es un factor esencial. Mientras mayor oxigenación exista, el tiempo para la obtención del compost cada vez será menor *(Garro, 2016).*

2.8.2. Compostera

La compostera puede tener dos, tres, cuatro o más pilas, donde se coloca la materia orgánica restante de lugares donde se manipula este tipo de materia. Habitualmente cada pila tiene un metro de alto por un metro de ancho y de dos a tres metros de largo. Se puede realizar de materiales metálicos, madera, plástico, concreto, etc. Lo fundamental para el correcto funcionamiento es la ubicación de la compostera, la cual debe estar protegida del sol y del

viento, garantizando un correcto manejo de los residuos orgánicos a tratar y así obtener un mayor beneficio de la misma *(Goyes & Aguirre, 2015)***.**

2.8.3. Lombricultura

Es un preparado orgánico de actividad anaerobia de la flora intestinal de las lombrices sobre residuos vegetales, animales y lodos, para la formación de un abono enriquecido con microorganismos. El proceso tiene una duración entre 70 a 90 días *(Gomez & Tovar, 2008)***.**

2.8.4. Bocashi

Abono orgánico fermentado, mediante un proceso de semidescomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos existentes en los mismos residuos. La materia se descompone lentamente, además de fertilizar y dar nutrientes a plantas y suelos *(Ramos Agüero & Terry Alfonso, 2014)***.**

2.8.5. Abonos verdes

Plantas con gran capacidad de adaptación a diversos suelos y climas, su sistema de rápido crecimiento y alta producción de material vegetativo ayuda a la protección y recuperación del suelo, principalmente se utilizan plantas de la familia de las leguminosas, que forman nódulos en su raíz, además de aportar nitrógeno a las plantas *(Kondo, 2016)***.**

2.8.6. Humus

Abono orgánico producto de la actividad de las lombrices rojas californianas, sobre la materia orgánica, tiene características de color café oscuro, granulado, uniforme e inodoro *(Briceño & Pérez, 2017)***.**

2.9. Métodos de producción hormigón aliviando

2.9.1. Hormigón con agregado de fibras de plástico reciclado tipo PET

El tereftalato de polietileno (comúnmente conocido como PET) que se usa en los envases de bebidas desechables se combina con cemento Portland como aglutinante, utilizando aditivos químicos que pueden mejorar la adhesión de las partículas de plástico al cemento. Dado que cada ladrillo está hecho de 20 botellas desechables, la presente invención puede reutilizar una gran cantidad de plástico. El proceso se lleva a cabo pulverizando plástico con un molino, luego el cemento Portland y los aditivos se mezclan en una hormigonera ordinaria, que luego se coloca en una máquina de bloques manual para formar

ladrillos. El proceso es muy sencillo, porque es como hacer bloques de cemento y arena, solo la arena se reemplaza por partículas de plástico PET, la metodología de investigación de este proceso se indica en la figura 1 *(Ávila, 2019).*



Figura 1. Propuesta metodológica para producir hormigón con agregado de fibras de plástico reciclado tipo PET.

Tomado de: "Propuesta de un panel prefabricado no portante de micro-hormigón con agregado de fibras de plástico reciclado tipo pet", H. Ávila, 2019. Recuperado de https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3039.

Ávila (2019), desarrollo un método cuantitativo (experiencia-análisis), que permitirá el análisis y verificación de la información y los datos. Por tal motivo, el siguiente método es un plan de trabajo se dividen en cuatro etapas, las cuales están lógicamente relacionadas con el propósito de lograr la meta.

- En la primera etapa, se revisará la investigación relacionada con el plástico PET, la aplicación en la construcción, también analizará las investigaciones realizadas en los últimos 5 años para utilizar fibra de plástica PET como material de refuerzo de hormigón, para comprender sus propiedades físicas y mecánicas.
- En la segunda etapa se obtendrá y determinará el tamaño de la fibra de plástico. A continuación, se aplica PET reciclado al micro hormigón para obtener la mejor y más factible mezcla y luego realice pruebas mecánicas. Los resultados que obtendrán serán verificados mediante revisión bibliográfica.

- En la tercera etapa correspondiente al diseño y desarrollo del panel, se realizarán los preparativos de acuerdo a lo siguiente: La mejor mezcla con un mayor porcentaje de fibra PET, que se obtendrá en los estudios de dosificación y mezclas realizados en la segunda etapa, seguido de realizar las pruebas mecánicas correspondientes para obtener datos específicos del panel sugeridos y comparar con otros paneles.
- En la cuarta etapa, se compararán los resultados por primera vez con los resultados obtenidos del estado del arte, finalmente, la comparación del panel propuesto con paneles de fibrocemento, micro hormigón y yeso de cartón, para determinar según sus puntos fuertes y débiles en base a sus especificaciones técnicas.

2.9.2. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante

El uso de hormigón a partir de materiales reciclados optimizará y reducirá en gran medida los recursos en el proceso de fabricación de los componentes, en este sentido, este estudio evaluó la viabilidad técnica de utilizar residuos de neumáticos como material para la preparación del hormigón. Los materiales de desecho pueden reemplazar parcialmente los agregados en el concreto *(Farfán, 2018).*

El hormigón hecho a partir de materiales reciclados puede proporcionar alternativas en el proceso de optimización y reducir significativamente los recursos durante su uso de fabricación de los componentes. El hormigón modificado con plastificante de 210 kg / cm², se evaluó la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, usado durante 7 días, 14 días y 28 días, en su composición se utiliza 5%, 10% y 15% de caucho reciclado. Se Incluye tres grupos experimentales, plastificante y caucho reciclado y dos grupos de control, con y sin aditivos plastificantes. La resistencia a la compresión alcanza el máximo de 218,45 Kg / cm2 y 212,33 Kg / cm2 al 5% cada uno es de caucho al 10%. Para la resistencia a la flexión, para caucho al 10%, el valor máximo es 81,86 Kg / cm2 *(Farfán, 2018)*.

El caucho reciclado demostró ser muy útil, aunque la resistencia mecánica se reduce, todavía se puede usar como un excelente agregado en mezclas de concreto, pero la adición de aditivos plastificantes puede mejorar la viabilidad de mezclarlo con hormigón es de hasta un 10%. Analizando la varianza con una significancia del 5%. Dando a notar que en la producción de hormigón modificado con aditivos plastificantes, el porcentaje de caucho

reciclado tiene un impacto importante en la resistencia a la compresión y a la flexión *(Farfán, 2018).*

2.9.3. Panel prefabricado de hormigón aliviano a base de papel periódico y cartón reciclado

Para fabricar paneles prefabricados a partir de materiales reciclados, se debe refinar la mezcla de concreto aligerado y triturar el cartón y el papel antes de su uso en la mezcla final para brindar una mayor adherencia, además se pueden utilizar aditivos plastificantes acelerados. El hormigón tiene las siguientes características: proporcionar resistencia inicial y final al hormigón, aumentar la trabajabilidad de la mezcla, uso rápido del proyecto, un rápido desencofrado y también mejorar en gran medida el acabado del prefabricado. En la producción de los paneles se utiliza un 2% de aditivos a base de cemento *(Prieto, 2014)*.

En este método se investigó los materiales desechados como: caucho, plástico, vidrio, papel, cartón, elementos orgánicos (arroz, paja, entre otros). Analizando los distintos materiales, los de mayor reciclaje es el cartón, papel y plásticos, la empresa ODEBRECHT en Ecuador promovió el análisis de la resistencia del cartón y papel en la producción de panel de hormigón prefabricados como se indica en la figura 2.

