

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA**

AUTORES

NOVILLO BONIFAZ WILSON EDUARDO

PÁSTOR FLORES STEEVEN ROBERTO

TUTOR

PHD. MARCEL PAREDES

RIOBAMBA- ECUADOR

Año 2021

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

Presentado por: Novillo Wilson y Pástor Steeven

Dirigido por: Ing. Marcel Paredes MsC.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. María Fernanda Rivera MsC.

Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Marcel Paredes MsC.

Director del Proyecto

Firma

Ing. Carla Fernanda Silva P. MsC.

Miembro del Tribunal

Firma

Ing. Guido Patricio Santillán L. MsC.

Miembro del Tribunal

Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Por la presente, certifico que el actual trabajo de investigación previo a la obtención del título de INGENIERA AMBIENTAL, elaborado por los señores Steeven Roberto Pástor Flores y Wilson Eduardo Novillo Bonifaz, con el tema: **“GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, el mismo que fue analizado y supervisado bajo mi asesoramiento permanente en calidad de Tutor y Guía, por lo que se encuentra apto para ser presentado y defendido.

Es todo lo que se puede informar en honor a la verdad.



Ing. Marcel Paredes H. MsC.

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros Wilson Eduardo Novillo Bonifaz, con cédula de identidad No. 060547451-9 y Steeven Roberto Pástor Flores, con cedula de identidad No. 060370680-5; hacemos constar que somos autores del presente trabajo de investigación, titulado: **“GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, dirigida por el tutor del proyecto, Ing. Marco Marcel Paredes H. MsC.

En tal sentido, manifiesto responsabilidad y la originalidad en la conceptualización de ideas, interpretación de resultados, y sustento de autores que han sido debidamente referenciados en la presente investigación.



Wilson Eduardo Novillo Bonifaz

C.I: 060547451-9



Steeven Roberto Pástor Flores

C.I: 060370680-5

DEDICATORIA.

A mi Madre por su fe, generosidad y su incansable ayuda en todo momento y mi Padre por ser mi ejemplo que seguir, a las fortalezas, virtudes y valores inculcados en mi niñez. Aunque no estas sigues siendo mi pilar para continuar.

A Juan Pablo, Nataly, Mariuxi, Carlos, Narcisa y Esteban, con mucho cariño por el fundamental apoyo que me han dado para lograr este pequeño objetivo. Mis sobrinos por la confianza y amor que me han dado desde que llegaron a mi vida.

A mi compañero, amigo, hermano Steeven y su gran apoyo en estos seis años sin pedir nada a cambio, que estimo tanto y siempre confió en mis capacidades, mi compañero de aventuras y madrugadas de tareas y juegos, deseo con todo mi corazón alcances tu gran meta, cuenta con mi hermandad y apoyo que seré muy feliz de verte alcanzar las estrellas que tanto te gustan ver.

A Kerly por el cariño que me da todos los días, el apoyo incondicional en mis momentos de debilidad, y ser la otra mitad que no encuentro en mí. Soy mejor hombre gracias a ti.

A mi tutor, Ing. Marcel Paredes por soportarnos pacientemente estos meses y ayudarnos a concluir esta investigación. A mis compañeros y próximos colegas, espero encontrarlos en el camino para preservar y cuidar esta, nuestra casa común.

A mi gato José Alberto y sus múltiples maneras de alegrarme el día con solo verlo.

Wilson Eduardo Novillo Bonifaz

DEDICATORIA.

A mi familia, por ser el pilar en mi vida, quienes me ayudan a ser mejor persona y han estado y estarán conmigo en las buenas y en las malas. Que por más que haya malos momentos me han enseñado a estar juntos pase lo que pase.

A mi padre Vinicio por ser quien siempre ha confiado en mí como persona y profesional, quien ha sido un ejemplo que seguir y que en tan poco espacio me sería imposible agradecerle lo suficiente.

A mi Madre Germania, por ser un símbolo de perseverancia, amor y quien me ha enseñado el significado de la oración “amar a alguien”. No me alcanzara la vida para darle gracias por ser mi madre.

A mi hermana por ser la persona más importante en mi vida, que siempre luchare para que seas feliz, ya lo sabes pero si me pides la vida te la daré, estaré contigo hasta que la muerte nos separe.

A Wilson Novillo, quien hace mucho tiempo dejo de ser simplemente un compañero o amigo, él se ha convertido en mi hermano, en mi familia y que sea donde sea en nos lleve la vida, es y será una de las personas más importantes en mi vida.

A mi tutor, Ing. Marcel Paredes por tantas horas de ayuda que, sin importar el día o la hora, estaba dispuesto a escucharnos y ayudarnos, espero reflejar lo aprendido de él siendo un gran profesional como agradecimiento.

A mi compañero de vida, mi mascota Jachi, quien, para mí, no solo es mi mascota sino lo considero mi hijo.

Steeven Roberto Pástor Flores

AGRADECIMIENTO.

Mi agradecimiento infinito a mis amigos Pablo, Jhon, Andrés, Ramiro Joselyn, Daniela y Gissela que me dieron su apoyo, confiaron en mis capacidades y me brindaron su sincera y desinteresada amistad, su compañía todos estos años de vida universitaria, solo me queda desearles todos los éxitos que merecen por ser tan valiosas personas y pedirle a la vida que les regrese todo lo bueno que hicieron por mí y yo estaré para servirles hasta el fin de mi vida.

A María Auxiliadora que siempre ha tenido sus brazos abiertos a mi afecto y seguir confiando en mí, espero se cumpla todo aquello que tu corazón desea.

A Juan Pablo y Andrés unos grandes compañeros de juego y sin duda mejores personas, gracias infinitas por la diversión.

A mis docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como profesional y ante todo como persona de bien para el Ecuador y el Ambiente que nos esforzamos en cuidar.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba a través del PhD. Napoleón Cadena por la apertura en el desarrollo de este proyecto de investigación en las dependencias municipales de la ciudad.

Wilson Eduardo Novillo Bonifaz.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a la vida por conocerlas, mis amigas Karen Santacruz, Joselyn Miller, Gissela Quinatoa, Daniela Brito, Estefanía León por todos sus consejos, risas, momentos y el tiempo que pasamos juntos y a mis amigos Pablo Lema, Jhon Toapanta, Andrés Machado, Ramiro Ricaurte por ser personas con las que compartí los mejores momentos en la Universidad. A todos ustedes espero que todo salga bien en sus vidas, que luchen por sus sueños que sé que los cumplirán, la vida tal vez no separe por diversos motivos, pero pase lo que pase quiero decirles que, a cada uno de ustedes, los quiero, siempre me tendrán en su vida para lo que necesiten.

A mis docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como profesional y persona.

A la universidad Nacional De Chimborazo por permitirme representar en varias ocasiones tanto académica, como deportivamente a esta prestigiosa institución, así como todas las enseñanzas que me llevo.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba a través del PhD. Napoleón Cadena por la apertura en el desarrollo de este proyecto de investigación en las dependencias municipales de la ciudad.

Y por último agradecer a todas las personas que confiaron en mi como persona, amigo o profesional.

Steeven Roberto Pástor Flores

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

<i>ÍNDICE DE TABLAS.....</i>	<i>X</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS.....</i>	<i>X</i>
<i>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</i>	<i>XI</i>
<i>RESUMEN.....</i>	<i>XII</i>
<i>ABSTRACT.....</i>	<i>XIII</i>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo General.....	3
3.2 Objetivos Específicos.....	3
CAPITULO I.....	4
4. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO CON LA TEMÁTICA DEL MARCO TEÓRICO.....	4
4.1 Localización geográfica.....	4
4.2. Residuos.....	4
4.2.1. Tipos de residuos Sólidos.....	5
4.3. Técnicas de tratamiento.....	6
4.3.1. Relleno sanitario.....	6
4.3.2. Reciclaje.....	7
4.3.3. Compostaje.....	7
4.3.4. Incineración.....	9
4.3.5. Metanización.....	10
4.3.6. Disposición Final.....	11
CAPITULO II.....	12
5. METODOLOGIA.....	12
5.1. Cuantificación de los residuos sólidos del cementerio de la ciudad de Riobamba.....	13
5.1.1. Obtención de datos cuantitativos.....	13
5.1.2. Información secundaria.....	13
5.2. Caracterización de los residuos sólidos del cementerio de la ciudad de Riobamba.....	14
5.2.1. Clasificación de los residuos.....	14
5.3. Almacenamiento Provisional.....	16
5.4. Proponer alternativas de tratamiento.....	17

5.4.1.	Selección del alternativas	17
5.4.2.	Diseño de alternativas.	17
5.4.3.	Validación técnica, económica y ambiental de alternativas	17
CAPITULO III	.....	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	.....	22
6.1.	Obtención de datos cuantitativos.....	22
6.1.1.	Cálculo de la muestra	22
6.1.2.	Pesaje de los residuos.	22
6.2.	Clasificación por categorías y pesaje individual	24
6.3.	Selección y diseño de alternativas.....	26
6.3.1.	Compostaje.....	26
6.3.2.	Metanización	28
6.3.3.	Incineración.....	35
6.3.4.	Disposición final.....	43
6.4.	Validación ambiental, económica, técnica y social de alternativas	43
6.4.1.	Resultado del Método AHP	43
6.4.2.	Método de validación Delphi	48
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	50
7.1.	Conclusiones	50
7.2.	Recomendaciones	51
8. BIBLIOGRAFÍA	.....	52
ANEXOS	.....	55

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS POR CATEGORÍAS	15
TABLA 2. MATRIZ DE COMPARACIÓN AHP DE CRITERIOS Y PONDERACIONES	18
TABLA 3. VALIDACIÓN DELPHI: FASE PRELIMINAR.....	20
TABLA 4 CÁLCULO DE LA MUESTRA PARA EL PESAJE DE LOS RESIDUOS.....	22
TABLA 5. PESAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EXPRESADA EN KILOGRAMOS.	23
TABLA 6. PESAJE DE LOS RESIDUOS POR CATEGORÍAS EXPRESADO EN KG DE RESIDUO POR DÍA	24
TABLA 7. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LAS HILERAS Y CARACTERÍSTICAS DE LA TRITURACIÓN..	27
TABLA 8. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LAS HILERAS DE COMPOSTAJE	27
TABLA 9. CÁLCULO DE RESIDUOS APROVECHABLES PARA BIODEGRADACIÓN EN PROCESOS DE METANIZACIÓN PARA OBTENCIÓN DE BIOGÁS.....	28
TABLA 10. PROPORCIÓN DE LOS GASES QUE CONFORMAN EL BIOGÁS EN BASE A LOS RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES.....	29
TABLA 11. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE METANIZACIÓN EN BASE A LOS RESIDUOS TRITURADOS.	31
TABLA 12. VOLUMEN DE LOS GASES EN CONDICIONES DE OPERACIÓN, CONDICIONES NORMALES Y CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA.....	33
TABLA 13. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN	35
TABLA 14. CAUDALES MÁSICOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN INCINERADORES (GRAMOS/DÍA)	36
TABLA 15. CAUDALES MÁSICOS Y VOLUMÉTRICOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN PROCESOS DE INCINERACIÓN EN CONDICIONES DE OPERACIÓN	38
TABLA 16. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN KWH/DÍA Y AHORRO ENERGÉTICO A PARTIR DE LOS CAUDALES VOLUMÉTRICOS DE LOS GASES DE INCINERACIÓN	40
TABLA 17. TABLA COMPARATIVA DE CONTAMINANTES PRODUCIDOS POR EL INCINERADOR "WFS-500" Y LA NORMATIVA ECUATORIANA (MG/NM ³).....	42
TABLA 18. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE CRITERIOS.....	44
TABLA 19. MATRIZ AHP DE NORMALIZACIÓN Y VECTORES DE PRIORIDAD.....	44
TABLA 20. TOMA DE DECISIONES BASADO EN LOS RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA AHP .	45
TABLA 21 RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE COMPETENCIA DE EXPERTOS.....	48
TABLA 22. TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS DURANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI	48

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL CEMENTERIO MUNICIPAL DE RIOBAMBA.	4
FIGURA 2. PROCESOS DE FERMENTACIÓN ANAEROBIA.....	11
FIGURA 3. PROCESO DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO.	12
FIGURA 4. PROCESO PARA EL PESAJE TOTAL DE LOS RESIDUOS.....	13
FIGURA 5. PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS.	15
FIGURA 6. PROCESO DE CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS.	16
FIGURA 7. ESQUEMA DEL ÁRBOL DE JERARQUÍAS.....	17
FIGURA 8. PROMEDIO POR CATEGORIA DE RESIDUO.....	26
FIGURA 9. ÁRBOL DE JERARQUÍA PARA EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES.....	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN (1)	22
ECUACIÓN (2)	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. RESIDUOS DEPOSITADOS EN EL SECTOR DE LAS CRUCES (DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS RECOLECTADOS DURANTE EL DÍA)	55
ANEXO 2. RESIDUOS CLASIFICADOS POR CATEGORÍAS Y COLOCADOS EN BOLSAS PARA EL PESAJE	55
ANEXO 3. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PROVENIENTES DE LÁPIDAS	56
ANEXO 4. PESAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN	56
ANEXO 5. PESAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS	57
ANEXO 6. PESAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS	57
ANEXO 7. PESAJE DE PLÁSTICOS.....	58
ANEXO 8. RESIDUOS TEXTILES	58
ANEXO 9. PESAJE DE RESIDUOS TEXTILES	59
ANEXO 10. APLICACIÓN DE ENCUESTAS A PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL CEMENTERIO DE RIOBAMBA.....	59
ANEXO 11. APLICACIÓN DE ENCUESTAS A PERSONAL DE MANTENIMIENTO DEL CEMENTERIO MUNICIPAL DE RIOBAMBA.	60
ANEXO 12. APLICACIÓN DE ENCUESTAS A PERSONAL DE MANTENIMIENTO DEL CEMENTERIO MUNICIPAL DE RIOBAMBA.	60
ANEXO 13. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS POR CATEGORÍAS	61
ANEXO 14. FORMATO DE ENCUESTA PARA PERSONAL DE MANTENIMIENTO DEL CEMENTERIO MUNICIPAL DE RIOBAMBA	62
ANEXO 15. EVIDENCIA DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS A PERSONAL DE MANTENIMIENTO (1/13)	63
ANEXO 16. EVIDENCIA DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS A PERSONAL DE MANTENIMIENTO (2/13)	64
ANEXO 17. FORMATO DE ENCUESTA A PERSONAL ADMINISTRATIVO	65
ANEXO 18. EVIDENCIA DE APLICACIÓN DE ENCUESTA A PERSONAL ADMINISTRATIVO (1/3) ..	66
ANEXO 19. EVIDENCIA DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS A PERSONAL ADMINISTRATIVO (2/3). ..	67
ANEXO 20. APLICACIÓN DE MÉTODO DELPHI A EXPERTO 1: ING. IVÁN RÍOS PHD.....	70
ANEXO 21. APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI A EXPERTO 2: ING. HANNIBAL BRITO PHD. ..	72
ANEXO 22. APLICACIÓN DE MÉTODO DELPHI A EXPERTO 3: ING. BLANCA MOSQUERA.	75
ANEXO 23. SOLICITUD DE INFORMACIÓN SOBRE CUBICAJE, TONELAJE Y RESIDUOS PELIGROSOS AL GADM. RIOBAMBA.....	75
ANEXO 24. AUTORIZACIÓN PARA ENTREGA DE INFORMACIÓN DEL GADM. RIOBAMBA	76
ANEXO 25. OFICIO DE INFORMACIÓN EMITIDA POR EL GADM. RIOBAMBA.	76

