



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE



TESIS

DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
PARA LA CIUDAD DE PUNO

PRESENTADA POR:

LEONEL PALOMINO ASCENCIO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios por la vida que me dio, por su eterna gracia y por las oportunidades que me brinda.

A la memoria de mis padres Simón y Bernardina.

A mi querida esposa Melchora por su inagotable amor.

A mis hijos Karina, Ronald, Abraham y Josué que son mi inspiración en la vida.

A mis hermanos y familiares quienes me dan aliento para continuar adelante.



AGRADECIMIENTOS

- A Dios por su eterna salvación, a través de la muerte y resurrección de Jesucristo.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma mater por darme oportunidad para formarme como profesional e investigador.
- A los docentes del doctorado de la UNA, por sus savias enseñanzas, honestidad y responsabilidad
- A mi esposa por comprenderme en los momentos más difíciles de mi vida y por el apoyo de mis hijos.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------|-------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS | ii |
| ÍNDICE GENERAL | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xi |
| ABREVIATURAS | xii |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

| | |
|---|-----|
| 1.1. Marco teórico | 4 |
| 1.1.1. Marco legal | 4 |
| 1.1.2. Gestión Integral de Residuos Sólidos | 8 |
| 1.1.3. Clasificación de residuos sólidos | 10 |
| 1.1.4. Según su origen | 11 |
| 1.1.5. Por su peligrosidad | 15 |
| 1.1.6. Por su gestión | 16 |
| 1.1.7. Las operaciones y procesos de los residuos | 18 |
| 1.1.8. Recuperación y reconversión de áreas degradadas por residuos | 25 |
| | iii |



| | |
|---|----|
| 1.1.9. Caracterización de residuos sólidos | 26 |
| 1.1.10. Teoría sobre la educación ambiental | 26 |
| 1.2. Antecedentes | 27 |

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| | |
|----------------------------------|----|
| 2.1. Identificación del problema | 35 |
| 2.2. Enunciados del problema | 36 |
| 2.2.1. Problema general | 36 |
| 2.2.2. Problemas específicos | 36 |
| 2.3. Justificación | 36 |
| 2.4. Objetivos | 37 |
| 2.4.1. Objetivo general | 37 |
| 2.4.2. Objetivos específicos | 37 |
| 2.5. Hipótesis | 37 |
| 2.5.1. Hipótesis general | 37 |
| 2.5.2. Hipótesis específicas | 38 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|---|----|
| 3.1. Lugar de estudio | 39 |
| 3.2. Población | 39 |
| 3.3. Muestra | 39 |
| 3.4. Método de investigación | 40 |
| 3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos | 41 |



| | |
|------------------------------|----|
| 3.5.1. Objetivo específico 1 | 41 |
| 3.5.2. Objetivo específico 2 | 43 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

| | |
|---|----|
| 4.1. Situación actual del manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno | 45 |
| 4.1.1. Análisis de generación de residuos sólidos | 45 |
| 4.1.2. Recolección, barrido y transporte de residuos sólidos | 54 |
| 4.1.3. Disposición final de residuos sólidos | 56 |
| 4.1.4. Comparación con modelos de otras regiones | 57 |
| 4.2. Propuesta de plan de gestión de residuos sólidos | 59 |
| 4.2.1. Introducción | 59 |
| 4.2.2. Objetivo | 60 |
| 4.2.3. Alcance | 60 |
| 4.2.4. Equipo responsable | 61 |
| 4.2.5. Programa de recolección | 62 |
| 4.2.6. Programa de transporte | 64 |
| 4.2.7. Programa de segregación | 65 |
| 4.2.8. Programa de tratamiento y disposición final | 66 |
| 4.2.9. Propuesta más viable | 75 |
| 4.2.10. Evaluación financiera | 76 |
| 4.3. Comparación método utilizado en la actualidad con la propuesta nueva | 78 |
| CONCLUSIONES | 80 |
| RECOMENDACIONES | 81 |



| | |
|--------------|----|
| BIBLIOGRAFÍA | 82 |
| ANEXOS | 91 |

Puno, 03 de diciembre de 2021

ÁREA : Ciencias de la ingeniería.
TEMA : Gestión de residuos sólidos.
LÍNEA: Recursos naturales y medio ambiente.



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Opciones para el tratamiento de residuos | 23 |
| 2. Población de la ciudad de Puno | 39 |
| 3. Operacionalización de variables | 44 |
| 4. Generación de residuos sólidos anuales | 45 |
| 5. Generación per cápita de residuos sólidos de la ciudad de Puno | 46 |
| 6. Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del año 2012 al 2018 | 47 |
| 7. Caracterización de residuos sólidos domiciliarios especiales | 48 |
| 8. Caracterización de residuos sólidos del año 2019 | 49 |
| 9. Caracterización de residuos sólidos orgánicos | 50 |
| 10. Caracterización de residuos sólidos de papel | 50 |
| 11. Caracterización de residuos sólidos de vidrio | 51 |
| 12. Caracterización de residuos sólidos de plástico | 51 |
| 13. Caracterización de residuos sólidos metálicos | 51 |
| 14. Caracterización de residuos sólidos especiales | 52 |
| 15. Residuos sólidos no domiciliarios | 52 |
| 16. Servicio de recolección de residuos sólidos | 54 |
| 17. Servicio de barrido de vías públicas | 55 |
| 18. Disposición de residuos sólidos de la ciudad de Puno | 57 |
| 19. Comparación en la generación de residuos entre Puno, Trujillo y San Miguel | 58 |
| 20. Características en la gestión de residuos sólidos | 59 |
| 21. Segregación de residuos sólidos municipales | 66 |