PROYECTO PARA CONCURSO ODEBRECHT -ECUADOR									
RESUMEN DE RESISTENCIAS 7 DIAS - 14 DIAS - 28 DIAS									
N° PRUEBA	DOSIFICACIÓN				RELACION a/c	ADITIVO(%) Plastocrete	f'c 7 días (kg/cm2)	f'c 14 días (kg/cm2)	f'c 28 días (kg/cm2)
	CEMENTO	ARENA	CARTÓN	PAPEL					
1	1	2	0.05	0.05	0.7	2	84.21	86.00	125.35
2	1	3	0.05	0.05	0.7	2	88.24	98.70	119.96
3	1	4	0.05	0.05	0.7	2	42.58	46.43	57.49
4	1	2	0.05	0.05	0.7	1	80.56	85.30	97.07
5	1	3	0.025	0.025	0.65	0	16.65	59.00	76.05
6	1	2	0.05	0.05	0.9	2	71.96	113.19	121.90
7	1	2.75	0.05	0.05	0.9	2	67.91	75.80	107.60
8	1	2.50	0.05	0.05	0.9	1	63.58	90.15	97.02
9	1	3	0.05	0.05	0.9	2	59.11	90.81	120.24
10	1	4	0.05	0.05	0.9	2	61.58	73.67	84.24
11	1	3	0.075	0.075	0.9	2	62.33	116.34	119.01
12	1	2	0.1	0.1	0.9	2	35.33	90.86	114.70

Figura 2. Resumen de resistencia a los 7, 14 y 28 días en paneles de hormigón prefabricados con papel y cartón.

Tomado de: " Panel prefabricado de hormigón aliviano a base de papel periódico y cartón reciclado", S. Prieto, 2014.

Para la preparación del panel se deben realizar los siguientes pasos, tal y como se describe en la norma NTE INEN 488 2009:

- Pese cada material seleccionado según la cantidad requerida para la medición: Cemento, arena fina, aditivos, agua, cartón, papel periódico.
- Verter agua en la mezcladora, luego se debe agregar cemento, luego coloque arena, seguido por el plastificante-acelerador, finalmente agregue el cartón y el papel periódico, y mezcle por un minuto y medio.
- Una vez obtenida la mezcla se realiza el panel, y se debe verter primero la primera capa de 2,50 cm de espesor, luego distribuir y compactar con ayuda de herramientas manuales,
- Luego se coloca una rejilla hexagonal de 1, Luego rellena el molde con el resto de la mezcla de la misma forma que la primera capa, compacta y distribuye por todo el molde para alisar el panel.
- El panel debe retirarse del molde dentro de las 48 horas posteriores a la fabricación.

Se usa el machihembrado como sistema de ensamblaje, el cual consta de dos partes, una es la parte macho y la otra es la parte hembra, que cuando se combinan forman un sistema de montaje adecuado para este tipo de panel. El ancho es de 2,5 cm x 2,5 cm, al igual que el elemento que pertenece al macho. En cuanto al espesor del panel, debido a requerimientos estructurales, el espesor del panel es de 5 cm y para que sea operación manual la longitud y altura del panel varían de 0.30 m a 1.20 m, dependiendo de los requerimientos del diseño de la edificación a partir de la modulación, puede incluso cambiar la dirección del elemento *(Prieto, 2014).*

2.10. Métodos de elaboración de bocashi

El Bocashi ha sido utilizado como fertilizante orgánico por agricultores de la cultura japonesa durante varios años. Bocashi significa "materia orgánica fermentada" en japonés. El producto se descompone en un proceso que requiere oxígeno y contiene residuos de origen animal y vegetal. Su uso activo aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, también contribuye a las propiedades físicas del suelo y mejora el contenido de nutrientes de las plantas *(Shintani et al, 2000).* La producción de este abono es un producto que utiliza

residuos orgánicos caseros domésticos, agrícolas, de podas, entre otros. Por lo que se puede cambiar de acuerdo con las materias primas disponibles localmente *(Maqque, 2018).*

2.10.1. Elaboración de bocashi

Los métodos utilizados para la elaboración del bocashi no solo difieren en sus composiciones observadas en la tabla 6, sino también en sus tiempos de maduración. Tardando de entre 7 *(CET, 2016), 15 (Restrepo & Hensel, 2015),* 18 *(FAO, 2011a)* y 21 días *(FAO, 2011b)*(, dependiendo del método y materiales utilizados, a pesar de estas diferencia existen similitudes importantes.

Tabla 6. *Características físicas del bocashi*

Materia seca (%)	68.9
Humedad (%)	**31.0**
Porosidad (%)	**70.0**
Densidad aparente (g.cm $^{-3}$)	**0.46**
Capacidad de retención de agua (%)	**67.9**

Adaptado de: "Caracterización física y química de bokashi y lombricompost y su evaluación agronómica en plantas de maíz", Silva et al. 2014.

El proceso implica en colocar, bajo techo, los materiales sólidos en capas (como salvado, cáscara de arroz o cultivo residuos, suelo, estiércol, carbón vegetal, afrecho de arroz, fosfato harina de roca o ceniza) que se encuentran en la tabla 7 y luego mezclarlos en una pila. Luego añadimos una fuente de carbono de fácil asimilación (como melaza, miel o azúcar), se disuelven en agua junto con las fuentes microbianas y luego se aplican a una pila de materiales.

Tabla 7. *Ingredientes del método original de bocashi y sus alternativas*

Original	Aporte
Estiércol animal (gallinas ponedoras, bovinos, porcinos, caprinos y / o equinos)	Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, cobre y boro
Carbón triturado (carbón cisco)	Ayuda a la actividad macro y microbiológica del del abono y tierra.
Pulido, sémola, afrecho o salvado de arroz, puede ser sustituido pro concentrado de cerdos de engorde,	Favorece la fermentación, aporta nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.
Cáscaras de arroz o café, paja, abonos verdes o residuos de cultivos de pequeño tamaño granos básicos u hortalizas	Principal fuente de sílice, además de aportar potasio, fósforo y regular la acidez
Cal dolomita, cal agrícola, ceniza o harina de roca	Regula el nivel de acidez en todo el proceso de fermentación del abono
Melaza, miel de caña de azúcar o su jugo.	Fuente de energía para los microrganismos
Levadura de pan	Producen sustancias bioactivas tales como hormonas y enzimas que promueven la división celular y el crecimiento radicular
Suelo tamizado (preferiblemente arcilloso)	Del volumen total, representa un tercio del abono, su función es homogeneizar y distribuir físicamente el agua, promover el desarrollo de la actividad microbiana
Agua (solo en el momento de la preparación), que también puede enriquecerse con enmienda	Provee la humedad necesaria para el desarrollo y reproducción microbiológica

Adaptado de: "El A, B, C de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra. Manual práctico", *Restrepo & Hensel, 2015 y "*Elaboración de abono orgánico como resultado de una adecuada gestión ambiental de los residuos generados en la planta productora y procesadora de aves y cerdos de Avícola Férnadez S.A.", Morán & Naranjo, 2015.

Finalmente, cuando todos los materiales estén mezclados, ajuste el contenido de agua al 35-40% y cubra la pila con plástico, material vegetal o sacos (*CET, 2016; Restrepo & Hensel, 2015*). En este momento, la temperatura debe controlarse con un termómetro para evitar que la temperatura suba por encima de los 70 ° C. Para hacer esto, primero se debe girar la batería varias veces. Todos los días, este requisito disminuye con el tiempo. *(Restrepo & Hensel, 2015).* Por lo tanto, el proceso es similar al compostaje, excepto que el inóculo microbiano se agrega a la materia prima para reducir el tiempo de procesamiento *(Singh et al., 2012)*. Se han realizado otros estudios para la preparación de bocashi en condiciones

anaeróbicas, involucrando el uso de recipientes herméticos obteniendo así además del abono, un líquido conocido como biol *(Ortega, 2012).*

A partir de estos estudios podemos identificar un bocashi solido elaborado en condiciones aerobias y otro bocashi liquido de forma anaerobia, pero similares en el uso de las materias que se incorporan en la mezcla *(Maqque, 2018).* La composición química del bocashi sólido y liquido lo podemos observar en la siguiente tabla 8.

Tabla 8. *Composición química del bocashi sólido y líquido*.

	Bocashi sólido	**Bocashi líquido**
Nitrógeno	1.23%	37ppm
Fosforo	2.98%	31ppm
Potasio	1.05%	36Meq/l
Calcio	9.45%	50Meq/l
Magnesio	0.62%	52Meq/l
Zinc	274ppm	855ppm
Boro	5.34ppm	99ppm
Cobre	234ppm	1085ppm
Hierro	11975ppm	13ppm
Manganeso	345ppm	5ppm
Sodio	0.062%	_
Azufre	591.3%	_
Carbono	12.4%	_
Humedad	33.56%	_
Relación C/N	10.1	_
Materia Orgánica	21.33ppm	38%
Ph	_	4.7

Adaptado de: "Elaboración del bokashi sólido y líquido", Ortega, 2012.