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación es optimizar la gestión de los residuos sólidos que se generan en el cementerio de la ciudad de Riobamba, cuantificando, caracterizando y elaborando medidas o alternativas para la gestión de dichos residuos teniendo en consideración que solamente se dispone de 100m² para la propuesta de nuevas alternativas de tratamientos. Se cuantificó un total de 27836,848 kilogramos de 24885,96 kilogramos de muestra calculada en 19 días con lo cual además se realizó la caracterización de los tipos de residuos que se generaran siendo un 88.61% de los residuos generados correspondientes a residuos orgánicos, cerámica 5.88%, madera 3.07%, textiles 1.24%, plásticos 0.69% y vidrio 0.41 %. Con estos datos se procedió con la propuesta de 4 alternativas para el tratamiento final de los residuos orgánicos. El compostaje. Se realizó el cálculo para el diseño y construcción de hileras, las cuales por el espacio disponible se podrían construir 2 hileras semanalmente de 4 mínimas requeridas para tratar toda la generación de residuos orgánicos. Para la Metanización se calcularon los residuos orgánicos aprovechables para biodegradación, utilizando un triturador de molino de martillos requisito del sistema para mejorar el proceso, logrando así reducir un 40% en masa de los residuos orgánicos pero con los resultados obtenidos se observa que en el espacio destinado a el tratamiento de residuos (100m²) se podría construir apenas 2 tanques biodigestores de un total de 4 tanques mensuales necesarios para cubrir la demanda de residuos generado. La Incineración (Mediante un incinerador “WFS-500”). Los gases de combustión pueden ser aprovechados para la producción eléctrica mediante un alternador trifásico integrado además el fabricante indica que los gases producidos por el incinerador a excepción del CO no superan los límites máximos permisibles para la legislación ecuatoriana que a pesar de estar derogada por el acuerdo ministerial 097-A sigue cumpliendo con los límites máximos permisibles para emisión de gases de fuentes fijas. Sin embargo, para este gas se puede agregar en el incinerador “WFS-500” un tratamiento de oxidación térmica regenerativa que posee costes operativos y de mantenimiento bajos y que no produce residuos adicionales. Celdas emergentes en Porlón. Actualmente en Riobamba solo existe un método o tratamiento para la disposición final de los residuos, no solo de los residuos generados en el cementerio de la ciudad, sino también todos los residuos sólidos urbanos.

Palabras clave: Compostaje, metanización, relleno sanitario, incineración, tratamientos de residuos sólidos, Cementerio, tanque biodigestor

ABSTRACT

The objective of this graduation work is to optimize the management of solid waste generated in the cemetery of Riobamba, quantifying, characterizing, and developing measures or alternatives for the management of such waste, taking into account that only 100 m² is available for the proposal of new treatment alternatives. A total of 27,836,848 kilograms of 24,885.96 kilograms of a sample calculated in 19 days was quantified, with which the characterization of the types of waste that were generated was also carried out, 88.61% of the waste generated corresponded to organic waste, ceramics 5.88%, wood 3.07%, textiles 1.24%, plastics 0.69% and glass 0.41%. With these data, we proceeded with the proposal of 4 alternatives for the final treatment of organic waste. Composting. The calculation was made for the design and construction of rows, which due to the available space 2 rows per week of the minimum 4 required to treat all the generation of organic waste could be built. For Methanization, the organic waste that can be used for biodegradation was calculated, using a hammer mill crusher, a requirement of the system to improve the process, thus achieving a 40% reduction in mass of organic waste, but with the results obtained it is observed that in space destined to waste treatment (100m²), only 2 biodigester tanks could be built out of a total of 4 monthly tanks needed to meet the demand for the waste generated. Incineration (Through a WFS-500 incinerator). Combustion gases can be used for electricity production by means of an integrated three-phase alternator, in addition, the manufacturer indicates that the gases produced by the incinerator, with the exception of CO, do not exceed the maximum permissible limits for Ecuadorian legislation, which despite being repealed by the 097-A ministerial agreement, it continues to comply with the maximum permissible limits for gas emissions from fixed sources. However, for this gas, a regenerative thermal oxidation treatment can be added to the “WFS-500” incinerator, which has low operating and maintenance costs and does not produce additional waste. Emerging cells in Porlón. Currently in Riobamba there is only one method or treatment for the final disposal of waste, not only waste generated in the cemetery of the city, but also all urban solid waste.

Keywords: composting, methanization, landfill, incineration, solid waste treatment, biodigester tank.

Reviewed by:
Mgs. Geovanny Armas Pesántez
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0602773301

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de tesis tiene como finalidad optimizar la gestión de los residuos sólidos generados en el Cementerio de Riobamba teniendo en consideración que la actual administración no tiene el equipamiento necesario, ni el modelo de gestión interna y externa para el tratamiento y disposición final de dichos residuos. Para el año 2020 en el cementerio de Riobamba se generaron 576 toneladas que se transportaron mediante un recolector de carga lateral incorporándose, sin un previo tratamiento a las 18.756,71 toneladas de Desechos sólidos generadas en la Ciudad de Riobamba (Dirección de gestión Ambiental salubridad e Higiene del GADM Riobamba, 2021). El actual cementerio de Riobamba tiene una capacidad operativa de 6 hectáreas de terreno dividido en 8 sectores y una utilización de 35.000 tumbas entre bóvedas, nichos y túmulos (Municipio de Riobamba, 2020). Por otra parte, en lo que comprende de Enero a Diciembre, se efectuaron un total de 286 Autopsias Médico Legales que se realizaron en el anfiteatro generando 403,89 kilogramos de desechos infecciosos, todo esto acrecienta el volumen total de generación de residuos sólidos que se generan en el Cementerio de Riobamba

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inadecuada disposición final que reciben los residuos al ser trasladados directamente a la celda emergente de “Porlón” sin ningún tipo de tratamiento previo antes de ser depositados evidencia la mala gestión interna y externa, además actualmente, la capacidad del Cementerio Municipal se encuentra al límite, “existen apenas 325 bóvedas y 325 nichos disponibles y el promedio mensual de inhumaciones ascienden a 75 mensuales”(Municipio de Riobamba, 2020). Por otro lado, es importante mencionar que los usuarios que acuden a esta dependencia municipal son alrededor de 5000 personas en días normales y en feriados como el día de la madre y finados pueden alcanzar hasta 20000 visitantes (Municipio de Riobamba, 2020), los cuales generan residuos orgánicos producto de ofrendas florales y actividades de mantenimiento como la poda de césped. Que incrementa la preocupación no solo por espacios destinados al descanso final, sino también a la generación de residuos propios de los numerosos servicios de inhumación que ofrece el Cementerio Municipal y la ineficiente disposición final de estos residuos teniendo en consideración que no existe ninguna zona de tratamiento para los diferentes tipos de residuos orgánicos, peligrosos y valorizables que podrían retribuir económicamente al Municipio de Riobamba así como la reutilización para generación de energía alternativa y el beneficio económico, ambiental y social de la ciudadanía.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

3.2 Objetivos Especificos

- Cuantificar la cantidad de Residuos Sólidos del cementerio de la Ciudad de Riobamba
- Caracterizar los Residuos Sólidos del cementerio de la ciudad de Riobamba
- Elaborar medidas que mejoren la gestión de Residuos Sólidos del cementerio de la Ciudad de Riobamba

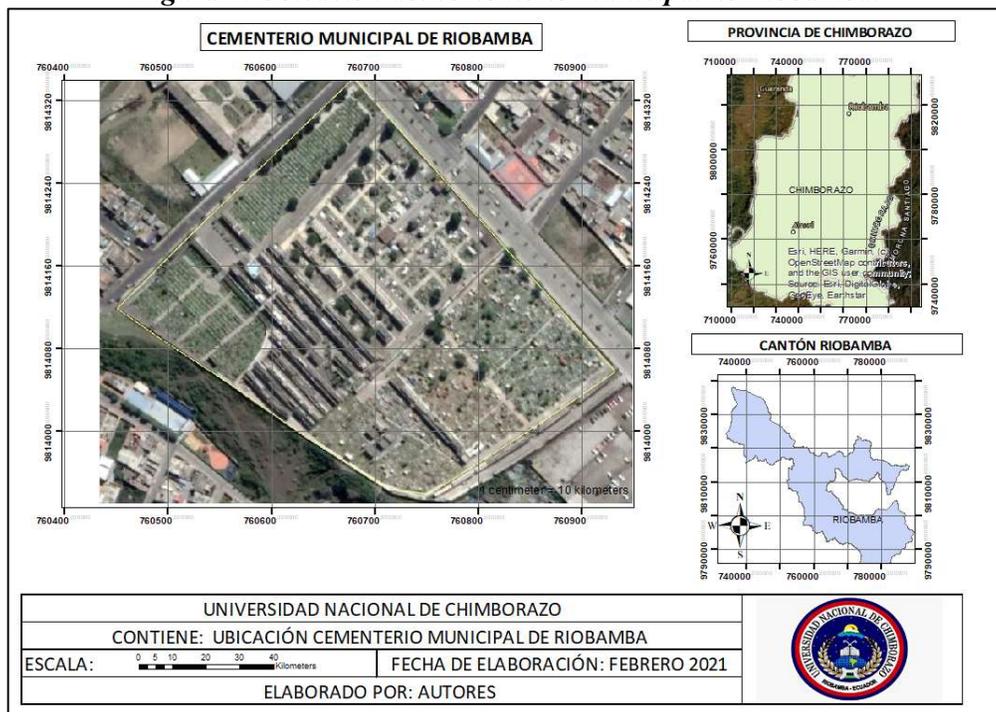
CAPITULO I

4. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO CON LA TEMÁTICA DEL MARCO TEÓRICO

4.1 Localización geográfica

El cementerio municipal de Riobamba se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Lizarzaburu en las coordenadas 760618.51 m este y 9814151.87 m Sur lo cual se puede apreciar en la figura 1

Figura 1. Ubicación del cementerio municipal de Riobamba.



4.2. Residuos

Son las sustancias sólidas, semisólidas, líquidas o gaseosas, o materiales compuestos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo, cuya eliminación o disposición final se procede conforme a lo dispuesto en la legislación ambiental nacional o internacional aplicable y es susceptible de aprovechamiento o valorización (Ambiente, 2016)

4.2.1. Tipos de residuos Sólidos

Los residuos sólidos se pueden clasificar de acuerdo con:

4.2.1.1. Su origen

4.2.1.1.1. Residuos Orgánicos

Se refiere a todos aquellos que tienen su origen en los seres vivos, animales o vegetales. Incluye una gran diversidad de residuos que se originan naturalmente durante el “ciclo vital”, como consecuencia de las funciones fisiológicas de mantenimiento y perpetuación o son producto de la explotación por el hombre de los recursos bióticos (Galway et al., 2012).

4.2.1.1.2. Residuos Inorgánicos

Incluye todos aquellos residuos de origen mineral y sustancias o compuestos sintetizados por el hombre. Dentro de esta categoría se incluyen habitualmente metales, plásticos, vidrios, etc. (Galway et al., 2012).

4.2.1.2. Su manejo

4.2.1.2.1. Reciclables

Son residuos inorgánicos que se almacenan temporalmente en recipientes o contenedores color azul, se refiere a todo material susceptible a ser reciclado, reutilizado como vidrio, plástico, papel, cartón, entre otros (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2014).

4.2.1.2.2. No reciclables

Son residuos inorgánicos que se almacenan temporalmente en recipientes o contenedores color negro se refiere a todo residuo no reciclable pero que no tiene características peligrosas (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2014).

4.2.1.2.3. Residuos peligrosos

Son residuos orgánicos e inorgánicos, que se almacenan temporalmente en recipientes o contenedores color rojo puesto que tiene potencial peligroso. Son aquellos que tienen una o varias características citadas en el código “C.R.E.T.I.B” (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso) (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2014).

4.2.1.2.4. Especiales

Son residuos que necesitan medidas especiales de prevención durante la recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final, y sin considerarse residuos peligrosos, pueden presentar un riesgo para la salud por sus características de volumen, cantidad y peso, se almacenan temporalmente en recipientes o contenedores color anaranjado (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2014).

4.3. Técnicas de tratamiento

4.3.1. Relleno sanitario.

Es 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 (Ambiente, 2016).

4.3.2. Reciclaje

Proceso mediante el cual, previa una separación y clasificación selectiva de los residuos sólidos, desechos peligrosos y especiales, se los aprovecha, transforma y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como energía o materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas tales como procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización (Ambiente, 2016).

4.3.3. Compostaje

Es un proceso biológico en el cual los microorganismos convierten la materia orgánica como la majada, hojas, papel y residuos orgánicos en un material parecido al suelo llamado compost. Es el mismo proceso que descompone las hojas y otros materiales orgánicos en la naturaleza. El proceso de compostaje controla las condiciones de tal manera que los materiales orgánicos se descomponen más rápido. El compostaje y el compost ofrecen algunos beneficios tales como: mejora las condiciones del manejo de la majada, realza la fertilidad del suelo y reduce los riesgos ambientales. El proceso de compostaje produce calor, que seca la humedad y destruye los patógenos y las semillas de malas hierbas. Con un buen manejo los olores emanados son mínimos. Durante los procesos de compostaje, los microorganismos consumen oxígeno (O_2) mientras se alimentan de materia orgánica. El compostaje activo genera considerable cantidad de calor además de que grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) y el vapor de agua pueden alcanzar un peso equivalente a la mitad del peso inicial de los materiales. El compostaje reduce tanto el volumen como la masa de los materiales en bruto mientras se los transforma en un acondicionador valioso del suelo (Brito & Pinduisaca, 2016).

4.3.3.1.1. Etapas del compostaje

4.3.3.1.2. Preparación

Los residuos orgánicos provenientes de Residuos de poda, corte de césped, jardinería y ornamentas florales serán almacenados en recipientes específicos separados del resto de residuos. Los residuos no orgánicos los cuales podemos apreciar en tabla 1, no deben ser mezclados con los residuos que van al compostaje en consideración de que no son transformables por las bacterias. Se debe controlar la humedad adicionando viruta o aserrín de madera, la proporción debe ser variable: 2 a 3 partes en volumen de residuos, por una de viruta o aserrín (Arenas, 2017).

4.3.3.1.3. Descomposición mesófila

Inicialmente los residuos se encuentran a temperatura ambiente, con lo que los microorganismos mesófilos rápidamente se multiplican donde la actividad metabólica transforma alguno de sus compuestos como aminoácidos y azúcares donde la temperatura sube produciendo ácidos orgánicos los cuales bajan el pH (Arenas, 2017).

4.3.3.1.4. Descomposición Termófila

Llegados a esta fase, la temperatura asciende hasta los 65° donde los microorganismos termófilos transforman el nitrógeno (N) en amoníaco (NH₃) con lo cual el pH se vuelve alcalino, a esta alta temperatura los hongos termófilos desaparecen generando bacterias actinomicetos y esporígenas las cuales descomponen las sustancias orgánicas como las proteínas, hemicelulosas y ceras (Arenas, 2017).

4.3.3.1.5. Descomposición mesófila de enfriamiento

En esta fase, desciende la temperatura debajo de 65° donde reaparecen los hongos termófilos los cuales reinvasen el residuo y logran descomponer los compuestos tales

como la celulosa. Posteriormente al disminuir la temperatura debajo de 40° se reinicia su actividad y el pH desciende ligeramente (Arenas, 2017).