| | | |
|-----|--|----|
| 22. | Fuentes de generación de energía eléctrica en Perú | 69 |
| 23. | Fuentes de generación de energía eléctrica en España | 70 |
| 24. | Resultados de gasificación de residuos sólidos | 74 |
| 25. | Comparación de producción de energía entre gasificación y pirólisis | 75 |
| 26. | Comparación de plan de gestión de residuos sólidos con el plan propuesto | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Código de colores para los residuos de ámbito municipal | 17 |
| 2. Código de colores para los residuos de ámbito no municipal | 18 |
| 3. Botadero de residuos sólidos de Cancharani | 42 |
| 4. Procedimiento de análisis | 43 |
| 5. Diagrama de funcionamiento del sistema propuesto | 61 |
| 6. Estación de reciclaje con cinco depósitos | 64 |
| 7. Opciones de valorización de residuos sólidos municipales | 67 |
| 8. Diagrama para seleccionar tratamiento térmico | 71 |
| 9. Resultados de tratamiento por incineración | 72 |
| 10. Resultados de tratamiento por gasificación | 73 |
| 11. Almacenamiento de residuos sólidos en domicilio Puno | 105 |
| 12. Disposición de RSU para la recolección en domicilio Puno | 105 |
| 13. Usuarios esperan a recolector de RSU en la ciudad de Puno | 106 |
| 14. Camión compactador recolector de RSU en la ciudad de Puno | 106 |
| 15. Recolección de RSU en la ciudad de Puno | 107 |
| 16. Segregación parcial de RSU por los trabajadores del municipio durante la recolección Puno | 107 |
| 17. Trabadores de MINSA almacenan RSH en contenedores de calle, Av. El sol Puno | 108 |
| 18. Contenedores de RSU en las calles no son suficientes, Jr. Tacna Puno | 108 |
| 19. Contenedores de RSU de acuerdo con norma peruana, Av. Laycacota | 109 |
| 20. Contenedor de residuo sólido de plástico, Av. El sol Laycacota | 109 |



| | | |
|-----|---|-----|
| 21. | Disposición final de RSU de Cancharani Puno | 110 |
| 22. | Los recicladores recuperan residuos en disposición final de Cancharani Puno | 110 |
| 23. | Personal de MINSA incinera residuos sólidos hospitalarios en Cancharani Puno | 111 |
| 24. | Lixiviación de RSU en disposición final de Cancharani Puno | 111 |
| 25. | Contaminación del medio ambiente en disposición final de Cancharani Puno | 112 |
| 26. | Depósitos de RSU de demolición en las orillas del lago Titicaca Puno | 112 |
| 27. | Depósitos de RSU y demolición en las orillas del lago Titicaca Puno | 113 |
| 28. | Suelos conformados de residuos sólidos urbanos a orillas del lago Titicaca Puno | 113 |
| 29. | Pasivo de RSU de Cancharani Puno | 114 |
| 30. | Lixiviación de los pasivos ambientales de Cancharani Puno | 114 |
| 31. | Planta de gasificación china JIUTIEN | 115 |
| 32. | Planta de gasificación china PENGYAO | 116 |
| 33. | Planta de gasificación VERONA | 116 |
| 34. | Planta de gasificación de residuos en Belmez | 117 |
| 35. | Proyecto de una planta de gasificación en Beijing | 117 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Mapa de ubicación | 92 |
| 2. Formato de caracterización de residuos sólidos | 93 |
| 3. Tablas de identificación de tipos de residuos | 94 |
| 4. Tabla de caracterización de residuos peligrosos | 101 |
| 5. Panel fotográfico | 105 |



ABREVIATURAS

| | |
|----------|---|
| CEMPRE | : Compromiso Empresarial para el Reciclaje. |
| CEPAL | : Comisión Económica para América Latina. |
| CONAM | : Consejo Nacional del Ambiente. |
| EC-RSM | : Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. |
| EO-RC | : Empresa Operadora de Residuos Sólidos. |
| FOCIMIRS | : Fortalecimiento de la Capacidad Institucional para el Manejo de Residuos Sólidos. |
| GPC | : Generación de Residuos Per Cápita. |
| INACAL | : Instituto Nacional de Calidad. |
| MINAM | : Ministerio del Ambiente. |
| NTP | : Norma Técnica Peruana. |
| OMS | : Organización Mundial de la Salud. |
| ONU | : Organización de las Naciones Unidas. |
| PIGARS | : Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos. |
| PROARCA | : Programa Ambiental Regional para Centro América. |
| RSD | : Residuos Sólidos Domiciliarios. |
| RSU | : Residuos Sólidos Urbanos. |
| SEDESOL | : Secretaría de Desarrollo Social. |
| SIGERSOL | : Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos. |
| SNGA | : Sistema Nacional de Gestión Ambiental. |
| UAESP | : Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. |

RESUMEN

El botadero de residuos sólidos de la ciudad de Puno, ubicado a espaldas del cerro Cancharani, constituye un problema ambiental, porque está contaminando el aire, el suelo y las aguas superficiales y subterráneas. El trabajo tuvo como objetivo diseñar un plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos (RSU) para la ciudad de Puno, a fin de ejecutar una administración controlada y operacionalizada para la protección y conservación del medio ambiente. El estudio se realizó en la ciudad Puno, en un área de 20 km², con una población de 142 691 habitantes, y una muestra de 67 viviendas para caracterizar los residuos. Los resultados indican que, la producción per cápita de RSU de la ciudad de Puno fue de 0.68 kg/día, con un total de 120 TM/día, el mismo que supera la capacidad máxima de recolección y transporte de la municipalidad (80 TM/día), quedando un saldo de 40 TM/día con una inadecuada disposición final. Se propone un plan de gestión integral de RSU para la ciudad de Puno, que incluye programas dinámicos del sistema de gestión, a fin de involucrar a los habitantes, desde su formulación con participación de autoridades y población civil, la planificación de programas de educación sanitaria para cambiar la actitud de las personas, hasta la recolección, transporte, segregación, tratamiento y disposición final. A partir de los resultados se concluye que la mejor alternativa para la gestión integral de los residuos sólidos es la instalación de una planta de segregación y tratamiento térmico.