2.10.2. Proporción de mezcla de los materiales en diferentes clases de bocashi

Mediante la revisión de sostenibilidad agrícola realizado por Madelaine Quiroz y Cecilia Céspedes (2018), quienes se basaron en el estudio de caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánica de Aridio Pérez, Carlos Céspedes y Pedro Núñez (2008), podemos determinar la proporción de mezclas de materiales más comunes utilizadas para la producción de este abono orgánico.

- *Clase "BPP":* 658 kg cascarilla de arroz carbonizada al horno, 658 kg de gallinaza, 23 kg de melaza y afrecho de arroz y 23 kg de tierra de bosque.
- *Clase "BPJ"*: 1316 kg de gallinaza, 1316 kg de pulpa de café, 100 kg tierra de bosque y una proporción menor a 50 kg de residuos vegetales.
- *Clase "BAA":* 1818 kg de gallinaza, 1818 kg estiércol vacuno, 364 kg cascarilla de arroz quemada, 227 kg cascarilla de arroz sin procesar, 227 kg pedúnculo del racimo de banano picado, 227 kg afrecho de arroz, 9 kg de materiales inoculados con microorganismos eficientes, 30 L de melaza y 200 L de agua.
- *Clase "BJJ":* 1818 kg de gallinaza, 1818 kg de estiércol vacuno 545 kg ceniza de cascarilla de arroz, 275 kg suelo de bosque, 91 kg afrecho de arroz, 2.3 kg de levadura, 95 L de melaza y 200 L de agua.
- *Clase "BBO":* 1818 kg gallinaza, 909 kg estiércol bovino, 682 kg de estiércol ovino o de cabra, 445 kg ceniza de cascarilla de arroz, 227 kg aserrín de madera, 445 kg afrecho de arroz, 2.3 kg levadura, 95 L de melaza, y 190 L de suero de leche.
- *Clase "BVT":* 1600 kg de gallinaza, 1600 kg de estiércol vacuno, 1000 kg ceniza de cascarilla de arroz, 275 kg tierra de bosque, 91 kg afrecho de arroz, 2.3 kg de levadura, 95 L de melaza y 200 L de agua.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El cantón Quijos se encuentra en la región Amazónica provincia de Napo, está dentro del Flanco Oriental de la Cordillera de los Andes y el sector del Alto Oriente. Sus límites son: al norte con el cantón El Chaco, al este con el cantón Loreto en la provincia de Orellana, al sur con el cantón Archidona y al oeste con el Distrito Metropolitano de Quito. Cuenta con una superficie de 1589 Km^2 y su altitud oscila entre los 5758 msnm en las cumbres del volcán Antisana y los 1200 msnm en la llanura amazónica.

El relleno sanitario está ubicado en el sector Pituro con una altitud de 1700 msnm, a 5 km de la ciudad de Baeza vía Tena, con coordenadas 182277 E, 9950244 N. Que se indica en la figura 3, es una zona con un clima Tropical Mega Térmico Húmedo, con precipitaciones de entre los 3000 – 4000 mm y su temperatura habitual es de 18 – 20 ºC, comprende dos hectáreas de terreno delimitadas en el mapa elaborado por el GAD municipal de Quijos como se aprecia en la figura 4.



Figura 3. Sitio de ubicación del relleno sanitario del canto Quijos.

Tomado de: "Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Construcción del Proyecto Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón Quijos. Provincia de Napo". Quijos. ASAMTECH Consultora Hidráulica, Sanitaria y Ambiental Cia. Ltda, 2013.



Figura 4. Área del relleno sanitario del cantón Quijos.

Tomado de: GAD municipal de Quijos, Dirección de Gestión Ambiental. Técnico Luis Maila.

3.2. Tipo de investigación

El presente proyecto es una investigación de tipo documental, basada en la revisión bibliográfica.

3.2.1. Documental

Se revisó la literatura bibliográfica sobre el aprovechamiento de residuos sólidos, centrándose en dos métodos de reciclaje. El primero fue la utilización de residuos plásticos, papel o cartón para hacer hormigón alivianado, y el segundo es utilizar residuos orgánicos para producir abono bocashi. Además de la información que proporcionó el Técnico de Gestión Ambiental Ing. Luis Maila del GAD municipal de Quijos.

3.2.2. Exploratoria

Se realizó una investigación "*in situ*", con el apoyo del Técnico de Gestión Ambiental Ing. Luis Maila del GAD municipal de Quijos.

3.2.3. Descriptiva

En esta investigación se procedió a describir el estado en el que se encuentra el área de estudio, y la forma cómo gestionan los residuos sólidos que llegan al relleno.

3.3. Métodos de investigación

Para reconocer y caracterizar la zona de estudio, se utilizó el método bibliográfico, con el propósito de conocer y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre el problema, basándose en documentos, libros y otras publicaciones.

Observación indirecta mediante fotografías, videos y documentación digital para la obtención de datos importantes con el fin de determinar las condiciones actuales en la que se desarrolla el relleno sanitario del cantón Quijos. Cabe mencionar que estos datos fueron tomados por el Técnico de Gestión Ambiental del GAD municipal Quijos para así evitar los riegos a la salud que ha generado la pandemia del COVID 19.

3.3.1. Diagnóstico actual

Se evaluó la situación actual del relleno sanitario del cantón Quijos respecto al tratamiento de los residuos sólidos urbanos, se enfocó la atención, en primer lugar, en el uso y destino de los residuos orgánicos y se analizó las posibles alternativas bibliográficas de procesamiento y uso de dichos residuos. De la misma manera, para los residuos de plástico, cartón y papel, principalmente, se realizó una valoración de su tratamiento actual y sus posibilidades de reutilización, ajustadas a las indicaciones del Técnico de Gestión Ambiental.

3.3.2. Organigrama de los actores para el proyecto teórico del modelo de gestión sostenible

Se diseñó un organigrama con fotografías de los autores, tutor y colaborador para la elaboración de este proyecto.

3.3.3. Análisis FODA del relleno sanitario

Este permitió establecer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas obteniendo un diagnostico sistemático del entorno del relleno sanitario. Esta matriz se puede desarrollar por componente o aspecto ambiental, por áreas o servicios, o también a nivel general para toda la institución.

3.3.4. Diagrama de bloques de los procesos del sistema gestión de residuos

Con las fotografías y datos brindados por el Ing. Luis Maila se elaboró un diagrama de bloques de los procesos del sistema de gestión de residuos sólidos y se describió cada etapa del proceso.

3.3.5. Métodos de reciclaje y aprovechamiento

Se estableció una técnica que sea ambientalmente amigable y permitiendo la utilización de los materiales reciclados inorgánicos, como plástico, cartón y papel, disponibles en el relleno sanitario se estudió alternativas de elaboración de hormigón alivianado, ya que el empleo de agregados reciclados en el concreto abre nuevas alternativas de reutilización de estos residuos en la preparación de un material para la construcción.

Sabiendo que el mayor porcentaje de composición en los residuos sólidos le pertenece a la materia orgánica, fue esencial buscar información para la conceptualización de un método de producción de abono bocashi dentro del relleno sanitario como vía de reutilización.

3.3.6. Modelo de procesos de gestión sostenible de residuos sólidos y cantidad de materiales que ingresan a los procesos.

Se elaboró un gráfico de los procesos que se incorporan dentro del relleno sanitario a través del modelo sostenible para la gestión de los residuos sólidos. Además un gráfico de la cantidad de materia que ingresan a los procesos del modelo, para esto se usó la información provista por el Ing. Luis Maila técnico de gestión ambiental del GAD Quijos sobre la cantidad y calidad de los residuos que ingresan diariamente al relleno.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados obtenidos al analizar la situación actual del relleno sanitario del cantón Quijos con la información otorgada por el Ing. Luis Maila. También se investigó los métodos de reciclaje de residuos, centrándose en el proceso de hormigón alivianado y el abono bocashi. El análisis se realizó a través de una búsqueda bibliográfica basada en la revisión de diversas fuentes de información, que van desde artículos científicos, libros de texto, pdf´s y videos sobre temas relacionados con un modelo sostenible de aprovechamiento de residuos.