4.3.3.1.6. Maduración

El compost se realiza en promedio de 1 a 2 meses a temperatura ambiente y evitando la lluvia. En este periodo de tiempo se realizan reacciones secundarias de polimerización y condensación de humus donde el consumo de oxígeno desciende y se debe controlar la fitotoxicidad (Arenas, 2017).

4.3.4. Incineración

La incineración es el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de oxígeno. Donde los productos finales incluyen gases calientes de combustión, compuestos principalmente de nitrógeno, monóxido de carbono y vapor de agua (Orlando, 2019).

4.3.4.1. Condiciones favorables al proceso de combustión.

Para obtener un adecuado proceso de incineración se requiere un sistema de alimentación de combustible y aire en exceso para asegurar un sistema de combustión completo para reducir la generación de gases no oxidados. Se recomienda el régimen de alimentación de aire en exceso de un 20% y temperaturas de 1200°C, para obtener una combustión completa con producción de CO₂ y H₂O (Cruzado, 2019).

Durante los procesos de combustión completa se puede evidenciar la aparición de partículas finas, óxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre, monóxido de carbono y otros compuestos en concentraciones traza como las dioxinas y los furanos en el flujo de la chimenea (Cruzado, 2019).

4.3.4.1.1. Parámetros

4.3.4.1.1.1. Tiempo de residencia.

Según manifiesta (Cruzado, 2019) se debe asegurar que el residuo debe permanecer en el sistema períodos de tiempo medios entre 50 y 75 minutos para obtener un proceso de incineración adecuado. Por otra parte, el tiempo de residencia de los humos en la cámara no será menor a dos segundos.

4.3.4.1.1.2. Temperatura.

La temperatura de ignición debe ser directamente relacionada al poder calorífico de los materiales que se van a incinerar; a mayor temperatura mayor reacción (Cruzado, 2019).

4.3.4.1.1.3. Turbulencia

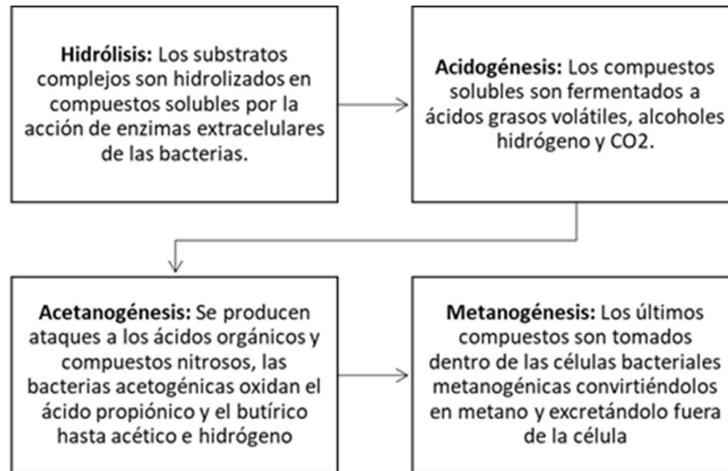
Se debe garantizar el contacto de los residuos con el oxígeno. Mezclar el oxígeno del aire con los gases combustibles y los vapores generados (Cruzado, 2019).

4.3.5. Metanización.

Consiste en la obtención de metano y agua a través de la transformación del hidrógeno y dióxido de carbono empleando microorganismos unicelulares que obtienen la energía por sus rutas metabólicas reductoras de CO₂ y consumidoras de H₂ bajo condiciones de temperatura reguladas, presión atmosférica en una disolución acuosa. Este proceso se puede realizar por dos vías, in-situ o ex-situ (Cifre et al., 2016).

4.3.5.1. Fases del proceso de fermentación anaerobia

Figura 2. Procesos de fermentación Anaerobia



Fuente: (Gonzales & Violante, 2017)

4.3.5.2. Metanización in-situ.

Consiste en la adición de hidrógeno directamente al digestor de biogás, donde ocurre un proceso biológico en ausencia de oxígeno para descomponer la materia orgánica en productos gaseosos o biogás y otros compuestos (Cifre et al., 2016).

4.3.5.3. Metanización ex-situ.

Se desarrolla en un segundo reactor separado del digestor para realizar la Metanización sobre un caudal de CO₂ puro, o sobre un biogás sin afectar durante el proceso de digestión de biomasa (Cifre et al., 2016).

4.3.6. Disposición Final

Es el proceso para confinar y encapsular los Residuos Sólidos Urbanos inservibles, peligrosos y tóxicos, para que dichos residuos eviten el contacto con los organismos vivos. Este proceso se lo realiza en rellenos sanitarios o vertederos, evitando a su riesgos para la salud humana y el ecosistema (Walter Charry et al., 2018).

CAPITULO II

5. METODOLOGIA

Figura 3. Proceso de gestión de los residuos sólidos del cementerio.



Elaborado Por: Autores

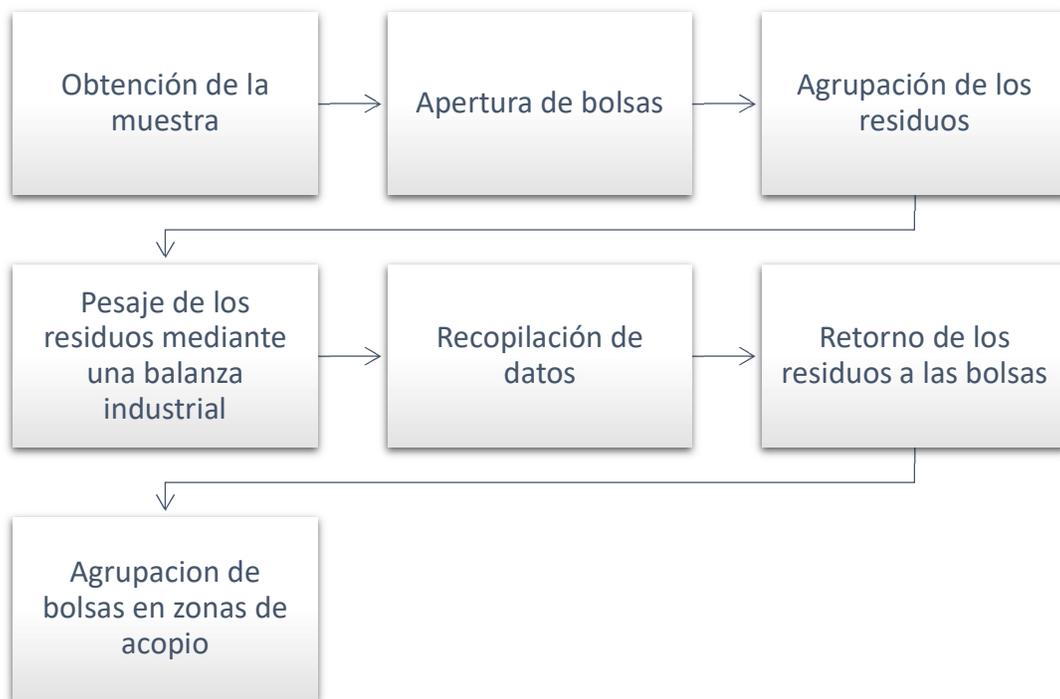
5.1. Cuantificación de los residuos sólidos del cementerio de la ciudad de Riobamba.

5.1.1. Obtención de datos cuantitativos

5.1.1.1. Pesaje global

Para la obtención de datos cuantitativos con respecto al pesaje global diario de los residuos generados en el Cementerio Municipal de Riobamba durante una semana, se seguirá el proceso mostrado a continuación:

Figura 4. Proceso para el pesaje total de los residuos



Elaborado Por: Autores.

5.1.2. Información secundaria

Se utilizará la siguiente fuente de información secundaria:

5.1.2.1. Encuestas

Para la obtención de datos sobre la cantidad de residuos generados y su respectiva gestión actual, manejo y funcionamiento. Se desarrollarán dos modelos de encuestas,

enfocados al personal operativo responsable del Cementerio Municipal de Riobamba segregados en personal administrativo y personal de cuidado y mantenimiento.

5.1.2.2. Tamaño de la muestra

Actualmente en el Cementerio Municipal de Riobamba trabajan 16 personas que se encuentran divididas en 2 áreas. Personal administrativo conformado por 3 personas y el personal de cuidado y mantenimiento por 13 personas; por lo tanto, se tomará el 100% de la muestra (Municipio de Riobamba, 2020).

5.1.2.3. Diseño de la encuesta

5.1.2.3.1. Encuesta a personal administrativo

Su aplicación se enfocará a obtener información relacionada a los mecanismos para cuantificar los residuos generados en el cementerio y la producción volumétrica de estos desechos.

5.1.2.3.2. Encuesta a personal de cuidado y mantenimiento

La ejecución de la encuesta estará direccionada a recopilar datos de la producción semanal de residuos orgánicos provenientes de la poda y restantes de ofrendas florales en el mantenimiento de los nichos y bóvedas.

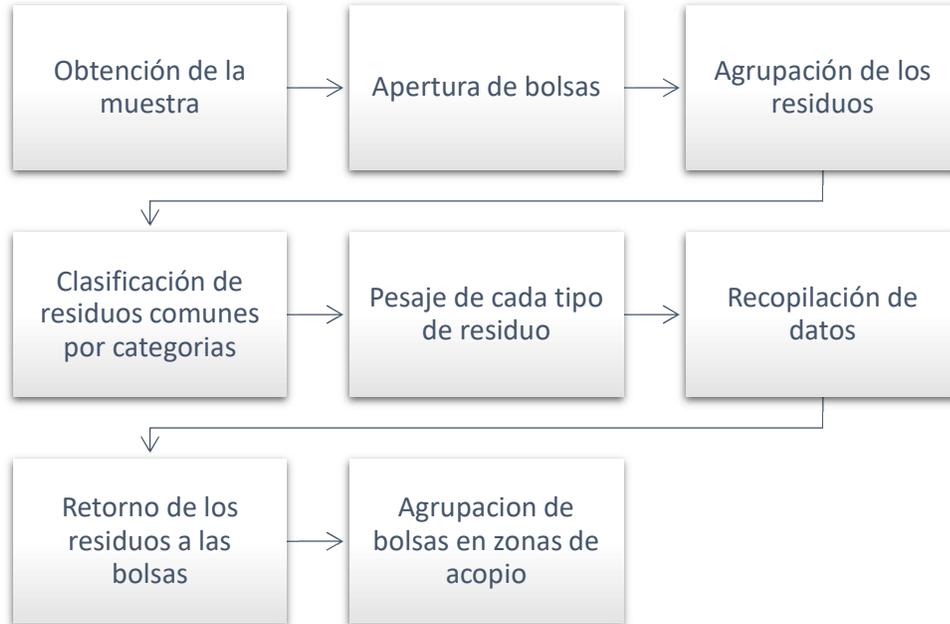
5.2. Caracterización de los residuos sólidos del cementerio de la ciudad de Riobamba.

5.2.1. Clasificación de los residuos

Dentro del cementerio se generan ciertos tipos de residuos teniendo en cuenta su proceso, y su generación por lo tanto se utilizará la metodología propuesta por (Márquez & Pinta, 2017) para clasificar residuos comunes, y la metodología para residuos peligrosos.

5.2.1.1. Método de clasificación para residuos comunes

Figura 5. Proceso de caracterización de residuos.



Elaborado Por: Autores

5.2.1.1.1. Categorización de los residuos.

Se procedió con la categorización los residuos de acuerdo a las categorías propuestas por (GADM Riobamba, 2019) en la ordenanza para la gestión integral de los residuos sólidos en el cantón Riobamba, que son los residuos más representativos para la parte experimental:

Tabla 1. Clasificación de los residuos por categorías

Categoría
Residuos orgánicos
Productos de papel y cartón
Plásticos
Textiles
Metales
Vidrio

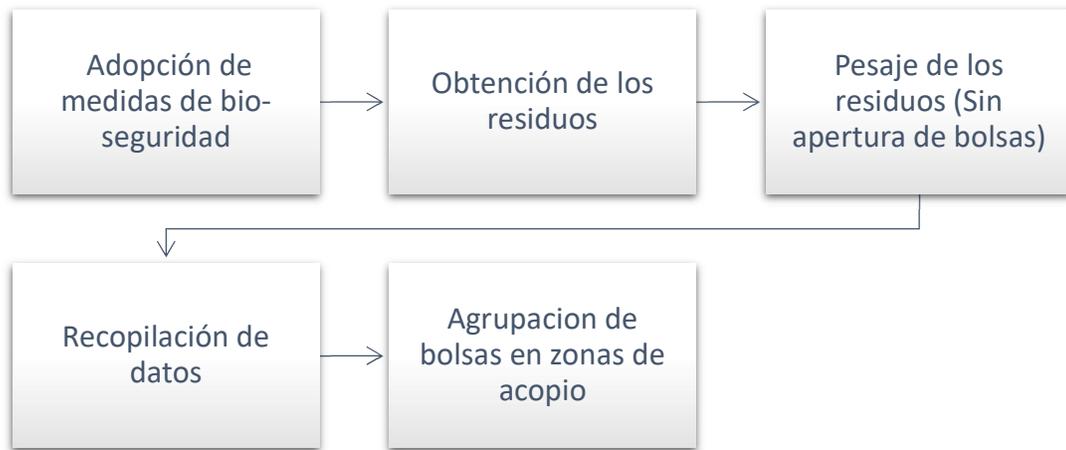
Elaborado por: Autores

5.2.1.1.2. Pesaje por categoría

Posterior a la caracterización de los residuos almacenados se obtendrán valores cuantitativos de su generación mediante el pesaje de los desechos para las diferentes categorías, cuyos resultados se representarán en tablas y figuras del promedio diario de generación y promedio de residuos de cada categoría.

5.2.1.2. Método de cuantificación de residuos peligrosos.

Figura 6. Proceso de cuantificación de residuos peligrosos.



Elaborado Por: Autores

5.3. Almacenamiento Provisional

Se utilizará la metodología dispuesta por (López & Paola, 2013) que propone, el traslado interno de los residuos en los recipientes ubicados en las diferentes áreas donde se generan desechos hacia el sitio de acopio denominado “Sector de las cruces” por el personal encargado de mantenimiento del cementerio donde serán categorizados y posteriormente direccionados al sitio de tratamiento.

5.4. Proponer alternativas de tratamiento

5.4.1. Selección del alternativas

Revisión de alternativas de tratamientos para el tratamiento de residuos generados en cementerios.

5.4.2. Diseño de alternativas.

Para el diseño de las alternativas, se tomará en cuenta el volumen total de residuos, espacio físico disponible, factores ambientales que inciden en el área destinada a la zona de tratamiento, factores económicos y disposición administrativo-económica del GAD Municipal de Riobamba.