Palabras clave: Caracterizar, gestión, reciclar, recuperar, reducir, residuo sólido, reutilizar y segregación.



ABSTRACT

The garbage dump in Puno city, which is located behind the Cancharani hill, constitutes an environmental problem, because it is polluting the air, soil and surface and underground waters. The research objective was to design a comprehensive municipal solid waste (MSW) management plan for the city of Puno, in order to execute a controlled and operationalized administration for the protection and conservation of the environment. The research was carried out in the city of Puno, in an area of 20 km², with a population of 142 691 inhabitants, and a sample of 67 homes to characterize the waste. The results indicate that the per capita MSW production of the Puno city is 0.68 kg / day, with a total of 120 ton/day, the same that exceeds the maximum collection and transportation capacity of the municipality (80 ton/day), leaving a balance of 40 ton/day with an inadequate final disposal. A comprehensive MSW management plan is proposed for the city of Puno, which includes dynamic programs of the management system, in order to involve the inhabitants, since its formulation with the participation of authorities and the civilian population, the planning of health education programs to change the attitude of people, until the collection, transport, segregation, treatment and final disposal. Based on the results it is concluded that the best alternative for the plant for solid waste management is the installation of a segregation and thermal treatment

Keywords: Characterize, management, recover, reduce, recycle, reuse, segregation, solid waste.

INTRODUCCIÓN

La creciente producción de residuos sólidos de las ciudades se ha convertido en una carga pesada y el mayor desafío para las autoridades municipales de los países en desarrollo, llegando al colapso de su capacidad de gestión para la disposición de ingentes cantidades de residuos sólidos. Ante la incapacidad de disponer los residuos sólidos, las autoridades han creado botaderos municipales a donde depositan en forma diaria dichos residuos sólidos, sin selección ni tratamiento, convirtiéndose en un peligro potencial para la salud pública, siendo necesario considerar los tratamientos amigables con el medio ambiente para minimizar sus efectos.

El botadero de residuos sólidos de la ciudad de Puno, ubicado a espaldas del cerro Cancharani, a 4 031 m de altitud, creado por el alcalde Iván Joel Flores Quispe, biólogo y doctor en Medio Ambiente, se encuentra en una situación calamitosa, debido a que diariamente recibe un aproximado de 106 TM de residuos sólidos, no cuenta con cerco perimétrico y los lixiviados que produce llegan a los pastizales cercanos, afectando la salud de los comuneros y de sus animales, los residuos sólidos dispuestos a cielo abierto, a la intemperie, sin tratamiento y una mala disposición final, conformados por 62.8% de materia orgánica, 5.4% de plástico, 4% de papel/cartón entre otros, con 80 perros salvajes sin la vacunación antirrábica que viven en este espacio, con evidente vertimiento de lixiviados que discurren de la misma pila de residuos sólidos, cuyos componentes físicos y químicos superan los límites máximos permisibles de la norma peruana y OMS, con efecto ambiental negativo y efectos nocivos en la salud de la ganadería y la salud de las personas que viven en las comunidades aledañas, con efecto en la calidad físico química del agua y la salud de dichas personas.

Por esa descripción de la realidad, la gestión de residuos sólidos en la ciudad de Puno tiene mucha importancia, debido a que la contaminación ambiental es un asunto de muerte o vida de los seres vivientes del planeta tierra, hoy en día los indicadores de la contaminación se pueden observar y sentir en el cambio climático; su tratamiento es muy complicado debido a su heterogeneidad en su composición de los residuos. Para resolver este problema, en el mundo se ha planteado diversas propuestas, con ello se observa que cada propuesta se orienta para resolver problemas del lugar donde se encuentra cada investigador.

En el Perú, paulatinamente se ha generado normas para ayudar a solucionar el problema, pero por la formación cultural de nuestros habitantes, no se ha podido avanzar mucho, porque estas soluciones dependen de todos los habitantes en conjunto, sean gobernantes y gobernados en sus diferentes niveles.

Con este tipo de investigaciones se pretende ayudar a encontrar soluciones a problemas que aquejan a un conjunto de pobladores de una región, que parte de cómo se puede diseñar una gestión integral de residuos sólidos para una ciudad, y encontrado dicho diseño, a continuación viene el desafío de una administración sostenida a lo largo del tiempo, dentro de este diseño no debe faltar los cuatro componentes básicos conocidos universalmente, que son reducir, reusar, reciclar y recuperar los residuos sólidos urbanos. Para proponer una propuesta más viable de manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno, lo primero es saber la situación actual del manejo de residuos sólidos en Puno y otras ciudades similares, y con esta información formular un diseño de plan de gestión integral.

La Agenda 21, que fue formulada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, realizado en Rio de Janeiro en junio del año 1992, es una declaración universal de la humanidad para controlar la contaminación ambiental en el mundo, luego el Perú promulga la ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos en el año 2000, posteriormente se legisla con el decreto legislativo N° 1278 del año 2016 Ley de Gestión de Residuos Sólidos, con estas y otras que posteriormente se emiten se inicia la gestión de residuos sólidos en el Perú. El fundamento teórico, es la clásica para identificar, clasificar, segregar y valorizar los residuos sólidos, pero lo importante es poder interpretar adecuadamente la realidad y proponer una solución más adecuada.

Es preocupación de los investigadores sobre esta problemática ambiental, porque los efectos que se esperaban para este tiempo no se sienten y por ello hasta cierto punto frustrados por la incomprensión de una realidad, este mismo sentir también podemos ver en otros lugares del mundo como Brasil (Figueiredo, 2014), ahora atravesamos una crisis ambiental como nunca, observando ya los resultados que parecen irreversible. A diferencia de tiempos antiguos, en la que solamente era por la explotación de recursos naturales, después a mitad del siglo XX y más que todo a comienzos del siglo XXI esta afectación además de la explotación de recursos, la contaminación viene de distintas fuentes, si no se toma medidas contundentes se nos puede escapar de las manos.