4.1. Análisis de los resultados de la situación actual del relleno sanitario del cantón Quijos

El sistema de manejo de residuos sólidos del cantón Quijos es administrado por la Dirección de Planificación y Desarrollo Sustentable del Gobierno Local de Quijos, que tiene a su cargo las funciones de saneamiento ambiental, incluyendo la recolección, planificación y organización del transporte, y la disposición final de los residuos generados en esta jurisdicción.

El relleno sanitario actualmente se encuentra en operación durante 4 años, en este tiempo ya está al 50% de su capacidad de la celda de disposición final reduciendo la vida útil proyectada del mismo. Durante este tiempo ya cuenta con dos auditorías de gestión ambiental aprobadas y están el proceso de una tercera para continuar con su operación, las cuales remarcan el buen funcionamiento del sistema de gestión de residuos (no emisión de malos olores y no presencia de vectores).

En el estudio de impacto ambiental previo a la construcción del relleno sanitario se había establecido áreas para la clasificación y el aprovechamiento de los residuos, una de ellas era para la trituración de residuos como plástico, papel y cartón, y la otra para la producción de abono orgánico mediante la lombricultura. Pese a esto el área de trituración se encuentra abandonada y la triturado no ha tenido un mantenimiento óptimo por lo cual está en funcionamiento, mientras el área de lombricultura se encuentra ocupada como zona de almacenamiento de residuos hospitalarios y vidrios previa a su confinamiento como se aprecia en la figura 5 y 6. Esto se originó por la falta de personal, desinterés de las autoridades municipales y la ciudadanía en temas de gestión de residuos

sólidos y por la crisis económica en la que se encuentra el país por la pandemia mundial del Covid 19.



Figura 5. Área de clasificación y trituración de residuos sólidos inorgánicos (plástico, cartón y papel).

Fuente: Ing. Luis Maila técnico de Gestión Ambiental del GAD municipal Quijos.



Figura 6. Área de lombricultura para producción de abono organico.

Fuente: Ing. Luis Maila técnico de Gestión Ambiental del GAD municipal Quijos.

En la actualidad la acumulación de residuos afecta en general a todas las actividades, personas y espacios convirtiéndose en un problema de recursos abandonados, por medio de la utilización de material reciclado se prevé beneficie al relleno sanitario, evitando la aglomeración de material desechado, así como la reducción de contaminación, a la vez favoreciendo a la salud del ambiente y cada uno de los habitantes del cantón Quijos.

El PNGIDS (2017), desarrolla su gestión en dos áreas temáticas, la primera son los modelos de gestión integral de desechos sólidos que busca estandarizar el modelo de gestión de residuos de acuerdo a las características ecológicas y sociales de cada cantón, por lo que el país se ha dividido en cuatro módulos (grande, mediano, pequeño y micro-cantones). En cada cantón se debe trabajar para consolidar y fortalecer los distintos procesos con la implantación de modelos de gestión integral; se potenciará la gestión de los servicios de limpieza para garantizar el cuidado y protección del medio ambiente y la segunda es la agregación de valor teniendo como objetivo impulsar el proceso de valorización de los residuos sólidos urbanos generados en el país al implementar un proceso de clasificación en origen y separación mecánica en una estación de transferencia con el propósito de fortalecer la recolección de residuos sólidos reciclables con potencial de reciclaje comercial.

4.2. Resultado del organigrama

Para la realización del proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental, los autores tuvieron una reunión previa al planteamiento del tema con el Ing. Luis Maila para establecer las necesidades que presenta el relleno sanitario y la población del cantón y junto con él establecer la idea a trabajar, además elaborar oficio de responsabilidad ente el Técnico del GAD Quijos y la Coordinadora de la carrera de Ingeniería Ambiental (Ver Apéndice) . Una vez establecidos los puntos a tratar se realizó una reunión con el Dr. Luis Bravo para formular el tema “Modelo sostenible de gestión de residuos sólidos por medio del reciclaje en el relleno sanitario del cantón Quijos provincia Napo” en base teórica.

Y es así como se establece el grupo de trabajo para este tema, según se observa en la figura 7, siendo Ing. Luis Maila quien proveyó la información del relleno sanitario y realizó la visita de campo al mismo, para así cumplir con la normativa de bioseguridad establecida para el Covid 19.

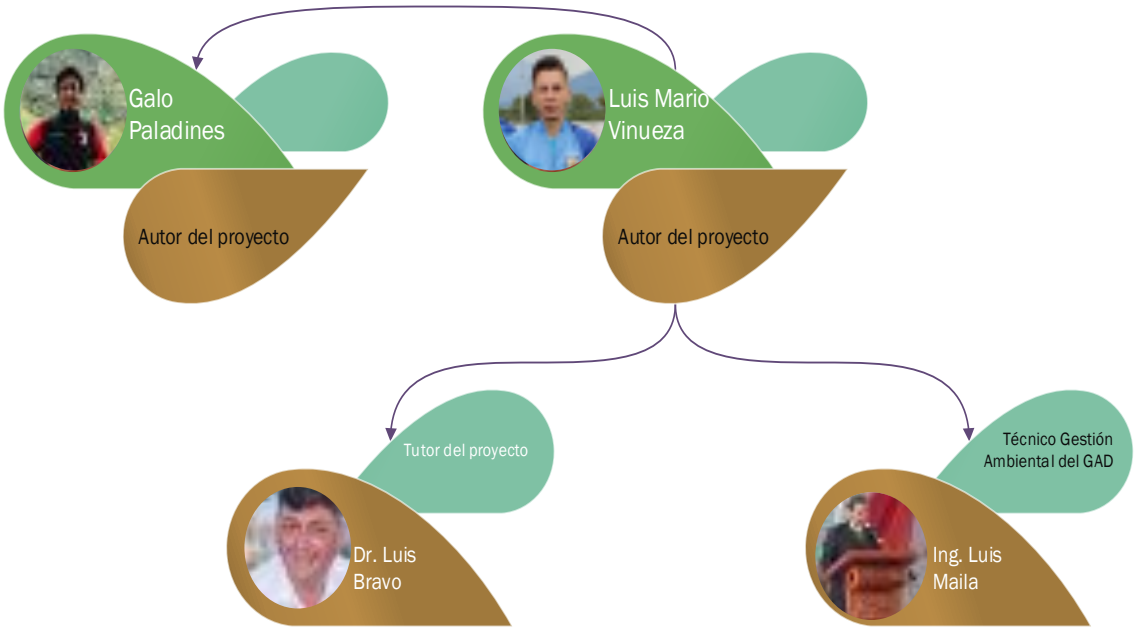


Figura 7. Organigrama de los actores para el proyecto teórico del Modelo sostenible de gestión de residuos sólidos por medio del reciclaje en el relleno sanitario del cantón Quijos provincia Napo

4.3.Resultado de la matriz FODA del entorno del relleno sanitario

En el relleno sanitario se estudió a las personas, la infraestructura y la actividad caracterizándolas y logrando unificarlas en una sola matriz como se indica en la figura 8 con la información otorgado por el técnico de gestión ambiental.



Figura 8. Matriz FODA consolidado que identifica debilidades y fortalezas del relleno sanitario, y oportunidades y amenazas del entorno.

Fuente: Ing. Luis Maila técnico de Gestión Ambiental del GAD municipal Quijos.

Analizada la matriz lo primero que se dio a notar es el correcto desempeño con el que se trabaja en cada una de los procesos dentro del relleno sanitario a pesar de las limitaciones que se presentan. Si bien tiene áreas abandonadas por falta de personal, no obstante, esta es una oportunidad para elaborar programas o planes para la rehabilitación

de las mismas y promover actividades que den un valor agregado a los residuos, mejoren el ambiente y beneficien a la comunidad.

Una vez detectadas las debilidades y amenazas del relleno se desarrolló la idea de implementar un modelo de gestión sostenible de los residuos orgánicos e inorgánicos mediante el método de producción de hormigón alivianado para los inorgánicos y el método de abono bocashi para los orgánicos, aprovechando las oportunidades presentadas en la matriz.

4.4. Análisis del diagrama de bloques de los procesos del sistema gestión de residuos

El sistema de gestión de residuos sólidos del cantón Quijos actualmente tiene las siguientes operaciones unitarias como se observa en la figura 9.