5.4.3. Validación técnica, económica y ambiental de alternativas

5.4.3.1.El Método Analytic Hierarchy Process (AHP)

5.4.3.1.1. Estructuración del modelo jerárquico

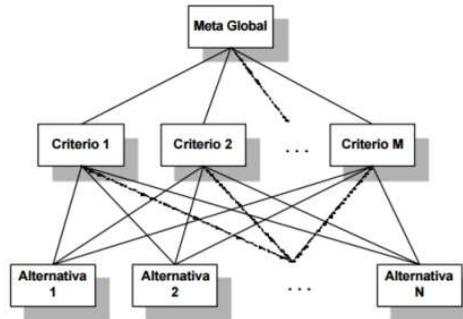
Consiste en desglosar el problema en sus componentes relevantes. Los pasos que seguir para estructurar el modelo jerárquico son (Baeza Sanz, 2017):

- Identificación del Problema
- Definición del Objetivo
- Identificación de los Criterios
- Identificación de Alternativas

5.4.3.1.2. Desarrollar el árbol de jerarquías

Se elabora una representación gráfica del problema considerando la meta global, los criterios y las alternativas de decisión (Baeza Sanz, 2017):

Figura 7. Esquema del árbol de jerarquías



Fuente: (Baeza Sanz, 2017)

5.4.3.1.3. Evaluación del modelo

Se examinan los elementos del problema por medio de comparaciones de a pares. Los pasos a seguir para evaluar estos componentes del modelo jerárquico son (Baeza Sanz, 2017):

- Establecimiento de Prioridades: Utilizando comparaciones pareadas para establecer prioridades
- Emisión de Juicios y evaluaciones: Se realiza por comparaciones binarias frente a otro tercer elemento para conocer las preferencias de los individuos a los componentes. Para cada elemento “e” de un nivel de jerarquía se compara con los elementos del nivel inferior con respecto de su influencia en “e” (Baeza Sanz, 2017). La matriz de comparación AHP de criterios se realizará mediante la comparación de 4 criterios: Ambiental, económico, técnico, social y en base a la siguiente ponderación numérica:

Tabla 2. Matriz de comparación AHP de criterios y Ponderaciones

Criterios	Descripción	Escala	Valor
	Protección ambiental y		
Criterio 1	Ambiental volumen de residuos tratados	1	Igual de importante

Criterio 2	Económico	Costo de adquisición, implementación y rédito económico	2	Ligeramente importante
Criterio 3	Técnico	Mantenimiento y operación	3	Más importante
Criterio 4	Social	Bienestar social	4	Más importante pero no muy importante
			5	Mucho más importante

Elaborado por: Autores

- Planteados los criterios y ponderaciones se los comparará individualmente asignando valores subjetivos del 1-5 como se ve en la tabla 2 según el orden de importancia, correspondiéndoles valores enteros si la columna es más importante que la fila, y valores fraccionarios si es lo contrario.
- Se llega a una jerarquía de prioridades obteniendo valores de la matriz de normalización, los cuales se obtienen dividiendo el nivel de prioridad por la suma total de cada criterio. Estos valores se utilizan para sacar el Vector de prioridad normalizado (VPN), pasando previamente por un Vector de prioridad sin normalizar (VPSN) que se obtiene de la suma horizontal por criterio observados en la siguiente tabla. Por último, el VPN es el valor con el cual concluimos cual es el criterio más y menos importante. Se lo obtiene con la relación entre VSPN y el número total de criterios.

5.4.3.1.4. Resultado final

Se obtiene el resultado final consensuado basado en las prioridades, emisión de juicios y evaluación hecha por las comparaciones de los componentes del modelo jerárquico (Baeza Sanz, 2017).

5.4.3.2. El Método Delphi

Se desarrollará en tres fases fundamentales que son: Preliminar, Exploratoria y Final.

5.4.3.2.1. Fase Preliminar

Se conformará el grupo coordinador encargado de delimitar el tema de estudio, seleccionar a los expertos e interpretar los resultados de la investigación en base a la siguiente secuencia metodológica (Blasco Mira et al., 2010).

Tabla 3. Validación Delphi: Fase Preliminar.

Conformación del grupo coordinador	<ul style="list-style-type: none"> • Ing. Marcel Paredes PhD. • Steeven Pástor • Wilson Novillo
Delimitar el tema de investigación	Validación y Selección del mejor tratamiento para la gestión de residuos sólidos del Cementerio Municipal de Riobamba
Desarrollo del Cuestionario	Véase Anexo 20
Selección del grupo de expertos	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Iván Ríos PhD. • Dr. Hannibal Brito • Ing. Blanca Mosquera

Elaborado Por: Autores

Una vez seleccionados los expertos se procederá con la elaboración de la tabla de determinación de coeficiente según la competencia de los expertos. Evaluando su coeficiente de conocimiento (Kc), coeficiente de argumentación (Ka) y su coeficiente de competencia de los expertos (K) dando una valoración de alta, media, baja donde 0.1 es

muy baja y 1 alta. El k_c y k_a se lo obtiene mediante la segunda pregunta del cuestionario enviado a cada experto. Véase anexo 20 y el K (El promedio de K_c y K_a).

5.4.3.2.2. Fase Exploratoria

En esta se llevará a cabo la evaluación y validación del cuestionario para el Análisis de los expertos en dos rondas. La primera para realizar correcciones y ajustes, la segunda para lograr un consensado de opiniones. Posteriormente se desarrollará un documento que incluya (Blasco Mira et al., 2010):

- Introducción al tema de investigación
- Objetivos de la investigación
- Instrucciones para desarrollar el cuestionario

5.4.3.2.3. Fase Final

En esta fase se sintetizará los resultados de la fase exploratoria y se emitirá la decisión final.

CAPITULO III

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Obtención de datos cuantitativos

6.1.1. Cálculo de la muestra

Para saber la cantidad de días y muestra necesarias para la obtención de un valor promedio con el cual trabajar para el diseño de alternativas. Se utilizó la fórmula propuesta por (Scheaffer et al., 2007)

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde los resultados se muestran a continuación:

Tabla 4 Cálculo de la Muestra para el pesaje de los Residuos.

n	Muestra (Kilogramos)	24885,96
N	Población (Kilogramos)	580000
Zα	Parámetro estadístico para el nivel de confianza	2,58
p	Probabilidad de ocurrencia	0,50
q	Probabilidad de no ocurrencia	0,50
e	Error de estimación máximo aceptado	0,008

Elaborado por: Autores.

El resultado obtenido de 24885,96 es la cantidad de kilogramos necesarios para que la muestra sea significativa.

6.1.2. Pesaje de los residuos.

Tabla 5. Pesaje de los Residuos Sólidos expresada en kilogramos.

N.º	Día	Fecha	Peso (Kg)
1	Domingo	28/3/2021	1480,30
2	Lunes	29/3/2021	1410,12
3	Martes	30/3/2021	1450,14
4	Miércoles	31/3/2021	1480,90
5	Jueves	1/4/2021	1410,39
6	Viernes	2/4/2021	1460,26
7	Sábado	3/4/2021	1490,01
8	Domingo	4/4/2021	1430,00
9	Lunes	5/4/2021	1460,40
10	Martes	6/4/2021	1480,69
11	Miércoles	7/4/2021	1470,07
12	Jueves	8/4/2021	1430,34
13	Viernes	9/4/2021	1490,03
14	Sábado	10/4/2021	1470,71
15	Domingo	11/4/2021	1570,16
16	Lunes	12/4/2021	1520,97
17	Martes	13/4/2021	1410,26
18	Miércoles	14/4/2021	1430,18
19	Jueves	15/4/2021	1490,93
TOTAL			27836,848

Elaborado por: Autores

Se cuantificó manualmente un total de 27836,848 kilogramos de 24885,96 kilogramos de muestra calculada en 19 días (Tabla 3), obteniendo un valor diario promedio de 1465,10 kilogramos con un valor máximo de generación de 1570,16 kilogramos en el domingo 11 de marzo del 2021 y valor mínimo de 1410,12 kilogramos el martes 13 de abril del 2021 con lo cual como se observa en la tabla 4. El día promedio de más generación de residuos es el domingo que coincide con el día de más afluencia de gente visitando el cementerio.

6.2. Clasificación por categorías y pesaje individual

Se caracterizó los residuos en 6 categorías como se puede observar en la figura 8 donde predomina los residuos orgánicos provenientes principalmente de la poda de césped que como se observa mediante las encuestas aplicadas a todo el personal conformado por 16 personas, administrativo (3) y de mantenimiento (13) se realiza mínimo 3 veces por semana. Y la recogida diaria de arreglos florales de decenas de familias que asisten a esta dependencia municipal que con un 88,61% equivalente a un valor promedio diario de 1298,26 kilogramos de un total promedio diario de 1465,10 kilogramos. Los residuos restantes se agrupan en cerámica 5.88%, madera 3.07%, textiles 1.24%, plásticos 0.69% y vidrio 0.41 %. Como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6. Pesaje de los residuos por categorías expresado en Kg de Residuo por día

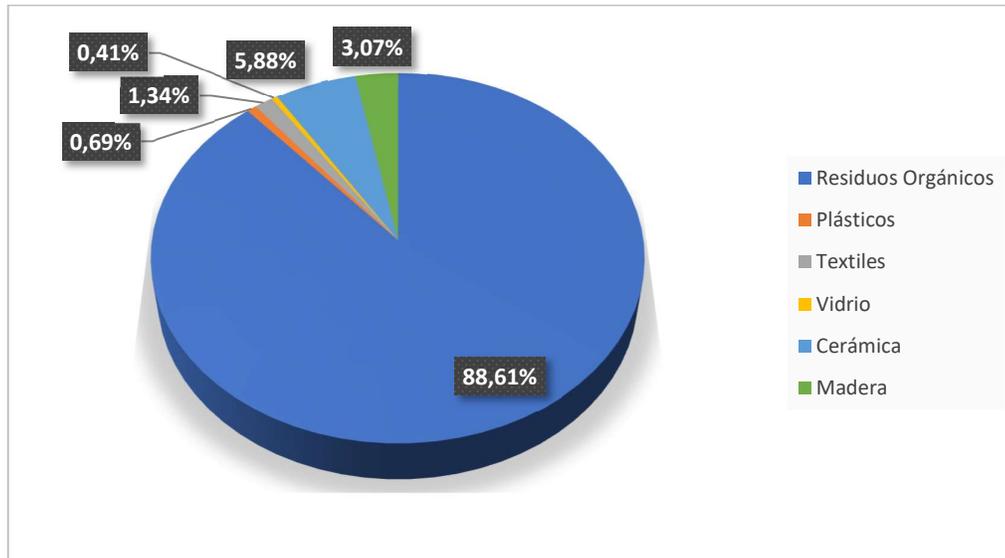
Día	Peso Total	Residuos Orgánicos	Plásticos	Textiles	Vidrio	Cerámica	Madera
28/3/2021	1480,30	1300,00	15,00	22,00	6,10	82,90	54,30
29/3/2021	1410,12	1292,00	13,40	19,00	5,80	40,45	39,47
30/3/2021	1450,14	1333,00	9,00	21,00	8,40	42,50	36,24
31/3/2021	1480,90	1318,00	6,80	23,00	4,90	96,50	31,70

1/4/2021	1410,39	1283,00	6,00	17,00	8,20	65,58	30,61
2/4/2021	1460,26	1254,00	3,00	16,00	5,30	136,36	45,60
3/4/2021	1490,01	1326,00	17,80	14,00	7,30	78,67	46,24
4/4/2021	1430,00	1223,00	16,00	23,00	8,50	117,10	42,40
5/4/2021	1460,40	1285,00	14,00	15,00	8,65	88,10	49,65
6/4/2021	1480,69	1279,00	11,00	23,00	7,04	113,04	47,61
7/4/2021	1470,07	1303,00	7,00	21,00	4,10	78,13	56,84
8/4/2021	1430,34	1281,00	5,00	20,00	4,02	78,13	42,19
9/4/2021	1490,03	1287,00	15,00	22,00	4,42	112,87	48,74
10/4/2021	1470,71	1324,00	13,00	15,00	6,55	69,96	42,20
11/4/2021	1570,16	1388,00	8,00	19,00	5,16	99,22	50,78
12/4/2021	1520,97	1349,00	6,00	23,00	7,49	89,45	46,03
13/4/2021	1410,26	1228,00	9,00	21,00	4,60	89,47	58,19
14/4/2021	1430,18	1288,00	5,00	19,00	4,03	63,69	50,46
15/4/2021	1490,93	1326,00	12,00	20,00	4,63	94,14	34,16

Elaborado por: Autores.

Con el promedio obtenido de cada categoría en la tabla 4 podemos observar que el 88.61% de los residuos generados corresponden a residuos orgánicos provenientes de la poda de césped que según las encuestas realizadas al personal administrativo y de mantenimiento es de 3 veces por semana, además de los arreglos florales que diariamente son recogidos.

Figura 8. PROMEDIO POR CATEGORIA DE RESIDUO



Elaborado por: Autores

6.3. Selección y diseño de alternativas

El Cementerio Municipal de Riobamba dispondrá de 500 m³ para la ampliación del cementerio de los cuales 100m² estarían destinados para el tratamiento de los residuos generados en las instalaciones. En base al área disponible se proponen las siguientes alternativas de tratamiento.

6.3.1. Compostaje

Según (Martinez et al., 2013) el compostaje se lo realiza únicamente con residuos orgánicos provenientes de la poda, cosecha, postcosecha, etc. En el cementerio de Riobamba predomina como vemos en la figura 8 los residuos orgánicos, por lo cual se realizó los cálculos para el diseño de hileras. De acuerdo a lo expuesto por (Martinez et al., 2013) se recomienda un proceso de trituración de los residuos para lograr una mejor oxigenación dentro del sistema de compostaje. Se ha propuesto una

trituration con molino de martillos el cual tritura 125 kg/hora. Se realizó el cálculo de las hileras semanalmente debido al aumento de kilogramos de residuos generados en el cementerio durante los días sábado y domingo como se aprecia en la tabla 3 debido a la actual crisis sanitaria por la Pandemia la afluencia de personas ha disminuido considerablemente. En la siguiente tabla se encuentran los cálculos obtenidos para el diseño de las hileras.

Tabla 7. Cálculo del tamaño de las hileras y características de la trituration.

Triturador Comercial	Hilera		
125 Kg/Hora	Área de la Base	1,125	m²
	Masa	9106	Kg/Semana
10 horas de trituration	Densidad de los Residuos Sólidos	600	Kg/m³
por la Cantidad	Volumen	15,18	m³/Semana
Promedio de Residuos	Z	13,49	m/Semana
Generados	Área de la Hilera (Con espaciado)	40	m²
	N.º de Hileras (Semanales)	2,5	Hileras/Semana

Elaborado por: Autores.

El cálculo de las hileras se lo realizó con fórmula propuesta por (Martinez et al., 2013):

$$Z = \frac{m \cdot \delta_{rc}}{\frac{b \cdot h}{2}} \quad (2)$$

Donde:

Tabla 8. Parámetros de diseño de las hileras de compostaje

Abreviatura	Significado	valor	Unidad
m	masa	9106	Kg/Semana

δ_{rc}	Densidad de los residuos compactados	600	Kg/m ³
b	base	1,5	metros
h	altura	1,5	metros

Elaborado por: Autores

6.3.2. Metanización

6.3.2.1. Diseño de parámetro iniciales

Para la Metanización se calcularon los residuos orgánicos aprovechables para biodegradación, utilizando un triturador de molino de martillos requisito del sistema para mejorar el proceso, logrando así reducir un 40% en masa de los residuos orgánicos. Los biodigestores transforman el 25% de los residuos orgánicos en biogás y por último el contenido de carbono para residuos orgánicos provenientes del pasto son del 27% (Olaya Arboleda, 2012). Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Cálculo de Residuos aprovechables para biodegradación en procesos de Metanización para obtención de Biogás

Residuos Orgánicos (Kg)	Biodegradación (5%)	Trituración (40%)	Transformación (25% Gas)	Contenido de Carbono (27%)
1300	1235	741	185,25	50,0175
1292	1227,4	736,44	184,11	49,7097
1333	1266,35	759,81	189,9525	51,287175
1318	1252,1	751,26	187,815	50,71005

1283	1218,85	731,31	182,8275	49,363425
1254	1191,3	714,78	178,695	48,24765
1326	1259,7	755,82	188,955	51,01785
1223	1161,85	697,11	174,2775	47,054925
1285	1220,75	732,45	183,1125	49,440375
1279	1215,05	729,03	182,2575	49,209525
1303	1237,85	742,71	185,6775	50,132925
1281	1216,95	730,17	182,5425	49,286475
1287	1222,65	733,59	183,3975	49,517325
1324	1257,8	754,68	188,67	50,9409
1388	1318,6	791,16	197,79	53,4033
1349	1281,55	768,93	192,2325	51,902775
1228	1166,6	699,96	174,99	47,2473
1288	1223,6	734,16	183,54	49,5558
1326	1259,7	755,82	188,955	51,01785

Elaborado Por: Autores.