Se han realizado numerosos estudios sobre gestión de residuos sólidos en diferentes partes del mundo, que tiene la finalidad de elaborar un plan de gestión integral para el manejo de residuos sólidos, y con ello pueda reducirse los impactos ambientales negativos, estos estudios se realizan desde empresas privadas como por ejemplo SYRGO SAS de la república de Colombia, Rodríguez (2017) manifiesta que todavía no se ha podido implementar acciones para el manejo de residuos sólidos, por falta de buenos hábitos ambientales, donde cada persona se desprende de la naturaleza, y se convierte en un problema ambiental donde los principales actores son todos los colaboradores de la empresa, que no solo generan impactos negativos dentro de las instalaciones, sino que también en el transporte y disposición final, entonces la gestión de residuos sólidos no depende únicamente de una administración sino de todo un conjunto de individuos participantes.

A pesar de que la Municipalidad Provincial de Puno clausuró el botadero de Cancharani, el nuevo botadero de Itapalluni ya está generando la protesta de la población, debido a los efectos de los lixiviados que discurren desde el botadero hacia los ríos, causando la mortandad de peces y animales, no solo en la comunidad, sino también en el sector de Capullani y el centro poblado de Collacachi, con un gran daño a los recursos (Onda Azul, 2021), evidenciando que el problema continúa siendo tan similar como el anterior. El trabajo consiste no solo resolver el problema, sino también en obtener un beneficio para la sociedad.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Marco legal

Las normas en el Perú, con respecto al manejo de residuos sólido, en los niveles altos son ambiguos para luego tener precisiones en niveles más bajos, las que nos pueden facilitar en este trabajo.

- **Constitución Política del Perú (1993)**

En el artículo 2 inciso 22, dice nuestra constitución que “tenemos derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida” (Congreso Constituyente, 1993), es una manifestación de un derecho a gozar de un medio ambiente equilibrado y adecuado, dicho derecho nos da la facultad a los peruanos de poder disfrutar de un medio ambiente en el que sus elementos se desarrollan e interrelacionan de manera natural y armónica; y en el caso de que el hombre intervenga, no debe permitir una alteración sustantiva de la interrelación que existe entre los elementos del medio ambiente y el hombre.

Otro artículo en la constitución referido a nuestro tema es el artículo 67 Congreso Constituyente (1993) que dice “el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales”, lo declarado implica que el Estado se compromete a desarrollar un conjunto de acciones, con el fin de preservar y conservar el medio ambiente frente a las actividades humanas que pudieran afectarlo, por esta política nacional se entiende como el conjunto de

directivas para la acción orgánica del Estado a favor de la defensa y conservación del ambiente, además debe permitir el desarrollo integral de todas las generaciones de peruanos, que tienen el derecho de gozar de un ambiente adecuado para el bienestar de su existencia.

- **Agenda 21**

De acuerdo con la Agenda 21, en el capítulo 21 sobre gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con los desagües, ONU (1992) se afirma que la gestión ecológicamente racional de los desechos domiciliarios son componentes de mayor importancia que entra en discusión para mantener la calidad ambiental de la tierra y, sobre todo, para lograr un desarrollo sostenible y ecológicamente racional en todos los países. Esta temática se conecta indisolublemente con otros capítulos de la Agenda 21.

- **Ley N° 28611, Ley General del Ambiente**

La gestión del ambiente y sus componentes, Congreso de la República, Ley General del Ambiente Ley N° 28611 (2005) dice que el ejercicio y la protección de los derechos que establece esta ley, se sustenta en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones. Esta ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

- **Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
– su Reglamento D.S. N° 008-2005-PCM**

Esta Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) Congreso de la República (2004) tiene por objeto asegurar adecuadamente el cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas; fortalecer los mecanismos de relaciones intersectoriales en la gestión ambiental, y además aclara el rol que

le corresponde al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y aseguren que se evite en el ejercicio de ellas, en superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos. La reglamentación de la ley tiene por finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

- **Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos - su Reglamento D.S. N° 057-2004-PCM**

En nuestro país se han venido desarrollando pautas políticas, de gestión y de orden normativo, tal como se aprecia más adelante; inclusive se refleja como parte de la política de Estado, Congreso de la Republica (2000) esta ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de las personas humanas, hoy podemos observar que los lineamientos para la gestión y manejo de residuos sólidos, están siendo tímidamente y progresivamente aplicados por las autoridades competentes, de acuerdo a las normas actuales establecidas para ello, siendo necesario establecer mecanismos complementarios para lograr mayor eficacia en su aplicación.

- **D.L. N° 1065 Ley que modifica, Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos**

Con el Decreto Legislativo N° 1065, Congreso de la República (2008) se modifican artículos de la Ley General de Residuos Sólidos los siguientes artículos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 19, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 44, 48, 49 y 50 de la Ley N° 27314. Estas modificaciones se dan con el fin de promover el desarrollo de la infraestructura de residuos sólidos casi inexistente en el país, para atender la demanda creciente de la población y del propio sector privado que constituye una fuente importante de generación de residuos, producto

del aumento del consumo de la población, de las actividades económicas que realizan las empresas del país y otros.

- **Ley N° 28256, Ley que Regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos**

Esta Ley Regula las Actividades, Procesos y Operaciones del Transporte Terrestre de los Materiales y Residuos Peligrosos, Congreso de la República (2004) tiene la finalidad de aplicar los principios de prevención y de protección de las personas que transportan los residuos peligrosos, el medio ambiente y la propiedad.