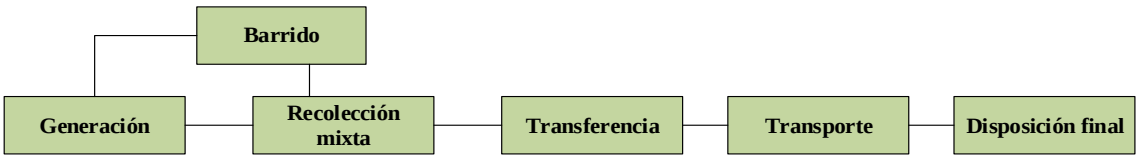


Figura 9. Proceso de gestión de residuos sólidos del cantón Quijos.

A continuación, se describe cada uno de las operaciones que ahí se realizan.

- **Generación y barrido**

  A partir de estudio de evaluación de impacto ambiental del GAD municipal Quijos, se determinó que la producción de basura en el cantón es de 3300.00 kg/día que corresponde a los residuos de domicilios, mercados y barrido de calles.

- **Recolección mixta**

  Esta se realiza casa por casa mediante un camión recolector y/o volqueta para luego ser depositada en el sitio habilitado por la municipalidad, los días de recolección son lunes, miércoles y viernes en los horarios establecidos para cada barrio.

- **Transferencia y transporte**

  La municipalidad cuenta con un camión recolector, tres volquetas y tractor pequeño, acoplados para trasladar los residuos sólidos urbanos desde la fuente al sitio de disposición final; cabe destacar que los residuos no son clasificados en la fuente.

- **Disposición final**

  Para esto se cuenta con un relleno sanitario que posee licencia ambiental para su operación, ubicado a 5km de la ciudad de Baeza, en donde los residuos al no ser clasificados van a parar directamente a la celda. Todo este proceso se realiza con maquinaria pesada (pala mecánica, camión de carga y rodillo).

Según Jiménez (2015), la gestión general de los residuos sólidos es una serie de actividades relacionadas con el ciclo de vida de los residuos, generalmente con cinco procesos que son: el residuo debe recogerse, trasladarse, valorizarse en tanto materia o energía, reciclarse y tratarse, para finalmente disponerse en algún sitio seguro. Mientras que para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la gestión de residuos sólidos en América Latina debe seguir los siguientes procedimientos: generación de residuos, recolección de residuos, tratamiento, reutilización y reciclaje, transporte de los residuos y disposición final.

Comparando con la gestión del GAD del cantón Quijos se evidenció la carencia de reutilización y reciclaje por lo que es esencial tener métodos que fomenten la recuperación de los materiales para tener un valor agregado.

4.5. Resultados de los métodos de reciclaje y aprovechamiento

Después de analizar la información bibliográfica de las características de los residuos a aprovecharse y de los métodos para cada proceso, se adaptó una técnica que se ajusta a las necesidades del relleno sanitario y ciudadanía.

La primera adaptación se hizo en la producción de hormigón alivianado con plásticos, papel o cartón disponible en el relleno sanitario, para esto se construyó un diagrama de procesos para la elaboración del mismo en la figura 10.

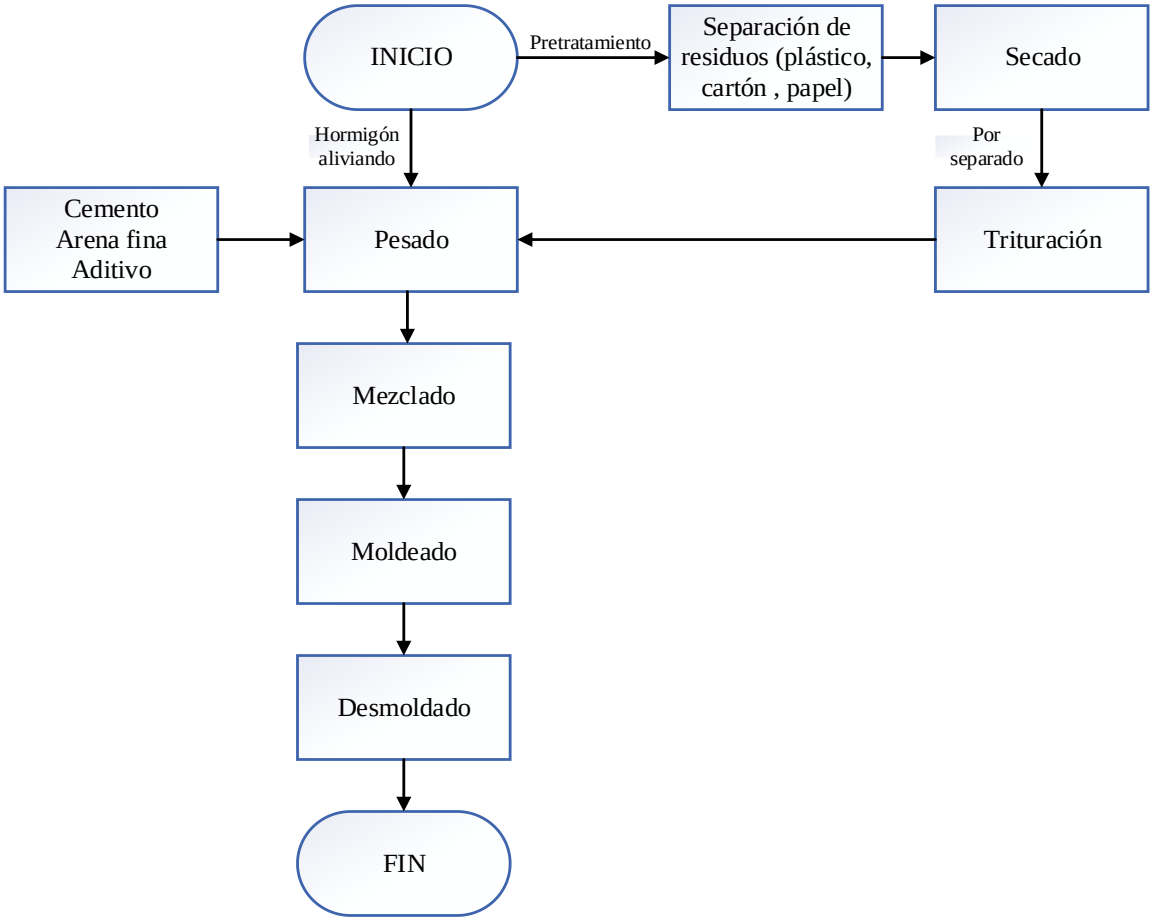


Figura 10. Diagrama de flujo para producción de hormigón aliviando en el relleno sanitario del cantón Quijos.

Se inicia con un pretratamiento de los residuos que incluyen los siguientes pasos:

1. Separación y clasificación de los residuos: se la debe realizar por estandarización de colores para el depósito y almacenamiento temporal, basado en la norma NTE INEN 2841 2014 con modificación, de acuerdo a la situación del lugar. En este caso particular se usará un tacho de color azul oscuro para plástico susceptible de aprovechamiento, envases multicapa, PET y un tacho azul claro para los demás plásticos, tacho gris para papel y tacho café para cartón.
2. Secado: se lo debe realizar por separado para cada material, se dispone de un área aireada con cubierta. Este proceso será de forma natural con volteos manuales por los operarios.
3. Trituración: igual que al secado, a la máquina ingresan los materiales por separado y se almacenan de la misma forma, esta no de ser tan prolija.

Una vez realizado el pretratamiento, se inicia con el proceso de elaboración del hormigón alivianado:

1. Pesar primeramente el material reciclado (plástico, papel, cartón) por separado, luego se realiza una regla de tres con base a la norma NTE INEN 488 2009, para así obtener las cantidades necesarias de cemento, arena fina, aditivo y agua.
2. En la mezcladora se procede a colocar el agua, se adiciona el cemento, posteriormente se coloca la arena seguido del aditivo plastificante – acelerante y finalmente se agrega el material reciclado a usar (plástico, papel, cartón) durante un minuto y medio.
3. Una vez obtenida la mezcla se procede a colocar en los moldes, estos pueden ser postes para la ganadería (cercado), paneles, entre otros usos de construcción.
4. Trascurridas 48 horas desde su fabricación se puede desmoldar y queda listo para su uso (se debe evaluar la calidad del material).