6.3.2.2. Cálculo de la proporción gaseosa

Según (Cuesta, 2015) el biogás producido contiene los siguientes gases en porcentajes:

Tabla 10. Proporción de los gases que conforman el biogás en base a los residuos orgánicos aprovechables

Contenido de	CH ₄	CO ₂	H ₂	N ₂	CO	O ₂	H ₂ S
Carbono 27%	65%	33,20%	1%	0,50%	0,10%	0,10%	0,10%
50,02	43,35	60,89	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14
49,71	43,08	60,51	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14

51,29	44,45	62,43	0,09	0,60	0,12	0,14	0,15
50,71	43,95	61,73	0,08	0,59	0,12	0,14	0,14
49,36	42,78	60,09	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14
48,25	41,81	58,73	0,08	0,56	0,11	0,13	0,14
51,02	44,22	62,11	0,09	0,60	0,12	0,14	0,14
47,05	40,78	57,28	0,08	0,55	0,11	0,13	0,13
49,44	42,85	60,19	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14
49,21	42,65	59,90	0,08	0,57	0,11	0,13	0,14
50,13	43,45	61,03	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14
49,29	42,71	60,00	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14
49,52	42,92	60,28	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14
50,94	44,15	62,01	0,08	0,59	0,12	0,14	0,14
53,40	46,28	65,01	0,09	0,62	0,12	0,14	0,15
51,90	44,98	63,18	0,09	0,61	0,12	0,14	0,15
47,25	40,95	57,52	0,08	0,55	0,11	0,13	0,13
49,56	42,95	60,33	0,08	0,58	0,12	0,13	0,14
51,02	44,22	62,11	0,09	0,60	0,12	0,14	0,14

Elaborado por: Autores

6.3.2.3. Cálculo del volumen del tanque biodigestor

Para el cálculo del volumen del tanque biodigestor se necesita el caudal másico de residuos que se obtiene sacando el promedio de trituración obtenidos en la tabla 7, la densidad de residuos compactados que es de 600 kg/m^3 según (Ávila Ruiz & Moyano Hernández, 2019), el volumen de residuos compactos se da por la relación entre el caudal másico y la densidad. Por último, el volumen del tanque de Metanización es el mismo valor que el volumen de residuos compactados.

A continuación, se muestran los cálculos:

Tabla 11. Cálculo del volumen del tanque de metanización en base a los residuos triturados.

Caudal Másico de Residuos	8650,7	Kg/Semana
Densidad de Residuos Compactados	600	Kg/m ³
Volumen de Residuos Compactados	14,42	m ³ /Semana
Volumen del Tanque de Metanización	14,42	m ³
Altura	5,00	m
π	3,14	
Radio	0,96	m
Diámetro	1,92	m
Área	35,93	m ²
Tanques requeridos mensuales	4	
Área Total de los tanques	143,72	m ²
Área Disponible	100	m ²
Total de tanques en área disponible	2	

Elaborado por: Autores

En base a los cálculos obtenidos se propone utilizar el biodigestor “Planta de balón o biodigestor tubular” la parte inferior se deposita en un 75% digesto y en la superior 25% de biogás. Entre todos los biodigestores, es la mejor opción económica pues tiene el menor costo de construcción y operación además de poder ser instalado sin necesidad de conocimientos de construcción.

Con los resultados obtenidos se observa que en el espacio destinado a el tratamiento de residuos (100m^2) se podría construir apenas 2 tanques biodigestores de un total de 4 tanques mensuales necesarios para cubrir la demanda de residuos generados.

6.3.2.4. Cálculo volumen de los gases y producción diaria energética para Metanización

Tabla 12. Volumen de los gases en condiciones de operación, condiciones normales y cálculo de la producción energética

CH ₄		CO ₂		H ₂		N ₂		CO		O ₂		H ₂ S		Nm ³	kWh/Día	Ctv. (USD)/Día
m ³	Nm ³	m ³	Nm ³	m ³	Nm ³	m ³	Nm ³	m ³	Nm ³	m ³	Nm ³	m ³	Nm ³	(Totales)		
68,43	60,65	34,95	30,98	1,05	0,93	0,53	0,47	0,11	0,09	0,11	0,09	0,11	0,09	93,31	927,48	129,75
68,00	60,28	34,73	30,79	1,05	0,93	0,52	0,46	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	92,73	921,77	128,96
70,16	62,19	35,84	31,76	1,08	0,96	0,54	0,48	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	95,68	951,02	133,05
69,37	61,49	35,43	31,41	1,07	0,95	0,53	0,47	0,11	0,09	0,11	0,09	0,11	0,09	94,60	940,32	131,55
67,53	59,86	34,49	30,57	1,04	0,92	0,52	0,46	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	92,09	915,35	128,06
66,00	58,50	33,71	29,88	1,02	0,90	0,51	0,45	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	90,01	894,66	125,16
69,79	61,86	35,65	31,60	1,07	0,95	0,54	0,48	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	95,17	946,03	132,35
64,37	57,06	32,88	29,14	0,99	0,88	0,50	0,44	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	87,78	872,54	122,07
67,64	59,95	34,55	30,62	1,04	0,92	0,52	0,46	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	92,23	916,78	128,26
67,32	59,67	34,39	30,48	1,04	0,92	0,52	0,46	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	91,80	912,50	127,66
68,58	60,79	35,03	31,05	1,06	0,94	0,53	0,47	0,11	0,09	0,11	0,09	0,11	0,09	93,52	929,62	130,05

67,43	59,76	34,44	30,53	1,04	0,92	0,52	0,46	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	91,94	913,92	127,86
67,74	60,04	34,60	30,67	1,04	0,92	0,52	0,46	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	92,37	918,20	128,46
69,69	61,77	35,59	31,55	1,07	0,95	0,54	0,48	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	95,03	944,60	132,15
73,06	64,76	37,32	33,08	1,12	1,00	0,56	0,50	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	99,62	990,26	138,54
71,00	62,94	36,27	32,15	1,09	0,97	0,55	0,48	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	96,82	962,44	134,64
64,64	57,29	33,01	29,26	0,99	0,88	0,50	0,44	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	88,14	876,11	122,57
67,79	60,09	34,63	30,69	1,04	0,92	0,52	0,46	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	92,45	918,92	128,56
69,79	61,86	35,65	31,60	1,07	0,95	0,54	0,48	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	95,17	946,03	132,35

Elaborado por: Autores.

Utilizando la fórmula de los gases ideales se obtuvo el volumen generado de gases y se los transformó a condiciones normales (273K y 1 atm de presión) para obtener el rendimiento energético del alternador que viene dado por 9,94 kWh/Nm³, con lo cual calculamos los kilovatios al día que se podrían obtener utilizando un alternador trifásico. Con estos datos y en base a la tarifa dispuesta por la “Agencia De Regulación Y Control De Energía Y Recursos Naturales No Renovables” de 0,1399 USD/kWh diariamente se podría generar 1,30 USD/día.

6.3.3. Incineración

6.3.3.1. Cálculo de la composición de los residuos incinerados

Según (Tchobanoglous & Kreith, 2019) la composición de los residuos incinerados varía entre 27% y 39% de cenizas, el restante en gases de combustión, para el diseño del proceso de incineración. Se utilizó el promedio entre ambos valores. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 13. Composición de los residuos orgánicos en el proceso de incineración

Residuos Orgánicos	33% Cenizas	67% Gases combustión
1300,00	429	871
1292,00	426,36	865,64
1333,00	439,89	893,11
1318,00	434,94	883,06
1283,00	423,39	859,61
1254,00	413,82	840,18
1326,00	437,58	888,42
1223,00	403,59	819,41
1285,00	424,05	860,95
1279,00	422,07	856,93
1303,00	429,99	873,01
1281,00	422,73	858,27
1287,00	424,71	862,29
1324,00	436,92	887,08
1388,00	458,04	929,96
1349,00	445,17	903,83

1228,00	405,24	822,76
1288,00	425,04	862,96
1326,00	437,58	888,42

Elaborado por: Autores

6.3.3.2. Cálculo de la proporción gaseosa

En el proceso de incineración de residuos sólidos municipales se encuentran los siguientes gases con sus respectivas proporciones (Tchobanoglous & Kreith, 2019). En la siguiente tabla se muestra los caudales máxicos en gramos/día para cada gas.

*Tabla 14. Caudales máxicos de los gases de combustión en Incineradores
(gramos/día)*

COMPOSICIÓN		GAS				
67% GC	O ₂	H ₂ O	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂
Kg/día	Gramos	Gramos	Gramos	Gramos	Gramos	Gramos
871	42679,00	207298,0	83616,0	115843,0	33098,0	871
865,64	42416,36	206022,3	83101,4	115130,1	32894,3	865,64
893,11	43762,39	212560,2	85738,6	118783,6	33938,2	893,11
883,06	43269,94	210168,3	84773,8	117447,0	33556,3	883,06
859,61	42120,89	204587,2	82522,6	114328,1	32665,2	859,61
840,18	41168,82	199962,8	80657,3	111743,9	31926,8	840,18
888,42	43532,58	211444,0	85288,3	118159,9	33760,0	888,42
819,41	40151,09	195019,6	78663,4	108981,5	31137,6	819,41
860,95	42186,55	204906,1	82651,2	114506,4	32716,1	860,95
856,93	41989,57	203949,3	82265,3	113971,7	32563,3	856,93

873,01	42777,49	207776,4	83809,0	116110,3	33174,4	873,01
858,27	42055,23	204268,3	82393,9	114149,9	32614,3	858,27
862,29	42252,21	205225,0	82779,8	114684,6	32767,0	862,29
887,08	43466,92	211125,0	85159,7	117981,6	33709,0	887,08
929,96	45568,04	221330,5	89276,2	123684,7	35338,5	929,96
903,83	44287,67	215111,5	86767,7	120209,4	34345,5	903,83
822,76	40315,24	195816,9	78985,0	109427,1	31264,9	822,76
862,96	42285,04	205384,5	82844,2	114773,7	32792,5	862,96
888,42	43532,58	211444,0	85288,3	118159,9	33760,0	888,42

Elaborado por: Autores.

6.3.3.3. Cálculo de volumen de gases para incineración

Utilizando la fórmula de los gases ideales y con base en las características ofrecidas por el distribuidor del incinerador “WFS-500”, escogido ya que cumple con la normativa ambiental vigente en la legislación ecuatoriana, que trabaja a temperaturas de 1383K y 1 atm de presión se obtienen los siguientes volúmenes de gases (m³/día)

Tabla 15. Caudales Másicos y Volumétricos de los gases de combustión en procesos de incineración en condiciones de operación

COMPOSICIÓN	GAS											
	O ₂		H ₂ O,		CO ₂		CO		CH ₄		H ₂	
67% GC	Gramos	m ³	Gramos	m ³	Gramos	m ³	Gramos	m ³	Gramos	m ³	Gramos	m ³
871	42679,00	151,3	207298,0	1306,0	83616,0	215,5	115843,0	469,2	33098,0	234,6	871	49,38831
865,64	42416,36	150,3	206022,3	1298,0	83101,4	214,2	115130,1	466,3	32894,3	233,2	865,64	49,08438
893,11	43762,39	155,1	212560,2	1339,2	85738,6	221,0	118783,6	481,1	33938,2	240,5	893,11	50,64202
883,06	43269,94	153,3	210168,3	1324,1	84773,8	218,5	117447,0	475,7	33556,3	237,8	883,06	50,07215
859,61	42120,89	149,3	204587,2	1289,0	82522,6	212,7	114328,1	463,1	32665,2	231,5	859,61	48,74247
840,18	41168,82	145,9	199962,8	1259,8	80657,3	207,9	111743,9	452,6	31926,8	226,3	840,18	47,64073

888,42	43532,58	154,3	211444,0	1332,2	85288,3	219,8	118159,9	478,6	33760,0	239,3	888,42	50,37608
819,41	40151,09	142,3	195019,6	1228,7	78663,4	202,7	108981,5	441,4	31137,6	220,7	819,41	46,46301
860,95	42186,55	149,5	204906,1	1291,0	82651,2	213,0	114506,4	463,8	32716,1	231,9	860,95	48,81845
856,93	41989,57	148,8	203949,3	1284,9	82265,3	212,0	113971,7	461,6	32563,3	230,8	856,93	48,59050
873,01	42777,49	151,6	207776,4	1309,1	83809,0	216,0	116110,3	470,3	33174,4	235,1	873,01	49,50229
858,27	42055,23	149,0	204268,3	1287,0	82393,9	212,4	114149,9	462,3	32614,3	231,2	858,27	48,66648
862,29	42252,21	149,7	205225,0	1293,0	82779,8	213,4	114684,6	464,5	32767,0	232,2	862,29	48,89443
887,08	43466,92	154,0	211125,0	1330,2	85159,7	219,5	117981,6	477,9	33709,0	238,9	887,08	50,30010
929,96	45568,04	161,5	221330,5	1394,5	89276,2	230,1	123684,7	500,9	35338,5	250,5	929,96	52,73152
903,83	44287,67	157,0	215111,5	1355,3	86767,7	223,6	120209,4	486,9	34345,5	243,4	903,83	51,24987
822,76	40315,24	142,9	195816,9	1233,7	78985,0	203,6	109427,1	443,2	31264,9	221,6	822,76	46,65296
862,96	42285,04	149,9	205384,5	1294,0	82844,2	213,5	114773,7	464,9	32792,5	232,4	862,96	48,93242
888,42	43532,58	154,3	211444,0	1332,2	85288,3	219,8	118159,9	478,6	33760,0	239,3	888,42	50,37608

Elaborado por: Autores

6.3.3.4. Producción energética diaria de los gases de incineración

Tabla 16. Producción energética en kWh/día y ahorro energético a partir de los caudales volumétricos de los gases de Incineración

Composición	GAS												TOTAL kWh/Día	Ctv. (USD)/Día
	O ₂		H ₂ O		CO ₂		CO		CH ₄		H ₂			
67% GC	Nm ³	kWh	Nm ³	kWh	Nm ³	kWh	Nm ³	kWh	Nm ³	kWh	Nm ³	kWh		
871	29,9	296,8	257,8	2562,6	42,5	422,9	92,6	920,6	46,3	460,3	9,7	96,91	4760,08	665,9
865,64	29,7	294,9	256,2	2546,9	42,3	420,3	92,0	914,9	46,0	457,5	9,7	96,31	4730,79	661,8
893,11	30,6	304,3	264,4	2627,7	43,6	433,6	95,0	944,0	47,5	472,0	10,0	99,37	4880,92	682,8
883,06	30,3	300,9	261,4	2598,1	43,1	428,7	93,9	933,4	46,9	466,7	9,9	98,25	4825,99	675,2
859,61	29,5	292,9	254,4	2529,1	42,0	417,3	91,4	908,6	45,7	454,3	9,6	95,64	4697,84	657,2
840,18	28,8	286,3	248,7	2471,9	41,0	407,9	89,3	888,0	44,7	444,0	9,4	93,48	4591,65	642,4
888,42	30,5	302,7	263,0	2613,9	43,4	431,3	94,5	939,0	47,2	469,5	9,9	98,84	4855,28	679,3
819,41	28,1	279,2	242,5	2410,8	40,0	397,8	87,1	866,1	43,6	433,0	9,2	91,17	4478,14	626,5

860,95	29,5	293,4	254,8	2533,1	42,1	418,0	91,5	910,0	45,8	455,0	9,6	95,79	4705,16	658,3
856,93	29,4	292,0	253,6	2521,2	41,9	416,0	91,1	905,7	45,6	452,9	9,6	95,34	4683,19	655,2
873,01	29,9	297,5	258,4	2568,5	42,6	423,8	92,8	922,7	46,4	461,4	9,8	97,13	4771,07	667,5
858,27	29,4	292,4	254,0	2525,2	41,9	416,7	91,3	907,2	45,6	453,6	9,6	95,49	4690,51	656,2
862,29	29,6	293,8	255,2	2537,0	42,1	418,6	91,7	911,4	45,8	455,7	9,7	95,94	4712,48	659,3
887,08	30,4	302,3	262,6	2609,9	43,3	430,7	94,3	937,6	47,2	468,8	9,9	98,70	4847,96	678,2
929,96	31,9	316,9	275,3	2736,1	45,4	451,5	98,9	982,9	49,4	491,5	10,4	103,47	5082,30	711,0
903,83	31,0	308,0	267,5	2659,2	44,1	438,8	96,1	955,3	48,1	477,7	10,1	100,56	4939,50	691,0
822,76	28,2	280,3	243,5	2420,7	40,2	399,4	87,5	869,6	43,7	434,8	9,2	91,54	4496,45	629,1
862,96	29,6	294,0	255,4	2539,0	42,1	419,0	91,8	912,1	45,9	456,1	9,7	96,01	4716,14	659,8
888,42	30,5	302,7	263,0	2613,9	43,4	431,3	94,5	939,0	47,2	469,5	9,9	98,84	4855,28	679,3

Elaborado por: Autores

En la tabla 14 se muestra la producción diaria en kWh/Día utilizando un alternador trifásico en base a los volúmenes (Nm³) obtenidos al transformar el caudal volumétrico de los gases en condiciones de operación a condiciones normales y finalmente se muestra los valores de ahorro que se obtendría al elegir esta alternativa.