- **Ley 29263 Tipificación como Delitos de Medio Ambiente**

En el Perú, como en la mayoría de los países emergentes la preocupación sobre temas ambientales es relativamente reciente y por tanto la tipificación como delitos ambientales, también se actualiza continuamente. En el código penal peruano se han introducido y/o modificado algunos artículos que tipifican como delito a ciertas actividades.

- **Ley 29419 - DS. 005-2010 MINAM Ley que regula la actividad de los recicladores**

El objeto de esta ley es establecer el marco normativo favorable para regular las actividades de las personas como pequeña empresa o personas naturales dedicados al reciclaje, tengan la protección, capacitación y como también sean promocionados en el desarrollo social y laboral, además de ello se formalicen, se asocien y como principal objetivo contribuyan a la mejora en el manejo ecológicamente eficiente de los residuos sólidos en el país.

- **Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades**

Esta ley, en su artículo 80, señala que las municipalidades como una de sus funciones principales es la administración eficiente del saneamiento, sanidad y salud de la población dentro del marco de su jurisdicción.

- **D.L. 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

Este decreto legislativo establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la recuperación de componentes, tratamientos o recuperaciones de suelos, entre otras ordenanzas y que se eviten su disposición final no adecuado. Esta se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

- **D.L. N° 1501 - Modifica el decreto legislativo N° 1278**

El presente decreto legislativo modifica los artículos 9, 13, 16, 19, 23, 24, 28, 32, 34, 37, 52, 60, 65 y 70 del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, con la que se pretende ahora encausar definitivamente la gestión de residuos sólidos en el Perú; instrumento que sirve para la transformación física que permite y facilita las valorizaciones de los residuos sólidos, el mismo que se puede efectuar a través de actividades segregacionales, almacenamiento, limpieza, trituración o molido, compactación física y empaque o embalaje de residuos sólidos.

1.1.2. Gestión Integral de Residuos Sólidos

En la actualidad de forma general, podemos entender por Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es un conjunto de actividades encaminadas a promover un buen manejo y controlar los efectos generados por los residuos sólidos urbanos, no permitir que esta se convierta en una amenaza letal a la salud global de la tierra, considerando los puntos de vista técnico, económico, medioambiental y sanitario; al respecto se menciona por algunos autores como Marquez (2011) nos dice que la gestión de los RSU se considerará como una maquinaria única que funciona interactuando con sus componentes. Estos elementos actúan unidos dentro del sistema para lograr un objetivo, la gestión óptima de los RSU.

Para comprender mejor la investigación debemos saber el concepto de gestión integral por parte del Estado peruano, el Ministerio del Ambiente, a través de un documento oficial define como un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se debe de aplicar obligatoriamente en todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su generación hasta su disposición final, basados en criterios sanitarios ambientales y de viabilidad técnica y económica que orienta a la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final (MINAM, 2016).

Los residuos sólidos que se generen deben ingresar obligatoriamente a un sistema de gestión que incluya manejo, tratamiento, transporte, disposición final y su fiscalización, si no se desea contaminar al ambiente. El sistema de gestión a aplicar depende obligatoriamente del tipo de residuo que se pueda identificar, debiéndose prestar especial atención a la gestión de los residuos peligrosos por su capacidad inherente de provocar efectos adversos. Gestión integral de residuos sólido lo define el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Brasil como un conjunto de normativas y acciones, operaciones, actividades financieras y de planificación, y no como una simple administración municipal común, basados en criterios sanitarios, ambientales y económicos, con el objetivo de recolectar, tratar y disponer finalmente los residuos sólidos (CEMPRE, 1998), eso significa que obligatoriamente interactúan varias unidades con un solo propósito.

La gestión de residuos sólidos en América Latina y especialmente en el Perú, son tareas que recién se inicia, como iniciativa internacional, destaca la Agenda 21 – acordada en 1992 en Rio de Janeiro en la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, como uno de los retos más importante que enfrentan los gobiernos del planeta, como también a los prestadores de servicios y la comunidad en general. Los estilos de vida, los altos niveles de consumo, los materiales usados en la producción industrial y la introducción de materiales persistentes a las actividades cotidianas de las personas tienden a incrementar los volúmenes de residuos sólidos, presentando serios problemas para su recolección, transporte, tratamiento y disposición final, así lo afirma el Instituto Brasileño de Administración Municipal (Pinedo *et al.*, 2006).

Como se ha visto en la normatividad peruana, la gestión de residuos sólido incluye a todos, las funciones y procesos en el tratamiento hasta el depósito final del material, entonces se generan ciertas necesidades no satisfechas hasta el momento, por ejemplo determinar correctamente la cantidad y naturaleza de los residuos, desarrollo de zonas urbanas dispersas que dificulta el manejo, limitaciones de fondos para los servicios públicos, impactos de la tecnología, entre otros, en consecuencia falta integrar estos componentes, las relaciones y los aspectos fundamentales implicados debiesen ser identificados y ajustados para la uniformidad de los datos, y a su vez, ser comprendidos de forma clara (CEPAL, 2016).

1.1.3. Clasificación de residuos sólidos

El Ministerio del Ambiente (2009) a normado en el Perú la clasificar de residuos sólidos, con un manual según su origen, según su gestión y según su peligrosidad.

Para clasificar debemos tener conceptos muy claros, en donde se debe diferenciar entre lo que es residuo y basura, debido a que estos dos términos muchas veces se pueden usar indistintamente como sinónimos; se debe aclarar que esto no es así, el residuo es un producto resultante de un proceso que mantiene cierto valor de uso y la basura no, en el caso de los residuos, se pueden reutilizar, reciclar o recuperar por las técnicas modernas disponibles, rara vez los residuos dejan de tener valor de uso, dependiendo de la composición física, el residuo tiene potencialidades económicas, siendo necesario su caracterización (Pozzetti, 2019).