La utilización de residuos inorgánicos (plástico, cartón, papel) está tomando cada vez más fuerza en el país, empresas como TRITUBOT que elaboran bloques de hormigón de plástico reciclado en la ciudad de Quito *(REBOOT, 2013),* la Recicladora Barahona que fabrica diferentes tipos pallets, esquineros, bancas de parque, mesas, puertas, cercas hechas con plástico 100% reciclado en Guayaquil *(Madera plástica Barahona, 2006)* y RECYTRANS que a partir de papel reciclado elabora alfombras *(RECYTRANS, 2015).* Con estos antecedentes la producción de hormigón alivianado en el relleno sanitario es óptimo y factible para mejorar la calidad de vida de la población.

Después de darle utilidad a los residuos inorgánicos se trabajó en adaptar la producción de abono bocashi a partir de los residuos orgánicos en el siguiente proceso de la figura 11.

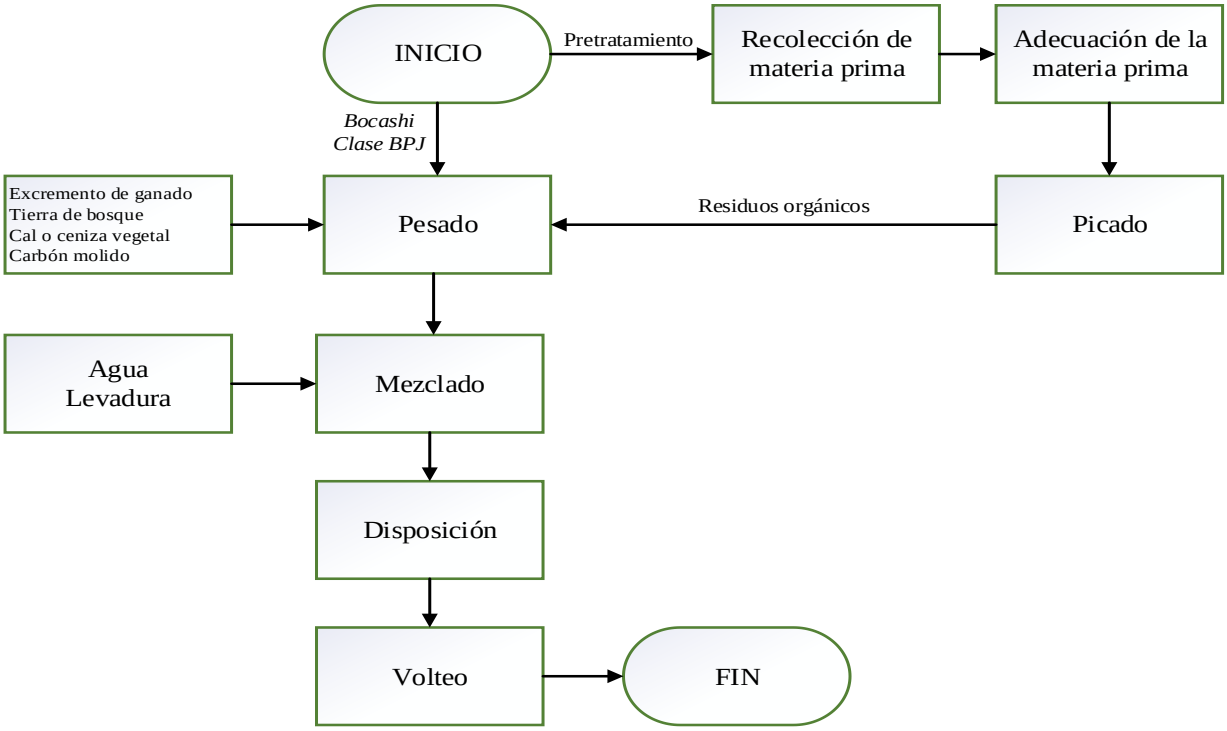


Figura 11. Diagrama de flujo para producción de abono bocashi en el relleno sanitario del cantón Quijos.

Igual que el método del hormigón, el bocashi inicia con un pretratamiento.

1. Para la recolección de la materia orgánica se la realiza de los residuos que llegan del día anterior, las excretas se obtendrán de las fincas aledañas al sector como la de la Sra. Martha Bolaños, el Sr. Luis Gutiérrez, Sr. Ramón Alquinga, entre otras.
2. Para la adecuación se utiliza el área establecida para la lombricultura dentro del relleno sanitario.
3. Se debe hacer el corte y picado de los materiales previamente reunidos de forma manual y siguiendo las normas establecidas en la guía de elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos del MAGAP 2014.

Ya pretratados los materiales se continúa con los siguientes pasos.

1. Para las cantidades óptimas para la producción se inicia pesando lo residuos orgánicos y siguiendo el modelo de abono BPJ y la guía del MAGAP se obtienen las cantidades requeridas para su elaboración. Generalmente existe una relación de los

residuos orgánicos en 1-20 con el excremento, 1-20 con tierra de bosque, 1-5 con el carbón molido y 1-0.3 de cal.

2. Se procede a mezclar los materiales en cualquier orden hasta obtener una textura uniforme, se añade la levadura en relación 1-0.02 entre los residuos orgánicos y finalmente se humedece (mantener humedad entre 60 y 65%).
3. Colocar en las aboneras la mezcla, verificando que no sobrepase los 50 cm de altura, cubrir con un plástico negro durante tres días, esto puede reducirse a un día si los niveles de temperatura permiten alcanzar los 70 grados Celsius.
4. Llegado a la temperatura óptima se deben voltear los materiales una vez en la mañana y otra en la tarde. Esto permite ajustar la temperatura máxima que no debe superar los 45 ° C. Para verificar la temperatura se puede utilizar un termómetro y en caso de no disponer se introduce un machete en el material durante 5 minutos, luego se saca y se palpa; si se aprecia excesivamente caliente, es necesario darle la vuelta inmediatamente, de lo contrario (demasiado frío), se debe colocar el material a una altura media de 70 cm para aumentar la temperatura. Aireando de dos o tres veces al día, se puede obtener compost maduro en 7 días, y después de 8 días ya está frío para almacenar.

Según Rico y Leguízamo (2019), la lombricultura y el compostaje resultan ser dos tecnologías de aprovechamiento bastante viables para los municipios, pero para su implementación se deben acortar los tiempos de degradación de dos meses a un mes evitando disminuir la calidad del abono (pp. 69), mientras que en el estudio realizado por Villagómez (2014), la elaboración de abono bocashi a partir de residuos de un camal estará maduro dentro de 12 a 15 días, constituyendo una alternativa viable para evitar la contaminación ambiental y a la vez obtener un abono orgánico de buena calidad (pp. 83-85). Por estas razones se tomó al abono bocashi tipo BPJ como el más viable para el relleno sanitario por su facilidad de producción, adaptabilidad de materia prima y tiempo de maduración.

4.6. Resultado del modelo de procesos de gestión sostenible de residuos sólidos y balance de materiales mediante el reciclaje.

Estudiado los métodos de reciclaje que se pueden implementar en el relleno sanitario se propone un modelo de gestión sostenible de los residuos sólidos mejorando el ambiente y generando beneficios. El gráfico que se observa en la figura 12 muestra el ciclo para este modelo.



Figura 12. Procesos en el modelo de gestión sostenible de residuos sólidos

El modelo actual de gestión de los residuos sólidos dentro del relleno solo contempla los procesos de la disposición final y el confinamiento, una vez determinados los métodos más adaptables para la capacidad del mismo, se propusieron los métodos de producción de hormigón aliviando y abono bocashi, con lo cual se incorporan dos procesos más al relleno. El primero: un tratamiento biológico para los residuos orgánicos y el segundo el reciclaje de materiales para los residuos inorgánicos aprovechables; sobre la base de estos estos dos procesos y sus métodos se obtiene el modelo sostenible de gestión de residuos sólidos mediante el reciclaje.

Además, se realizó un cálculo sobre las cantidades de residuos que irán a los dos nuevos procesos, basado en los porcentajes de composición de los residuos sólidos contenidos en el estudio de impacto ambiental citado en el marco teórico. Con eso se realizó

el balance de materia diaria que ingresaría en los procesos del modelo de gestión sostenible, como se observa en la figura 13.