6.3.3.5. Límites permisibles y tratamiento de gases de incineración

Como sabemos los gases de incineración son contaminantes principales del efecto invernadero por lo que se debe tener un tratamiento adecuado y estar dentro de los límites permisibles. Como se observa en la tabla 15 el único contaminante que no se encuentra dentro de la normativa es el monóxido de carbono. Por lo que en el incinerador propuesto “WFS-500” tendríamos que incorporar el tratamiento de oxidación térmica regenerativa lo que incrementaría los gastos de adquisición.

Tabla 17. Tabla comparativa de contaminantes producidos por el Incinerador "WFS-500" y la normativa ecuatoriana (mg/Nm³)

Contaminante	Unidad de medida	Datos Fabricante	Datos Fabricante (mg/Nm ³)	LMP (Ambiente, 2016)	Acuerdo Ministerial 097-A
CO	mg/m ³	100	19,74	10	N. A.
SO2	mg/m ³	400	78,96	100	180
HF	mg/m ³	9	1,78	4	N. A.
HCL	mg/m ³	100	19,74	60	N. A.
NO2	mg/m ³	500	98,70	400	N. A.

Nota. El TULSMA se encuentra derogado por el Acuerdo ministerial 097-A (Ministerio del Ambiente, 2015)

N.A. No Aplica

Elaborado por: Autores.

6.3.4. Disposición final

Actualmente en Riobamba solo existe un método o tratamiento para la disposición final de los residuos, no solo de los residuos generados en el cementerio de la ciudad, sino también todos los residuos sólidos urbanos. El proceso consiste en trasladar los desechos hacia la celda emergente de Porlón donde son depositados sin ningún tratamiento.

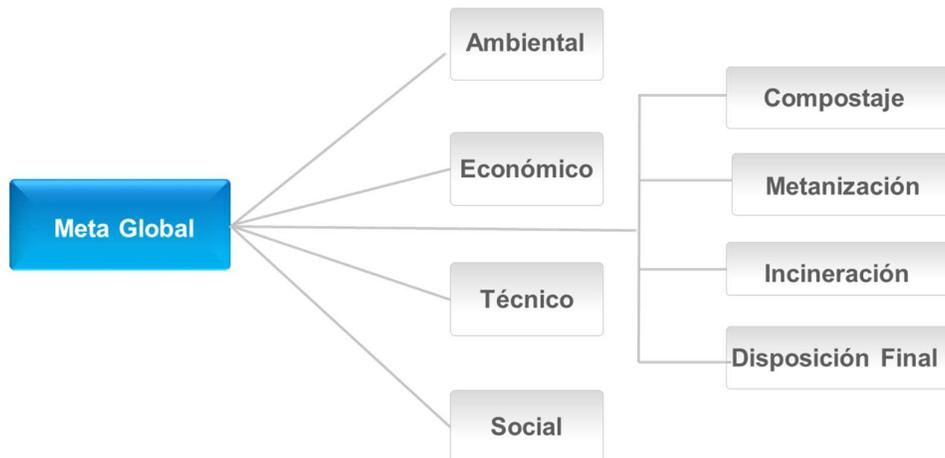
6.4. Validación ambiental, económica, técnica y social de alternativas

6.4.1. Resultado del Método AHP

6.4.1.1. Árbol de Jerarquía

Se elaboró el árbol de jerarquías utilizando las alternativas de tratamiento y los criterios a evaluar para el modelo AHP.

Figura 9. Árbol de jerarquía para el proceso de toma de decisiones



Elaborado por: Autores.

6.4.1.2. Matriz de comparación AHP de criterios

Tabla 18. Matriz de Ponderación de Criterios

	AMBIENTAL	ECONÓMICO	TÉCNICO	SOCIAL
AMBIENTAL	1	1	5	2
ECONÓMICO	1	1	3	1/2
TÉCNICO	1/5	1/3	1	1/5
SOCIAL	1/2	2	5	1
SUMA	2,7	4,33	14	3,7

Elaborado Por: Autores

6.4.1.3. Matriz AHP de Normalización y Vectores de Prioridad

Tabla 19. Matriz AHP de Normalización y Vectores de Prioridad

CRITERIOS	MATIZ NORMALIZADA				VPSN	VPN
Ambiental	0,37	0,23	0,36	0,54	1,50	0,37
Económico	0,37	0,23	0,21	0,14	0,95	0,24
Técnico	0,07	0,08	0,07	0,05	0,28	0,07
Social	0,19	0,46	0,36	0,27	1,27	0,32
	1	1	1	1	4	1

Elaborado Por: Autores

Se utilizó el método de validación AHP para elegir el criterio más importante a la hora de toma de decisiones en cuanto al tratamiento a elegir, predominando el criterio ambiental (0,37) seguidos en orden descendente de importancia por los criterios social (0,32), económico (0,24) y técnico (0,07).

6.4.1.4.Toma de decisiones método AHP

Una vez obtenido el orden de importancia por criterio se aplicó en relación con cada tratamiento propuesto:

Tabla 20. Toma de decisiones basado en los resultados de la metodología AHP

CRITERIO	TRATAMIENTO			
	COMPOSTAJE	METANIZACIÓN	INCINERACIÓN	DISPOSICIÓN FINAL
AMBIENTAL	Representa una alternativa amigable con el ambiente, pero debido a las limitaciones espaciales no permite tratar todos los desechos generados a lo largo del mes por sus largos tiempos de obtención de resultados que varía entre varias semanas a meses.	Permite obtener Biogás para su aprovechamiento energético sin embargo presenta dificultades para el tratamiento de los residuos orgánicos y su eficiencia en cuanto a reducción de volumen de desechos es baja.	Permite recuperar la energía utilizada para el funcionamiento del sistema a través de la generación eléctrica por los gases de combustión ayudando así a reducir la crisis energética global, además trata el total de residuos orgánicos generados en el cementerio diariamente.	El traslado de los residuos a la celda emergente no es una opción viable ya que actualmente se encuentra terminando su vida útil y su capacidad máxima, cuenta con 3 tratamientos únicamente para lixiviados sin embargo no cuenta con un tratamiento para los residuos sólidos, ni una planta de clasificación de residuos.
SOCIAL	Reduce el tráfico de recolectores de basura hacia	Contribuye al desarrollo de energías renovables evitando	Representa una mejora en la tecnología para reducir la	Los olores generados por la celda emergente y el ruido

	el cementerio y mejora la educación ambiental y porcentaje de recuperación de otro tipo de residuos	la rarefacción de los recursos fósiles	contaminación logrando así un mejor bienestar colectivo.	afectan negativamente a la salud pública de las personas que se encuentran cerca o habitan en los alrededores.
ECONÓMICO	Es de bajo costo de implementación.	El costo de implementación de dicho tratamiento puede alcanzar valores altos que no resultarían rentables por las limitaciones espaciales.	Su costo de adquisición es elevado, pero no requiere espacios grandes para su implementación	El transporte de los residuos en los autos recolectores presenta costos bajos.
TÉCNICO	Los costos operativos y de mantenimiento no son altamente significativos.	Los costos de mantenimiento de un tanque biodigestor en términos operativos puede resultar de alta dificultad además de que el biogás obtenido no alcanzaría grados altos de pureza.	Los costos operativos y de mantenimiento del Incinerador y su tratamiento de gases no son significativos y no producen residuos no deseados.	El costo del mantenimiento de la celda puede alcanzar cifras elevadas.

6.4.1.5. Decisión Final método AHP.

En base al método de validación cuantitativa AHP donde predomina el criterio ambiental con un valor de (0,37) seguidos en orden descendente de importancia por los criterios social (0,32), económico (0,24) y técnico (0,07) por tanto la incineración es el método más adecuado para el tratamiento de los residuos sólidos reduciendo en gran medida el volumen total de los desechos que son trasladados a la celda emergente de la ciudad, además de que representa una potencial fuente de generación eléctrica aprovechando los gases de combustión generados durante el proceso y a pesar de que los costos adquisitivos del incinerador pueden ser elevados, es el que mejor en relación calidad/precio presente ante los otros tratamientos propuestos.

6.4.2. Método de validación Delphi

6.4.2.1. Resultados de la Fase Preliminar

Tabla 21 Resultados del procesamiento para la determinación del Coeficiente de competencia de expertos

Expertos	Kc	Ka	K	Valoración
1.Dr. Iván Ríos	0.8	0,7	0,75	Alto
2.Dr. Hannibal Brito	1	1	1	Alto
3.Ing. Blanca Mosquera	1	1	1	Alto

Cada uno de los expertos obtuvieron una valorización alta, concluyendo así que su criterio es más que excelente.

6.4.2.2. Resultados de la Fase Exploratoria.

Se redactó el documento que sirvió de evaluación y validación para el análisis del tratamiento más adecuado según los expertos para la gestión de los residuos sólidos del Cementerio Municipal de Riobamba, véase Anexo 20

6.4.2.3. Resultados de la Fase Final

6.4.2.3.1. Síntesis de Datos

Tabla 22. Tabulación de datos obtenidos durante la aplicación del Método Delphi

ÍTEM	Experto 1: Dr. Iván Ríos	Experto 2: Dr. Hannibal Brito	Experto 3: Ing. Blanca Mosquera
Puesto de trabajo Actual	Profesor UNACH	Profesor ESPOCH	FISCALIZADORA AMBIENTAL-GADMRIOBAMBA
Compostaje			
Ambiental	4	1	5
Social	4	1	3
Técnico	3	1	5

Económico	4	1	5	
Total	15	4	18	37
Metanización				
Ambiental	4	1	5	
Social	4	1	4	
Técnico	3	1	3	
Económico	4	1	3	
Total	15	4	15	34
Incineración				
Ambiental	5	3	5	
Social	4	4	4	
Técnico	3	5	2	
Económico	4	5	1	
Total	16	17	12	45
Celda Emergente "Porlón"				
Ambiental	4	1	3	
Social	4	1	3	
Técnico	3	1	3	
Económico	4	1	2	
Total	15	4	11	30

Elaborado por: Autores

6.4.2.3.2. Decisión Final método Delphi

Validando cuantitativamente mediante el método Delphi con valores en base a los resultados obtenidos en la tabla 22 se obtuvo como resultado máximo un valor de 45 sobre 60. Siendo 60 el equivalente a un tratamiento perfecto ambiental, social, técnica y económicamente. Así pues, la incineración es el tratamiento más aceptado y mejor validado por grandes expertos en el tratamiento de residuos sólidos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. Conclusiones

- Debido al reducido espacio disponible el compostaje no puede tratar la totalidad de los residuos orgánicos generados sin embargo, si el Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Riobamba otorga más espacio para la implementación de una zona de tratamientos de residuos se puede incrementar el número de hileras disponibles convirtiéndose en una opción viable de tratamiento de los residuos del Cementerio Municipal.
- La metanización nos es un tratamiento factible ya que la construcción del tanque biodigestor debería tener un volumen mínimo de 14,42 m³/semana, necesitando de al menos 4 tanques de metanización para cumplir con el promedio mensual de generación de residuos pudiéndose construir únicamente 2 tanques debido al espacio destinado.
- La incineración podría ser el tratamiento más factible ya que los gases de combustión pueden ser aprovechados para la producción eléctrica mediante un alternador trifásico integrado además el fabricante indica que los gases producidos por el incinerador a excepción del CO no superan los límites máximos permisibles para la legislación ecuatoriana que a pesar de estar derogada por el acuerdo ministerial 097-A sigue cumpliendo con los límites máximos permisibles para emisión de gases de fuentes fijas. Sin embargo para este gas se puede agregar en el incinerador “WFS-500” un tratamiento de oxidación térmica regenerativa que posee costes operativos y de mantenimiento bajos y que no produce residuos adicionales.
- Según el método de validación AHP la incineración sería el tratamiento más factible porque en orden de criterios, ambientalmente cumple con los límites permisibles, socialmente sería visible, novedoso y sin riesgo a la salud pública,

económica y técnicamente representa costos altos de adquisición (incluidos en el presupuesto G.A.D.M de Riobamba) pero costos bajos de mantenimiento y operación, además de admitir grandes cargas de residuos sólidos que comprobándose con el método Delphi nos demostró finalmente que, en base al conocimiento de los expertos en residuos sólidos la incineración es lo mas adecuado.