Para nuestro caso se trata de residuos sólidos urbanos, compuesto de residuos domésticos y comerciales, también se puede incluir los residuos peligrosos de carácter institucional y de manejo especial. Existen otros residuos urbanos que no requieren tratamiento como por ejemplo los residuos de demolición, construcción y plantas de tratamiento.

La mayor cantidad de residuos que genera la ciudad de Puno son los residuos domésticos, provenientes de viviendas donde se desechan residuos de comida, cartón, papel, plásticos, textiles, madera, vidrio, cueros, latas, otros metales, ceniza, residuos de jardín y otros. Se define como residuos peligrosos, a aquellos que provienen de los hospitales, clínicas, laboratorios y establecimientos de

comercio de reactivos o compuestos peligrosos. Los residuos de manejo especial son los residuos provenientes de comercio de pinturas, otros polímeros, industrias y otros. También existen residuos de limpieza pública de la ciudad. Lo primero que se requiere calcular es la producción de residuo sólido por habitante en un día, denominado producción per cápita en kg/hab/día, correspondientes al día en que fueron generados, con los valores diarios por vivienda se obtiene el promedio de la generación de residuos per cápita para una población (SEDESOL, 2001).

1.1.4. Según su origen

Podemos considerar como generados de RSU a cualquier persona natural o jurídica, que por sus actividades diaria genera residuos sólidos, sea como en actividad doméstica de hogar, productor, importador, distribuidor, comerciante o cualquier otro usuario. También se considerará como generador al usuario y poseedor de residuos sólidos peligrosos, puede darse el caso de que no se pueda identificar al generador real, en ese caso asumen los gobiernos municipales a partir de las actividades de recolección.

- **Residuo domiciliario**

Para elaborar el reglamento de la Ley N° 1278 el Ministerio del Ambiente, utiliza una base de residuos urbanos municipales, de los cuales un 64% son residuos domiciliarios y un 26% son residuos no domiciliarios; encontrándose que la costa del Perú generó un promedio de 9 794 TM/día y la mayor parte corresponde a Lima Metropolitana y Callao. La generación promedio nacional de residuos sólidos domiciliarios al año 2014, fue de 13 244 TM/día; teniendo como datos que Lima Metropolitana y el Callao generaron 5 970 TM/día, el resto de las ciudades de la costa generaron 3224 t/día, las ciudades de la sierra generaron 2 736 TM/día y en las ciudades de la selva se generaron 1 314 TM/día (Ministerio del Ambiente, 2016). Respecto a la composición de residuos sólidos generados en el año 2014 es importante resaltar que el 53,16% de los residuos sólidos son materia orgánica, el 18,64% son residuos no reaprovechables, el 18,64% pertenece a residuos reaprovechables y finalmente el 6,83% es compuesto por residuos reciclables.

También se debe pensar en cómo los RSD es originado en los domicilios, aumenta a medida que pasa el tiempo, por los factores que intervienen en este proceso,

dentro de muchos el factor decisivo es el crecimiento económico y con ello el aumento del consumo, para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, debe romperse ese vínculo, la disociación entre crecimiento económico y consumo de recursos es un ejemplo específico de producción y consumo sostenible en la práctica (IOMC, 2013).

- **Residuo comercial**

Este tipo de residuos sólidos lo generan los establecimientos comerciales de bienes y servicios, en su mayoría están constituidos por papel, plástico, embalajes diversos, residuos de producto de aseo personal, latas y otros (UAESP, 2011) en todas las ciudades de Latinoamérica la cantidad de residuos sólidos comerciales tienen una producción per cápita menor a las domiciliarias, que es el resultados de las actividades diarias de las operaciones comerciales y servicios, su producción también depende del tipo de comercio que se realiza.

- **Residuo de limpieza**

En espacios públicos donde circula la ciudadanía, se generan residuos sólidos a las que se llama residuos de limpieza pública, en las que se han de recolectar, por servicio de barrido, limpieza de pistas, veredas, plazas y otras áreas públicas; compuesto de diversos tipos de residuos. La norma peruana decreto supremo MINAM (2017) textualmente responsabiliza a las municipalidades la función de limpieza pública, exigiéndoles el cumplimiento de la prestación del servicio de limpieza pública se realice continuamente y de manera obligatoria, asegurando su calidad y cobertura de toda su jurisdicción a la que le pertenece, también exige que el personal operativo de cada nivel labor cuente con las herramientas, equipos, insumos, implementos de seguridad y de protección personal necesaria, por último el personal debe contar con un seguro y salud en el trabajo.

- **Residuo industrial**

Existen diversos autores que hablan del tema como por ejemplo en la república de Chile Asociación Chilena de Seguridad (2002) explica que los residuos sólidos o semisólidos resultantes de algún proceso u operación industrial, que no vayan a ser reutilizados, recuperado en el mismo establecimiento industrial; estos residuos pueden ser el resultado de operación que no han cumplido con el fin fabricado

como materias primas, por ejemplo, los retazos de metales, escorias, cenizas. Productos rechazados por los clientes sean estas orgánicos y no orgánicos; también se considera como productos que han cumplido ya su vida útil, normativamente considerando la fecha de vencimiento deben ser descartados.

- **Residuo de construcción**

Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura. Normado por Decreto Supremo N° 03-2013-Vivienda, su modificatoria con el Decreto Supremo N° 19-2016 Vivienda, Vivienda (2016) la norma pretende que estos residuos tiendan a que puedan ser procesados para su reciclaje, incluyen una variedad de serie de materiales, entre los que se encuentran productos cerámicos, residuos de hormigón, material asfáltico, yeso y en menor medida otros componentes como madera, vidrios, plásticos, metal, otros.

Las instalaciones para el manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición, de acuerdo con el decreto supremo referido en el artículo 10, son las siguientes:

1. Centros de acopio para residuos sólidos provenientes de obras menores.
2. Plantas de tratamiento.
3. Escombreras para disposición final.
4. Rellenos de seguridad para residuos sólidos peligrosos.
5. Celdas en rellenos sanitarios.