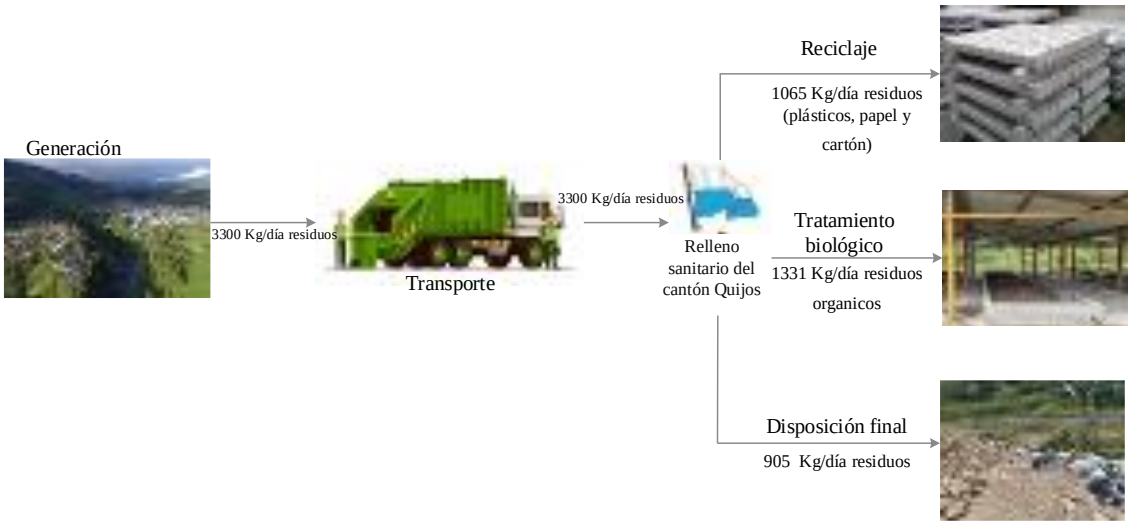


Figura 13. Cantidad de materiales que ingresan al proceso de reciclaje, tratamiento biológico y disposición final.

Como se conoce, la generación de residuos diarios en el cantón Quijos es de 3300 Kg/día que se generan de domicilios, mercados y barrido de calles, para ser trasportados al relleno sanitario. Sabiendo que el 32.27% corresponde a plástico, papel y cartón, se tiene que 1065 Kg/día van al reciclaje para la elaboración de hormigón aliviando, el 40.32% es materia orgánica, representando 1331 Kg/día, destinados a un tratamiento biológico para producción de abono bocashi y finalmente a la disposición final llegaría 816 Kg/día que representa el 27.41%, es decir, se tendrá una reducción del 72.59 % en la celda de disposición final.

Unchupaico (2012) afirma que para tener un modelo de gestión sostenible se deben considerar las siguientes etapas: generación y separación, recolección, transferencia o transporte, tratamiento o disposición final; entendiéndose que en estas etapas mencionadas debe considerarse; la reducción, reúso, reciclaje y recuperación (pp. 75). Riveros (2015), plantea que para los modelos de gestión de RSU se debe contar con infraestructura para valorizarlos, con lo cual se disminuirá la cantidad de residuos en vertederos y el gasto en la gestión (pp. 104); con estos antecedentes, el modelo propuesto en este trabajo se enfoca en

el aprovechamiento de las áreas destinadas a la valorización de los residuos y el reciclaje de los mismos, proporcionando un enfoque social, económico y ambiental.

Cuenca y Loja son dos ciudades pioneras en adaptar modelos de gestión integral con recuperación de residuos, según Haro (2015), aunque se cree que es más difícil implementar un modelo en grandes urbes; es factible realizar un cambio del modelo tradicional a un modelo de gestión innovador, ya que se cuenta con experiencia en el país (pp.127). Lo descrito en este proyecto permite evidenciar que la implementación de un modelo sostenible de reciclaje de los residuos en el cantón Quijos es viable, siempre y cuando se realice la parte práctica – experimental de los métodos planteados, y una vez evaluados los resultados prácticos sirve de prototipo para ser replicado en cantones o ciudades que presenten iguales condiciones y características semejantes al lugar estudiado.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al evaluar la situación actual del relleno sanitario del cantón Quijos respecto al tratamiento de los residuos sólidos urbanos, se constató que las áreas para el aprovechamiento, reciclaje y producción de abono se encuentran abandonadas u ocupadas por residuos hospitalarios y vidrios, originados por diferentes causas objetivas como: falta de personal y desinterés de las autoridades municipales y la ciudadanía en temas de gestión de residuos sólidos.

Para establecer una técnica amigable con el ambiente con vistas a la utilización de materiales reciclados inorgánicos generados por el relleno sanitario se propuso la elaboración de hormigón alivianado a través de postes prefabricados a base de papel, cartón y plásticos como agregados en la mezcla.

Para el método de producción de abono bocashi dentro del relleno sanitario como vía de reutilización de los residuos orgánicos se valoró el abono clase "BPJ" modificada para los materiales disponibles en el relleno sanitario, tales como estiércol de ganado, tierra de bosque, cal o ceniza vegetal, carbón molido y los residuos orgánicos que ingresan al relleno.

Con estos dos métodos de reciclaje y aprovechamiento se cambia el modelo tradicional de gestión de los residuos sólidos por un modelo sostenible que incluirá las siguientes fases: generación, barrido, recolección, transferencia y transporte, tratamiento biológico, reciclaje de materiales y disposición final, adaptándose al Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos.

5.2. Recomendaciones

El Estado ecuatoriano declarará en el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos como prioridad nacional la gestión integral de los residuos sólidos y su aprovechamiento como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas nacionales, en el ámbito de la salud, el medio ambiente, en la adecuada disposición final de los residuos sólidos.

Se sugiere una fase de experimentación de los métodos del modelo de gestión para tener una mejor visión de su implementación real en campo.

Continuar con la investigación sobre el aprovechamiento de los residuos y sistemas de gestión integral de los residuos desde la fuente, lo cual permitirá un porcentaje mayor de beneficios ambientales, económicos y sociales.

Participación activa de la ciudadanía en los servicios de recolección, reutilización y disposición final de los residuos sólidos.

6. Referencias

Acuerdo Ministerial 028. *Sustituyese El Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria.* Quito. Ecuador. 13 de febrero del 2015.

Acuerdo Ministerial 131, M. *Políticas generales para promover la Buenas Prácticas Ambientales en entidades del sector público.* Quito, Ecuador. 11 de agosto del 2010.

Acuerdo Ministerial 323. *Reglamento gestion desechos generados en establecimientos de salud.*(Art. 3). Quito. Ecuador. 20 de marzo del 2019

Asamblea Constituyente. *Constitución de la Republica del Ecuador 2008* . Ecuador, 20 de octubre del 2008.

Ávila, H. (2019). *Propuesta de un panel prefabricado no portante de micro-hormigón con agregado de fibras de plástico reciclado tipo PET*. Recuperado de https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3039

Briceño, A., & Pérez, A. (2017). *Utilización del humus de Lombriz Roja Californiana (EISENIA FOETIDA) como alternativa amigable al medio ambiente para el cultivo del café, finca Santa Dolores, Municipio el Crucero, enero-junio 2016.* Managua.

Castro, A. G. (2018). *Plan de Gestión integral de residuos sólidos en el gobierno Autónomo descentralizado* . Ambato: Pontifica Universidad Católica del Ecuador.

CET. (2016). Centro de Educación y Tecnología. *Manual de Producción Agroecológica*. Chile: INDAP, BíoBío. Recuperado de: https://www.indap.gob.cl/biblioteca/series-indap/!k/n%C2%BA8-manual-de-produccio-n-agroecol%C3%B3gica

FAO. (2011a). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Aboneras tipo bocashi. *Colección "Buenas Prácticas". Programa Extraordinario de Apoyo a la Seguridad Alimentaria y Nutricional* (Food Facility) FAO/Unión Europea. Guatemala.

FAO. (2011b). Organización de las Naciones Unidas para la *Alimentación y la Agricultura. Elaboración y uso del Bocashi.* San Salvador.