7.2. Recomendaciones

- En caso de optar por la metanización sus gases pueden ser aprovechados para la producción energética como se ve en la tabla 10 obteniéndose en promedio 926,24 kWh/Día equivalente a un ahorro de USD 38.87 mensuales por consumo de electricidad. Por otra parte, los gases de incineración como se observa en la tabla 14 pueden producir en promedio 4753.72 kWh/Día equivalente a un ahorro de USD 199.51 mensuales por consumo de electricidad.
- Durante el desarrollo de encuestas a expertos, el Doctor Hannibal Brito nos permitió una reunión vía telefónica donde nos explicó que el municipio de Riobamba actualmente tiene un proyecto de compostaje en Porlón donde tienen gran cantidad de terreno para realizarla. Y que de haber una clasificación adecuada en la disposición final del cementerio. Todos estos residuos orgánicos se los llevaría a dicho compostaje.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ambiente. (2016). Texto Unificado De Legislacion Secundaria De Medio Ambiente. *Libro VI, Anexo I Recurso Agua. Edición Especial, 316, 10.*
- Ávila Ruiz, W. A., & Moyano Hernández, J. P. (2019). *Propuesta de metodología para el dimensionamiento de una planta de compost.*
- Baeza Sanz, L. (2017). *Elección de la metodología de dirección de proyectos por el método ahp.* 160.
- Blasco Mira, J. E., López Padrón, A., & Mengual Andrés, S. (2010). Validación mediante el método Delphi de un cuestionario para conocer las experiencias e interés hacia las actividades acuáticas con especial atención al Winsurf. *Ágora Para La Educación Física Y El Deporte, March 2015.*
- Brito, G., & Pinduisaca, E. (2016). *Implementación de un sistema de gestión integral de residuos sólidos en los sectores Shuyo, Pedregal y Santa Cruz de la parroquia Yaruquíes del cantón Riobamba.* <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1603>
- Cifre, A. Q., Bailera, M., Luis, P., & Romeo, M. (2016). *Diseño de una planta de metanización biológica en Aragón.*
- Cuesta, J. (2015). *Obtención de biogás a partir de Residuos Sólidos Urbanos para su inyección a Red.* 136.
- Dirección de gestión Ambiental salubridad e Higiene del GADM Riobamba. (2021). *Resumen General de generación de desechos sólidos y bio-peligrosos para el año 2020* (pp. 1–3).
- GADM Riobamba. (2019). *Ordenanza Que Regula La Gestión Integral De Residuos Sólidos En El Cantón Riobamba.*

- Galway, L., Seckar, K., & Church, R. (2012). Manejo De Desechos. *Oms*, 7–11.
[https://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_docman&view=download
&category_slug=technical-notes-on-disasters&alias=2027-12-manejo-de-
desechos-solidos&Itemid=1179&lang=en](https://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=technical-notes-on-disasters&alias=2027-12-manejo-de-desechos-solidos&Itemid=1179&lang=en)
- Gonzales, J., & Violante, A. (2017). Prototipo De Digestor Anaerobio Para La Producción De Biogás. *Jovenesenlaciencia.Ugto.Mx*, 1, 2393–2397.
[http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/
1985](http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1985)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2014). Gestión Ambiental. Estandarización De Colores Para Recipientes De Depósito Y Almacenamiento Temporal De Residuos Sólidos. Requisitos. In *Ministerio de Industrias y Productividad, Ecuador*.
- López, F., & Paola, Y. (2013). *Plan de manejo integral de residuos sólidos ordinarios y peligrosos generados por la Agencia de Servicios Logísticos SA*.
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4116>
- Márquez, D. k., & Pinta, Y. A. (2017). *Actualización del programa gestión integral de residuos sólidos PGIRS para el cementerio distrital central*.
- Martinez, M. M., Roman, P., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina* (Issue January 2013).
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097-A. *Libro VI, Anexo 4*, 184.
[http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.
gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_
ecuato_calidad.pdf](http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)

- Municipio de Riobamba. (2020). *Mantenimiento de Infraestructura y Equipamiento del Cementerio General*.
- Olaya Arboleda, Y. (2012). Fundamentos para el diseño de Biodigestores. *Departamento de Ingeniería*, 32. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7967/>
- Orlando, M. (2019). *Proposal of an urban solid waste incineration plant in Santa Clara*.
- Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., Lyman, & O. (2007). Elementos de muestreo. 6^a edición. Ed. *International Thomson, Madrid*. 455p.
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2019). *Handbook of Solid Waste Management Second Ed.*
- Walter Charry, J., Sacristán Gómez, D. E., & Sierra Reyes, E. F. (2018). *Propuesta de mejora para el manejo de basuras en el barrio San Carlos de Madrid Cundinamarca*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.

ANEXOS.



Anexo 1. Residuos depositados en el sector de las cruces (Destino final de los residuos recolectados durante el día)



Anexo 2. Residuos clasificados por categorías y colocados en bolsas para el pesaje



Anexo 3. Residuos de construcción provenientes de lápidas



Anexo 4. Pesaje de residuos de construcción



Anexo 5. Pesaje de Residuos Orgánicos



Anexo 6. Pesaje de Residuos Orgánicos



Anexo 7. Pesaje de plásticos



Anexo 8. Residuos textiles.



Anexo 9. Pesaje de Residuos Textiles



Anexo 10. Aplicación de encuestas a personal administrativo del cementerio de Riobamba



Anexo 11. Aplicación de encuestas a personal de mantenimiento del Cementerio Municipal de Riobamba.



Anexo 12. Aplicación de encuestas a personal de mantenimiento del Cementerio Municipal de Riobamba.



Anexo 13. Clasificación de Residuos por categorías


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS
Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
 Objetivo. - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: _____ Fecha: _____

1. Conoce usted: ¿Cuál es la cantidad de tachos de basura y contenedores que existen en el Cementerio de Riobamba?

SI NO

de Tachos # de Contenedores

2. ¿Cuántas veces por semana se hacen labores de poda y corta de césped de los nichos del Cementerio de Riobamba?

Una vez por semana

Dos veces por semana

Tres o más veces por semana

3. Conoce usted: ¿Cuál es la cantidad de bolsas, o sacos de basura se generan diariamente en el cementerio de Riobamba?

SI NO

de Bolsas

4. ¿Cuántas veces por semana, el carro recolector de basura recoge los residuos del cementerio de Riobamba?

Una vez por semana

Dos veces por semana

Tres o más veces por semana

5. ¿Posee usted las medidas adecuadas de bio-seguridad para la recolección, mantenimiento de los nichos y bóvedas del Cementerio de Riobamba?

SI NO


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS
Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
 Objetivo. - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: _____ Fecha: _____

6. Como se realiza la recolección de los residuos generados en las autopsias y necropsias

7. Cree usted importante realizar un tratamiento de los residuos orgánicos generados en el cementerio

SI NO

Firma _____ GRACIAS.

Anexo 14. Formato de encuesta para personal de mantenimiento del Cementerio Municipal de Riobamba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS



Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo. - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: Fabiola Guishpe Fecha: 21-03-2021

1. Conoce usted: ¿Cuál es la cantidad de tachos de basura y contenedores que existen en el Cementerio de Riobamba?

SI NO

20

de Tachos # de Contenedores

2. ¿Cuántas veces por semana se hacen labores de poda y corta de césped de los nichos del Cementerio de Riobamba?

- Una vez por semana
- Dos veces por semana
- Tres o más veces por semana

3. Conoce usted: ¿Cuál es la cantidad de bolsas, o sacos de basura se generan diariamente en el cementerio de Riobamba?

SI NO

75

de Bolsas

4. ¿Cuántas veces por semana, el carro recolector de basura recoge los residuos del cementerio de Riobamba?

- Una vez por semana
- Dos veces por semana
- Tres o más veces por semana

5. ¿Posee usted las medidas adecuadas de bio-seguridad para la recolección, mantenimiento de los nichos y bóvedas del Cementerio de Riobamba?

SI NO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS



Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo. - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: _____ Fecha: _____

6. Como se realiza la recolección de los residuos generados en las autopsias y necropsias

NO realiza

7. Cree usted importante realizar un tratamiento de los residuos orgánicos generados en el cementerio

SI NO

Fabiola Guishpe

Firma

GRACIAS.

Anexo 15. Evidencia de aplicación de encuestas a personal de mantenimiento (1/13)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS

Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: Carlos Daquilema Fecha: 30 de Mayo 2021

1. Conoce usted: ¿Cuál es la cantidad de tachos de basura y contenedores que existen en el Cementerio de Riobamba?

SI NO

40

de Tachos # de Contenedores

2. ¿Cuántas veces por semana se hacen labores de poda y corta de césped de los nichos del Cementerio de Riobamba?

- Una vez por semana
 Dos veces por semana
 Tres o más veces por semana

3. Conoce usted: ¿Cuál es la cantidad de bolsas, o sacos de basura se generan diariamente en el cementerio de Riobamba?

SI NO

10

de Bolsas

4. ¿Cuántas veces por semana, el carro recolector de basura recoge los residuos del cementerio de Riobamba?

- Una vez por semana
 Dos veces por semana
 Tres o más veces por semana Lunes - Miércoles - Viernes

5. ¿Posee usted las medidas adecuadas de bio-seguridad para la recolección, mantenimiento de los nichos y bóvedas del Cementerio de Riobamba?

SI NO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS

Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: _____ Fecha: _____

6. Como se realiza la recolección de los residuos generados en las autopsias y necropsias

Recolectar en carretilla y disposición en el sector de las cruces

7. Cree usted importante realizar un tratamiento de los residuos orgánicos generados en el cementerio

SI NO

[Firma]

Firma

GRACIAS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS

Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo. - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: _____ Fecha: _____

1. ¿Existe actualmente un método de cuantificación de los residuos generados en el cementerio de Riobamba?

SI NO

2. Si su respuesta fue sí. Describa el método utilizado.

3. ¿Cree usted que el método utilizado es el correcto para la cuantificación de los residuos generados?

SI NO

4. ¿Conoce usted cual es la cantidad de residuos generados a la semana o al mes en el cementerio de Riobamba?

SI NO

Peso en Kg

5. ¿Existe actualmente un método para la recolección de los residuos generados en el Cementerio de Riobamba?

SI NO

6. Si su respuesta fue sí. Describa la técnica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS

Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo. - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: _____ Fecha: _____

7. ¿Cree usted que la recolección de los residuos del Cementerio de Riobamba es la adecuada?

SI NO

8. ¿Existe actualmente un método para la entrega de los residuos al carro recolector?

SI NO

9. Si su respuesta fue sí. Describa la técnica

10. Considera usted que es importante hacer una clasificación de los residuos en la fuente.

SI NO

11. Cree usted importante realizar un tratamiento de los residuos orgánicos generados en el cementerio

SI NO

Firma

GRACIAS.

Anexo 17. Formato de encuesta a personal Administrativo

Nombre: Paola Aleoncia Llunquyo Fecha: 30/03/2024

1. ¿Existe actualmente un método de cuantificación de los residuos generados en el cementerio de Riobamba?

SI NO

2. Si su respuesta fue sí. Describa el método utilizado.

3. ¿Cree usted que el método utilizado es el correcto para la cuantificación de los residuos generados?

SI NO

4. ¿Conoce usted cual es la cantidad de residuos generados a la semana o al mes en el cementerio de Riobamba?

SI NO

Pero en Kg

5. ¿Existe actualmente un método para la recolección de los residuos generados en el Cementerio de Riobamba?

SI NO

6. Si su respuesta fue sí. Describa la técnica

Nombre: _____ Fecha: _____

7. ¿Cree usted que la recolección de los residuos del Cementerio de Riobamba es la adecuada?

SI NO

8. ¿Existe actualmente un método para la entrega de los residuos al carro recolector?

SI NO

9. Si su respuesta fue sí. Describa la técnica

10. Considera usted que es importante hacer una clasificación de los residuos en la fuente.

SI NO

11. Cree usted importante realizar un tratamiento de los residuos orgánicos generados en el cementerio

SI NO

[Firma]
Firma

GRACIAS.

Anexo 18. Evidencia de aplicación de encuesta a personal Administrativo (1/3)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS

Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: VALEDA GALVAÑEZ Fecha: 2021/03/30

1. ¿Existe actualmente un método de cuantificación de los residuos generados en el cementerio de Riobamba?

SI NO

2. Si su respuesta fue sí. Describa el método utilizado.

3. ¿Cree usted que el método utilizado es el correcto para la cuantificación de los residuos generados?

SI NO

4. ¿Conoce usted cual es la cantidad de residuos generados a la semana o al mes en el cementerio de Riobamba?

SI NO

Peso en Kg

5. ¿Existe actualmente un método para la recolección de los residuos generados en el Cementerio de Riobamba?

SI NO

6. Si su respuesta fue sí. Describa la técnica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE TESIS

Gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba
Objetivo - Optimizar la gestión de los residuos sólidos del Cementerio de la ciudad de Riobamba

Nombre: VALEDA GALVAÑEZ Fecha: 2021/03/30

7. ¿Cree usted que la recolección de los residuos del Cementerio de Riobamba es la adecuada?

SI NO

8. ¿Existe actualmente un método para la entrega de los residuos al carro recolector?

SI NO

9. Si su respuesta fue sí. Describa la técnica

10. Considera usted que es importante hacer una clasificación de los residuos en la fuente.

SI NO

11. Cree usted importante realizar un tratamiento de los residuos orgánicos generados en el cementerio

SI NO

VALEDA GALVAÑEZ

Firma

GRACIAS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE
LA CIUDAD DE RIOBAMBA

VALORACIÓN: MÉTODO DELPHI

ELABORADO POR:
NOVILLO BONIFAZ WILSON EDUARDO
PÁSTOR FLORES STEEVEN ROBERTO

RIOBAMBA- ECUADOR
Año 2021

TEMA: GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE LA
CIUDAD DE RIOBAMBA

RESÚMEN DE TESIS:

El objetivo del presente trabajo de titulación es optimizar la gestión de los residuos sólidos que se generan en el cementerio de la ciudad de Riobamba, cuantificando, caracterizando y elaborando medidas o alternativas para la gestión de dichos residuos teniendo en consideración que solamente se dispone de 100m² para la propuesta de nuevas alternativas de tratamientos. Se cuantificó manualmente un total de 27836,848 kilogramos de 24885,96 kilogramos de muestra calculada en 19 días con lo cual además se realizó la caracterización de los tipos de residuos que se generaran siendo un 88.61% de los residuos generados correspondientes a residuos orgánicos, cerámica 5.88%, madera 3.07%, textiles 1.24%, plásticos 0.69% y vidrio 0.41 %. Con estos datos se procedió con la propuesta de 4 alternativas para el tratamiento final de los residuos orgánicos:

- **Compostaje:** Se realizó el cálculo para el diseño y construcción de hileras, las cuales por el espacio disponible se podrían construir 2 hileras semanalmente de 4 mínimas requeridas para tratar toda la generación de residuos orgánicos.
- **Metanización (Construcción tanque biodigestor):** Para la Metanización se calcularon los residuos orgánicos aprovechables para biodegradación, utilizando un triturador de molino de martillos requisito del sistema para mejorar el proceso, logrando así reducir un 40% en masa de los residuos orgánicos pero con los resultados obtenidos se observa que en el espacio destinado a el tratamiento de residuos (100m²) se podría construir apenas 2 tanques biodigestores de un total de 4 tanques mensuales necesarios para cubrir la demanda de residuos generado.
- **Incineración (Mediante un Incinerador "WFS-500"):** Los gases de combustión pueden ser aprovechados para la producción eléctrica mediante un alternador trifásico integrado además el fabricante indica que los gases producidos por el incinerador a excepción del CO no superan los límites máximos permisibles para la legislación ecuatoriana que a pesar de estar derogada por el acuerdo ministerial 097-A sigue cumpliendo con los límites máximos permisibles para emisión de gases de fuentes fijas. Sin embargo, para este gas se puede agregar en el incinerador "WFS-500" un

tratamiento de oxidación térmica regenerativa que posee costes operativos y de mantenimiento bajos y que no produce residuos adicionales

- **Celdas emergentes en Portón:** Actualmente en Riobamba solo existe un método o tratamiento para la disposición final de los residuos, no solo de los residuos generados en el cementerio de la ciudad, sino también todos los residuos sólidos urbanos. El proceso consiste en trasladar los desechos hacia el relleno sanitario de Portón donde son depositados sin ningún tratamiento.
- **Resultado del Método de validación AHP:** La incineración sería el tratamiento más factible porque en orden de criterios, ambientalmente cumple con los límites permisibles, socialmente sería visible, novedoso y sin riesgo a la salud pública, económica y técnicamente representa costos altos de adquisición. La incineración de los residuos sólidos reduce en gran medida el volumen total de los desechos que son trasladados a la celda emergente de la ciudad, además de que representa una potencial fuente de generación eléctrica aprovechando los gases de combustión generados durante el proceso y a pesar de que los costos adquisitivos del incinerador pueden ser elevados, es el que mejor relación calidad/precio presenta ante los otros tratamientos propuestos.