Como observamos en la ciudad de Puno, no tenemos instalaciones para la aplicación de esta norma, por otra parte, a nivel de Lima recién inicia este proceso como indica este trabajo de investigación Carbajal (2018) que la gestión y manejo de los RCD en Lima y Callao es aún muy incipiente. El marco regulatorio que lo ordena es relativamente nuevo, puesto que el reglamento para la gestión y manejo de estos residuos fue publicado en el año 2013 y su modificatoria en el año 2016. Como es de esperarse, tanto el gobierno como los particulares involucrados en la gestión y manejo de los RCD están en un proceso de adaptación por lo cual la

gestión actual es aún muy incipiente, pero se han dado pasos concretos para ordenar la misma. Entre estos pasos se puede mencionar los siguientes: se han habilitado algunas instalaciones en la ciudad de Lima para la disposición final de los RCD, han surgido algunas empresas especializadas en el manejo de estos residuos dando señales de la creación de un mercado incierto dentro de la formalidad de la gestión y manejo adecuados de los RCD.

- **Residuo agropecuario**

Los residuos sólidos generados en el sector agropecuario, está normados en el Perú por el decreto supremos aprobado como reglamento de manejo de residuos sólidos del sector agrario, tiene el objetivo de regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en el Sector Agrario, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, así como la protección de la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país (Agricultura, 2012).

Los objetivos específicos de este reglamento son:

- a. Asegurar el cumplimiento de las disposiciones legales para el manejo de residuos sólidos con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger la calidad ambiental, la salud y bienestar de las personas, estableciendo las acciones necesarias para dar un adecuado tratamiento técnico a los residuos de las actividades de competencia del Sector Agrario.
- b. Regular la minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, valorización, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos derivados de las actividades agropecuarias y agroindustriales.
- c. Promover, regular e incentivar la participación de la inversión privada en las diversas etapas de la gestión de los residuos sólidos, promoviendo, en particular, el reaprovechamiento ecoeficiente de los recursos que puedan ser generados a partir de los residuos sólidos no peligrosos agropecuarios y agroindustriales.

1.1.5. Por su peligrosidad

- Residuos peligrosos

Se llama residuos peligrosos, a aquellos residuos que, debido a sus particularidades, ya sean físicas, químicas y/o toxicológicas, representan un riesgo de daño potencial inmediato para la salud de las personas y el medio ambiente, estos productos se encuentran identificados en el Anexo IV del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278.

A continuación, se listan algunos residuos peligrosos que pueden ser generados en diferentes procesos de la actividad diaria de las personas: residuos corrosivos como pilas, baterías etc. Residuos inflamables como paños absorbentes, trapos, waipes, materiales impregnados con hidrocarburos, suelos contaminados con hidrocarburos, pinturas, aerosoles, entre otros.

Los residuos sólidos peligrosos también se encuentran contemplados en el Anexo III del Reglamento del DL N° 1278-MINAM, en concordancia con lo establecido en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, aprobado por la Resolución Legislativa N° 26234 con enmienda con resolución legislativa que aprueba la enmienda al convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (Congreso de la República, 2014).

Para que un residuo químico tóxico se convierta en riesgo, es necesario que el organismo vivo se encuentre expuesto suficientemente en términos de concentración o dosis, tiempo y frecuencia; es decir que se excedan los valores límites establecidos para dicha sustancia (DIGESA, 2006).

- Residuos no peligrosos

Estos residuos son aquellos materiales que no tienen ningún riesgo para la salud ni contaminan el medio ambiente, las características de estos residuos se encuentra expuesto en el Anexo V del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278. Estos desechos pueden presentarse en estado sólido o semisólido, como por ejemplo metales como chatarra, refractarios, feldespatos, resinas, fibras sintéticas, residuos de lana o parecidos y otros.

1. Residuos urbanos o municipales, son aquellos que se generan en las casas, oficinas, comercios y servicios.
2. Residuos inertes, aquellos que no experimenten transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; es decir, que no son solubles ni combustibles ni reaccionan física o químicamente. Tampoco dan lugar a contaminación de aguas ni suelos, ni pueden perjudicar la salud. Para la clasificación de estos residuos deberá tomarse en cuenta la lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas.
3. Residuos de construcción y demolición, que son todos aquellos desechos que se generen en obra de construcción o demolición.
4. Residuos no peligrosos valorizables, aquellos materiales que suelen entregarse a gestores para su reciclaje, como por ejemplo cartón, plástico, papel de embalaje, chatarra, etc.

1.1.6. Por su gestión

- Residuo de ámbito municipal

SEDESOL (2005) se considera como residuos sólidos municipales, a aquellos desperdicios que provienen de los domicilios de ciudadanos que habitan una ciudad, como también los desperdicios que provienen de centros comerciales, demoliciones de construcciones de todo tipo, debido a ello la composición de esos residuos es muy variado, que va desde residuos orgánicos que existe en mayor cantidad, hasta residuos especiales que requieren un tratamiento especial, por esa razón su manejo también es dificultoso, en los últimos tiempos si bien es complicado el manejo, a la vez también las tecnologías modernas ayudan a resolver estos problemas, por otra parte se ha generado polémica en deslindar cual es el límite entre el ámbito municipal y no municipal, lo cual no es trascendental pero puede generar problemas.

El Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 en el título IV explica detalladamente los procedimientos a seguir para una caracterización de una

gestión integral de los residuos sólidos municipales, con sus respectivos anexos, que cuidadosamente debe utilizarse de acuerdo con el caso que se pueda presentar.