Farfán, M. (2018). *Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante*. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n3/0718-5073-ric-33-03-241.pdf

Figueroa F, (2011). *Estudio y diseño definitivo del proyecto de residuos sólidos del cantón Quijos, provincia de Napo*, Quijos.

Fundación Promoción Social. (2017). *Promoción Social.* Recuperado de: https://promocionsocial.org/wp-content/uploads/2018/04/Gu%C3%ADa-Buenas-Pr%C3%A1cticas-Ambientales_Fundaci%C3%B3n-Promoci%C3%B3n-Social-1.pdf

Gagoyesrro, A. J. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos. Sector Agro Alimentario*, Costa Rica.

Gomez , A., & Tovar, X. (2008). *Elaboración de un abono Orgánico fermentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosa)*. Bogotá.

Goyes, F., & Aguirre, M. (2015). *Repositorio Los Libertadores.* Recuperado de: https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/636/GoyesPazosFranciscoRene.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Haro, G. (2015). *Modelo Administrativo para realizar la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el Distrito Metropolitano de Quito* (p. 127). Quito. Recuperado de: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10378/3/CD-6177.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2014). *Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.* Quito: INEC.

Jiménez N. (2015). *La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad*. Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales No. 17.

Kondo, S. (2016). *Abonos Verdes. En Guía Tecnica 11 (pág. 2).* Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador.

Madera Plástica Barahona. (2006). *Productos elaborados con material plástico 100 % reciclado de alta calidad y durabilidad.*. Obtenido de: https://www.maderaplasticabarahona.com/. Guayaquil.

MAE. (2002). *Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios.* Quito.

MAE. (2020). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAEPNGIDS), Ficha Informativa de Proyecto 2020.* Quito. Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/PNGIDS-ENERO-2020.pdf

Maqque, A. (2018). *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la producción de compost y bocashi con bioaceleradores en el Parque La Alborada*. Universidad César Vallejo, 11.

Morán , D., & Naranjo, G. (2015). *Elaboracion de abono organico como resultado de una adecuada gestión ambiental de los residuos generados en la planta productora y procesadora de aves y cerdos de Avícola Férnadez S.A*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.

NTE INEN 488. (2009). *Cemento hidraulicos. Requisitos de desempeño para cementos hidraulicos*. Republica del Ecuador, Quito.

Ordenanza Metropolitana No. 0332. (2010). *Ordenanza Metropolitana de gestión integaral de residuos sólidos del distrito Metropolitano de Quito.* Quito, Ecuador .

Recuperado de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/ordm_332_sis_gest_int.pdf

Ordenanza Regulatoria No. 080. *La Ordenanza regulatoria para el manejo integral de los residuos sólidos del cantón Quijos, provincia de Napo (Art. 6,7,8).* Quijos, Ecuador 03 de Diciembre de 2009. Quito, Ecuador . Recuperado de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/ordm_332_sis_gest_int.pdf

Ortega, P. (2012). *Elaboración del bokashi sólido y líquido* . Recuperado de Universidad de Cuenca: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3347/1/TESIS.pdf

PNGIDS. (2017). *Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos*- M*inisterio del Ambiente*. Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/el-programa-nacional-de-gestion-integral-de-desechos-solidos-mae-pngids-difundio-los-resultados-de-su-gestion/

Prieto, S. (2014). *Panel prefabricado de hormigón aliviano a base de papel periódico y cartón reciclado.* Recuerado de: https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/view/622

Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. *Cultivos Tropicales*, 55. Obtenido de Redalyc.

REBOOT. (2013). *El inicio de una era donde dejamos DE VIVIR PARA EMPEZAR A CONVIVIR.* Obtenido de: https://tritubot.com/. Quito

RECYTRANS (2015). *Alfombra con papel reciclado. Obtenido de:* https://www.recytrans.com/blog/tipos-de-reciclaje/

Restrepo, J., & Hensel, J. (2015). *El A, B, C de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra. Manual práctico*. Santiago de Cali.

Rico Urrutia, C., & Leguízamo Olarte, J. (2019). E*valuación de tecnologías (compostaje, lombricultura y bokashi) para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios generados en el casco urbano del municipio de Puerto Gaitán-Meta* (pp. 69). Recuperado de https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16719/2019sebastianlegu%C3%ADzamo..pdf?sequence=5&isAllowed=y

Riveros, R. (2015). *Modelo de gestión integral para el manejo de la basura urbana. área Metropolitana de Santiago.* (p. 104). Santiago - Chile. Recuperado de: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130185/modelo-de-gestion-integral-para-el-manejo-de-la%20basura-urbana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, S. M., & Cordova, V. A. (2002). *Guía para el diseño construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones.* Mexico.

Saldaña, J. (2014). *"Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra"*. Recuperado de: http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2084

Salvador., A. R. (2016). *Incineracion de residuos sólidos urbanos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Arturo_Romero/publication/266605035_INCINERACION_de_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS/links/5513f4af0cf283ee08349a65.pdf

San Juan reciclados y demoliciones. (2016). *¿Conoces cuáles son los residuos inorgánicos?* Recuperado de: https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.rdsanjuan.com%2Fconoces-cuales-son-los-residuos-inorganicos%2F%3Ffbclid%3DIwAR3NWATKurINvPiHjcYmnnBJVPyJa6oY_RCdLq6eqvs_Lj-Qj7vZGRLayf4&h=AT2kCdjSBFuoJEuCW7RZxlMq2l-JTcjszbtib0AmiDWJBumkx0gnRYj_a0t5BKDr3_qN

Sandoval, M. P. (2013). *El papel reciclado de los desechos sólidos urbanos del cantón Ambato provincia de Tungurahua y su incidencia en la resistencia del hormigón.* Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4334/1/TESIS%20MYRIAM%20PAULINA%20AMORES%20SANDOVAL.pdf

Semarnat . (2004). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos, Guía de cumplimiento de la NOM-o83-2004.* Mexico.

Silva, J., Rodríguez, W., & Rosas, G. (2014). *Caracterización física y química de bokashi y lombricompost y su evaluación agronómica en plantas de maíz*. Colombia.

Singh, S., Singh, B., Kumar , B., Kumar , A., & Nain , L. (2012). *Microorganismos en agricultura sostenible y biotecnología*. Springer Science + Business Media BV. Dordrecht.

Unchupaico, A. (2012). *Modelo de gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos para el Distrito de El Tambo, Huancayo, 2011* (p. 75). HUANCAYO – PERÚ. Recuperado de: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1328/Tesis-Angel-Unchupaico.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UPB. (Septiembre de 2016). *Universidad Pontificia Bolivariana*. Recuperado de: https://www.upb.edu.co/es/seguridad-salud-trabajo/manejo-adecuado-de-residuos-solidos

Villagómez, D. (2014). E*laboración de bocashi a partir de residuos del faenamiento de animales del camal de la Maná, provincia de Cotopaxi* (pp. 83-85). Quito.

Recuperado de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7707/1/T-UCE-0012-356.pdf

APÉNDICE. Oficio de autorización y compromiso de responsabilidad.



GAD Municipal de Quijos

Baeza, 20 de julio del 2020
Oficio GADMQ-DSPA-GA-No.023

Doctora
Mercedes Asanza
COORDINADORADE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Atención:

Magister
Edison Sumarig
COORDINADOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR UEA
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Presente. –

De mi consideración:

En mi calidad de Técnico Ambiental del GAD Municipal de Quijos, por medio del presente me permito llegar a usted con la finalidad comprometer el apoyo decidido a los señores estudiantes de noveno semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental, Luis Mario Vinueza Garrido CI: [illegible] y Gaio Guillermo Paladino Elizalde CI: [illegible], en el desarrollo del Proyecto de Integración Curricular el cual tendrá como tema central la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos del Cantón Quijos; para lo cual se brindará las facilidades necesarias así como la información correspondiente para el desarrollo del tema antes mencionado.

En agradecimiento por la atención prestada, me suscribo de usted.

Atentamente,

Ing. Luis C. Mario
TÉCNICO AMBIENTAL
GAD MUNICIPAL DE QUIJOS

Baeza - Quijos - Napo
Av. Los Quijos y 17 de Enero
Teléfono: (06) 2320 158