1. Datos Personales

Nombre y Apellidos: Ríos García
Iván Alfredo

Puesto de trabajo Actual:
Docente Facultad de Ingeniería

Calificación profesional:
Titulado/a Universitario de Grado Superior Máster Doctor/a

Años de Experiencia en la profesión: 25 años

2. Marque con una cruz (X), en el casillero que le corresponda al grado de conocimientos que usted posee acerca del tema de Investigación, valorándolo en la escala del 0 a 10. Donde 0 es no tener absolutamente ningún conocimiento y 10 el pleno conocimiento de la problemática tratada

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								X		

3. Auto valore el grado de influencia que ha tenido cada fuente presentada a continuación en su conocimiento y criterios acerca del tema de la Investigación

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teóricos realizados por usted		X	
Experiencia dentro de su actividad práctica	X		
Estudio de trabajos sobre la temática		X	
Su propio conocimiento, acerca del estado del problema en el extranjero		X	
Su intuición sobre el tema planteado	X		

4. A continuación, le pedimos respecto a cuál cree usted que sería el mejor tratamiento final para los residuos generados en el Cementerio Municipal de Riobamba- Tomando en consideración los aspectos detallados en el resumen y la información proporcionada para cada tratamiento. Valore los tratamientos con números del 1 al 5 en base a la siguiente descripción.

Tabla de ponderación

Muy Adecuado	5
Bastante Adecuado	4
Adecuado	3
Poco Adecuado	2
Nada Adecuado	1

Tabla de valoración de tratamientos

ÍTEM	VALORACIÓN
COMPOSTAJE	
AMBIENTAL	4
SOCIAL	4
TÉCNICO	3
ECONÓMICO	4
METANIZACIÓN	
AMBIENTAL	4
SOCIAL	4
TÉCNICO	3
ECONÓMICO	4
INCINERACIÓN	
AMBIENTAL	5
SOCIAL	4
TÉCNICO	3
ECONÓMICO	4
DISPOSICIÓN FINAL	
AMBIENTAL	4
SOCIAL	4
TÉCNICO	3
ECONÓMICO	4

Anexo 20. Aplicación de Método Delphi a Experto 1: Ing. Iván Ríos PhD.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE
LA CIUDAD DE RIOBAMBA

VALORACIÓN: MÉTODO DELPHI

ELABORADO POR:
NOVILLO BONIFAZ WILSON EDUARDO
PÁSTOR FLORES STEEVEN ROBERTO

RIOBAMBA- ECUADOR
Año 2021

TEMA: GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

RESÚMEN DE TESIS:

El objetivo del presente trabajo de titulación es optimizar la gestión de los residuos sólidos que se generan en el cementerio de la ciudad de Riobamba, cuantificando, caracterizando y elaborando medidas o alternativas para la gestión de dichos residuos teniendo en consideración que solamente se dispone de 100m² para la propuesta de nuevas alternativas de tratamientos. Se cuantificó manualmente un total de 27836,848 kilogramos de 24885,96 kilogramos de muestra calculada en 19 días con lo cual además se realizó la caracterización de los tipos de residuos que se generaran siendo un 88.61% de los residuos generados correspondientes a residuos orgánicos, cerámica 5.88%, madera 3.07%, textiles 1.24%, plásticos 0.69% y vidrio 0.41 %. Con estos datos se procedió con la propuesta de 4 alternativas para el tratamiento final de los residuos orgánicos:

- **Compostaje:** Se realizó el cálculo para el diseño y construcción de hileras, las cuales por el espacio disponible se podrían construir 2 hileras semanalmente de 4 mínimas requeridas para tratar toda la generación de residuos orgánicos.
- **Metanización (Construcción tanque biodigestor):** Para la Metanización se calcularon los residuos orgánicos aprovechables para biodegradación, utilizando un triturador de molino de martillos requisito del sistema para mejorar el proceso, logrando así reducir un 40% en masa de los residuos orgánicos pero con los resultados obtenidos se observa que en el espacio destinado a el tratamiento de residuos (100m²) se podría construir apenas 2 tanques biodigestores de un total de 4 tanques mensuales necesarios para cubrir la demanda de residuos generado.
- **Incineración (Mediante un incinerador "WFS-500"):** Los gases de combustión pueden ser aprovechados para la producción eléctrica mediante un alternador trifásico integrado además el fabricante indica que los gases producidos por el incinerador a excepción del CO no superan los límites máximos permisibles para la legislación ecuatoriana que a pesar de estar derogada por el acuerdo ministerial 097-A sigue cumpliendo con los límites máximos permisibles para emisión de gases de fuentes fijas. Sin embargo, para este gas se puede agregar en el incinerador "WFS-500" un

tratamiento de oxidación térmica regenerativa que posee costes operativos y de mantenimiento bajos y que no produce residuos adicionales

- **Celdas emergentes en Portón:** Actualmente en Riobamba solo existe un método o tratamiento para la disposición final de los residuos, no solo de los residuos generados en el cementerio de la ciudad, sino también todos los residuos sólidos urbanos. El proceso consiste en trasladar los desechos hacia el relleno sanitario de Portón donde son depositados sin ningún tratamiento.
- **Resultado del Método de validación AHP:** La incineración sería el tratamiento más factible porque en orden de criterios, ambientalmente cumple con los límites permisibles, socialmente sería visible, novedoso y sin riesgo a la salud pública, económica y técnicamente representa costos altos de adquisición. La incineración de los residuos sólidos reduce en gran medida el volumen total de los desechos que son trasladados a la celda emergente de la ciudad, además de que representa una potencial fuente de generación eléctrica aprovechando los gases de combustión generados durante el proceso y a pesar de que los costos adquisitivos del incinerador pueden ser elevados, es el que mejor relación calidad/precio presenta ante los otros tratamientos propuestos.

1. Datos Personales

Nombre y Apellidos: Hannibal Lorenzo Brito Moína

Puesto de trabajo Actual

Profesor ESPOCH

Cualificación profesional:

Titulado/a Universitario Máster Doctor/a
de Grado Superior

Años de Experiencia en la profesión 23

2. Marque con una cruz (X), en el casillero que le corresponda al grado de conocimientos que usted posee acerca del tema de Investigación, valorándolo en la escala del 0 a 10. Donde 0 es no tener absolutamente ningún conocimiento y 10 el pleno conocimiento de la problemática tratada

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										X

3. Auto valore el grado de Influencia que ha tenido cada fuente presentada a continuación en su conocimiento y criterios acerca del tema de la Investigación

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teóricos realizados por usted	X		
Experiencia dentro de su actividad práctica	X		
Estudio de trabajos sobre la temática	X		
Su propio conocimiento, acerca del estado del problema en el extranjero	X		
Su intuición sobre el tema planteado	X		

4. A continuación, le pedimos respecto a cuál cree usted que sería el mejor tratamiento final para los residuos generados en el Cementerio Municipal de Riobamba. Tomando en consideración los aspectos detallados en el resumen y la información proporcionada para cada tratamiento. Valore los tratamientos con números del 1 al 5 en base a la siguiente descripción.

Tabla de ponderación

Muy Adecuado	5
Bastante Adecuado	4
Adecuado	3
Poco Adecuado	2
Nada Adecuado	1

Tabla de valoración de tratamientos

ÍTEM	VALORACIÓN
COMPOSTAJE	
AMBIENTAL	
SOCIAL	
TÉCNICO	
ECONÓMICO	
METANIZACIÓN	
AMBIENTAL	
SOCIAL	
TÉCNICO	
ECONÓMICO	
INCINERACIÓN	
AMBIENTAL	3
SOCIAL	4
TÉCNICO	5
ECONÓMICO	5
DISPOSICIÓN FINAL	
AMBIENTAL	
SOCIAL	
TÉCNICO	
ECONÓMICO	

Anexo 21. Aplicación del método Delphi a Experto 2

Anexo 21. Aplicación del Método Delphi a Experto 2: Ing. Hannibal Brito PhD.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE
LA CIUDAD DE RIOBAMBA

VALORACIÓN: MÉTODO DELPHI

ELABORADO POR:

NOVILLO BONIFAZ WILSON EDUARDO
PÁSTOR FLORES STEEVEN ROBERTO

RIOBAMBA- ECUADOR

Año 2021

TEMA: GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CEMENTERIO DE LA
CIUDAD DE RIOBAMBA

RESÚMEN DE TESIS:

El objetivo del presente trabajo de titulación es optimizar la gestión de los residuos sólidos que se generan en el cementerio de la ciudad de Riobamba, cuantificando, caracterizando y elaborando medidas o alternativas para la gestión de dichos residuos teniendo en consideración que solamente se dispone de 100m² para la propuesta de nuevas alternativas de tratamientos. Se cuantificó manualmente un total de 27.836,848 kilogramos de 24885,96 kilogramos de muestra calculada en 19 días con lo cual además se realizó la caracterización de los tipos de residuos que se generaran siendo un 88.61% de los residuos generados correspondientes a residuos orgánicos, cerámica 5.88%, madera 3.07%, textiles 1.24%, plásticos 0.69% y vidrio 0.41 %. Con estos datos se procedió con la propuesta de 4 alternativas para el tratamiento final de los residuos orgánicos:

- **Compostaje:** Se realizó el cálculo para el diseño y construcción de hileras, las cuales por el espacio disponible se podrían construir 2 hileras semanalmente de 4 mínimas requeridas para tratar toda la generación de residuos orgánicos.
- **Metanización (Construcción tanque biodigestor):** Para la Metanización se calcularon los residuos orgánicos aprovechables para biodegradación, utilizando un triturador de molino de martillos requisito del sistema para mejorar el proceso, logrando así reducir un 40% en masa de los residuos orgánicos pero con los resultados obtenidos se observa que en el espacio destinado a el tratamiento de residuos (100m²) se podría construir apenas 2 tanques biodigestores de un total de 4 tanques mensuales necesarios para cubrir la demanda de residuos generado.
- **Incineración (Mediante un Incinerador "WFS-500"):** Los gases de combustión pueden ser aprovechados para la producción eléctrica mediante un alternador trifásico integrado además el fabricante indica que los gases producidos por el incinerador a excepción del CO no superan los límites máximos permisibles para la legislación ecuatoriana que a pesar de estar derogada por el acuerdo ministerial 097-A sigue cumpliendo con los límites máximos permisibles para emisión de gases de fuentes fijas. Sin embargo, para este gas se puede agregar en el incinerador "WFS-500" un

tratamiento de oxidación térmica regenerativa que posee costes operativos y de mantenimiento bajos y que no produce residuos adicionales

- **Celdas emergentes en Portón:** Actualmente en Riobamba solo existe un método o tratamiento para la disposición final de los residuos, no solo de los residuos generados en el cementerio de la ciudad, sino también todos los residuos sólidos urbanos. El proceso consiste en trasladar los desechos hacia el relleno sanitario de Portón donde son depositados sin ningún tratamiento.
- **Resultado del Método de validación AHP:** La incineración sería el tratamiento más factible porque en orden de criterios, ambientalmente cumple con los límites permisibles, socialmente sería visible, novedoso y sin riesgo a la salud pública, económica y técnicamente representa costos altos de adquisición. La incineración de los residuos sólidos reduce en gran medida el volumen total de los desechos que son trasladados a la celda emergente de la ciudad, además de que representa una potencial fuente de generación eléctrica aprovechando los gases de combustión generados durante el proceso y a pesar de que los costos adquisitivos del incinerador pueden ser elevados, es el que mejor relación calidad/precio presenta ante los otros tratamientos propuestos.

1. Datos Personales

Nombre y Apellidos:	BLANCA CARLOTA MOSQUERA GUILCAPI
Puesto de trabajo Actual	FISCALIZADORA AMBIENTAL- GADMRIOBAMBA
Calficación profesional	
Titulado/a Universitario de Grado Superior	<input checked="" type="checkbox"/> Máster <input type="checkbox"/> Doctor/a <input type="checkbox"/>
Años de Experiencia en la profesión: 8 Años	

2. Marque con una cruz (X), en el casillero que le corresponda al grado de conocimientos que usted posee acerca del tema de Investigación, valorándolo en la escala del 0 a 10. Donde 0 es no tener absolutamente ningún conocimiento y 10 el pleno conocimiento de la problemática tratada

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										x

3. Auto valore el grado de influencia que ha tenido cada fuente presentada a continuación en su conocimiento y criterios acerca del tema de la Investigación

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teóricos realizados por usted	x		
Experiencia dentro de su actividad práctica	x		
Estudio de trabajos sobre la temática	x		
Su propio conocimiento, acerca del estado del problema en el extranjero	x		
Su intuición sobre el tema planteado	x		

4. A continuación, le pedimos respecto a cuál cree usted que sería el mejor tratamiento final para los residuos generados en el Cementerio Municipal de Riobamba- Tomando en consideración los aspectos detallados en el resumen y la información proporcionada para cada tratamiento. Valore los tratamientos con números del 1 al 5 en base a la siguiente descripción.

Tabla de ponderación

Muy Adecuado	5
Bastante Adecuado	4
Adecuado	3
Poco Adecuado	2
Nada Adecuado	1

Tabla de valoración de tratamientos

ÍTEM	VALORACIÓN
COMPOSTAJE	
AMBIENTAL	5
SOCIAL	3
TÉCNICO	5
ECONÓMICO	5
METANIZACIÓN	
AMBIENTAL	5
SOCIAL	4
TÉCNICO	3
ECONÓMICO	3
INCINERACIÓN	
AMBIENTAL	5
SOCIAL	4
TÉCNICO	2
ECONÓMICO	1
DISPOSICIÓN FINAL	
AMBIENTAL	3
SOCIAL	3
TÉCNICO	3
ECONÓMICO	2

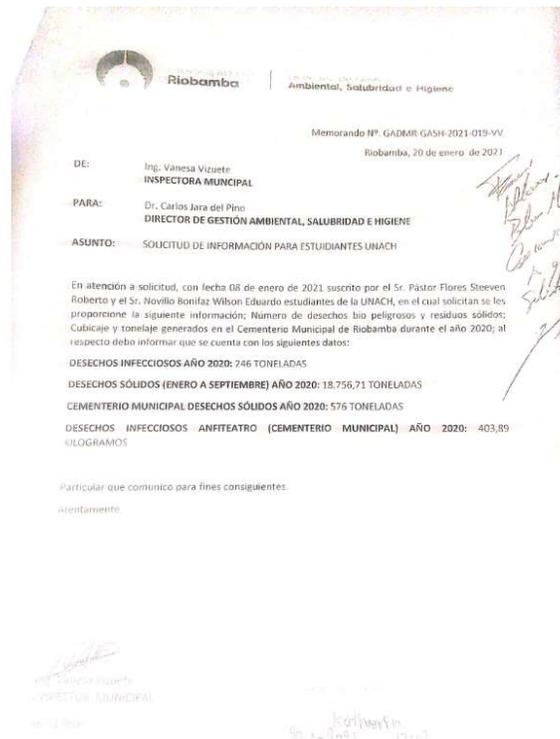
Anexo 22. Aplicación del Método Delphi a Experto 3

Anexo 22. Aplicación de Método Delphi a Experto 3: Ing. Blanca Mosquera.

Anexo 23. Solicitud de información sobre cubicaje, tonelaje y residuos peligrosos al GADM. Riobamba



Anexo 24. Autorización para entrega de información del GADM. Riobamba



Anexo 25. Oficio de Información emitida por el GADM. Riobamba.