El manejo de residuos sólidos municipales se define como la aplicación de técnicas, tecnologías y programas para lograr objetivos y metas óptimas para una localidad en particular. Proarca (2003) esta definición implica que primero hay que definir una visión que considere los factores propios de cada localidad para asegurar su sostenibilidad y beneficios. Después, se debe establecer e implementar un programa de manejo para lograr esta visión, para que el manejo en la fuente sea sencillo de acuerdo con la norma técnica peruana NTP 900.058 2019 se ha establecido el código de colores que debe utilizarse en todo el país, los mismos se muestran en la Figura 1:



Figura 1. Código de colores para los residuos de ámbito municipal

Fuente: INACAL.

- **Residuo de ámbito no municipal**

Los residuos sólidos no municipales son aquellos cuya gestión no compete a las administraciones municipal locales, por tanto, los responsables del manejo de estos residuos tienen la obligación de gestionar un tratamiento adecuado, que son los productores y/o los operadores designados con tal fin; estos residuos también obedecen a la misma norma técnica peruana N° 900.058.2019 de INACAL en cuanto a los colores de depósitos.

Las instituciones y empresas públicas de ámbito no municipal están obligados a contratar operadores de servicios de residuos sólidos no municipales autorizados por la entidad correspondiente, esto se debe al crecimiento económico de los sectores y el incentivo del estado en la promoción de inversión en gestión de residuos sólidos del ámbito no municipal, su manejo está establecido en Decreto Legislativo N° 1278 decreto legislativo que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos, dentro de esta en el título V se especifican detalladamente el manejo de residuos sólidos no municipales.

El Estado peruano a través de la norma N° 900.058.2019 de INACAL, en el ítem 5.2 determina los colores que deben usarse para almacenar los diferentes residuos de acuerdo con su naturaleza, que se muestra en la Figura 2.

| TIPO DE RESIDUO | COLOR |
|-------------------------|-----------------|
| PAPEL Y CARTÓN | AZUL |
| PLÁSTICO | BLANCO |
| METALES | AMARILLO |
| ORGÁNICOS | MARRÓN |
| VIDRIO | PLOMO |
| PELIGROSOS | ROJO |
| NO APROVECHABLES | NEGRO |

Figura 2. Código de colores para los residuos de ámbito no municipal

Fuente: INACAL.

1.1.7. Las operaciones y procesos de los residuos

La gestión de operaciones y procesos de los residuos sólidos contempla, el conjunto de acciones necesarias para realizar su recogida, trasladar a los centros de tratamiento, luego efectuar las operaciones finales para recuperarlos y

reintegrarlos como materias primas, en otro circuito productivo o de lo contrario depositarlo en un lugar adecuado, llamado disposición final, por lo tanto, las actividades son las siguientes:

- **Barrido y limpieza de espacios públicos**

El Decreto Legislativo N° 1278, en el artículo 25 dice, que las operaciones de barrido y limpieza en áreas públicas como plazas, avenidas, jirones otras áreas públicas tienen la finalidad de mantener libres de residuos sólidos. En caso de que existieran dentro de su jurisdicción áreas sin pavimentar o asfaltar donde por esas características físicas se hace muy difícil el cumplimiento de dicha tarea, en ese caso, la municipalidad debe desarrollar labores de limpieza pero que permitan cumplir con los objetivos encomendadas en dicha norma, además los pobladores deben ser partícipes activos en el mantenimiento de la limpieza pública de la ciudad.

- **Segregación**

La segregación, es el acto de separar unos de otros, considerando sus características físicas y químicas en un determinado ambiente. El Decreto Legislativo N° 1278, considera que el generador de residuos sólidos debe realizar la clasificación de sus residuos que ha originado, considerando lo más importante que son sus características físicas, químicas y biológicas, esto va a facilitar que los operadores de residuos puedan derivarlo rápidamente a donde corresponde sean como reciclaje, compostaje, recuperación y/o disposición final. Esta actividad las autoridades han establecido que se pueda efectuar en la fuente de generación, centros de acopio de residuos sólidos municipales y plantas de valorización de residuos sólidos municipales y no municipales, debidamente autorizados y que cuenten con certificación ambiental, según corresponda. Las municipalidades están obligados a regular el proceso de segregación de residuos sólidos municipales en la fuente dentro de su jurisdicción, en el marco del Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos que cada municipio debe establecer.

- Almacenamiento

Una vez que se genero en la fuente los residuos sólidos, los generadores tienen la obligación de disponer en recipientes adecuados para su almacenamiento temporal y posteriormente entregarlos a los recolectores y transporte del residuo. El tamaño y el color de las bolsas a utilizar depende mucho del tipo de residuos que generamos, los residuos de la cocina suelen tener una densidad mayor a los residuos que podemos generar en una oficina o en el baño, lo que implica que para la cocina requeriremos bolsas más grandes y resistentes. Teniendo en cuenta, que aproximadamente el 60% de los residuos suelen ser orgánicos.

Para determinar el volumen ideal de los recipientes para almacenar los residuos en casa, debemos considerar el peso de los residuos generados diariamente por un usuario y dividirlo por la densidad media de los residuos, que, para el caso de los residuos sólidos urbanos, se considera como promedio una cantidad de aproximadamente entre 130 y 150 kg/m³.

El Decreto Legislativo N° 1278, también ordena, que el almacenamiento efectuado por el generador de residuos sólidos en su casa debe ser de acuerdo sus características particulares de los residuos sólidos y separando en otro recipiente los peligrosos, con la finalidad de evitar daños a los recolectores, operarios del servicio de limpieza pública, durante las operaciones de recolección y transporte de residuos sólidos.

Las municipalidades deben regular en su jurisdicción el almacenamiento temporal de residuos sólidos municipales, teniendo en consideración, como mínimo, los siguientes aspectos:

- a) Los recipientes de almacenamiento deben ser de material impermeable, liviano y resistente, de fácil manipulación, de modo que facilite su traslado hasta el vehículo recolector.
- b) Los recipientes de preferencia deben ser retornables y de fácil limpieza, a fin de reducir su impacto negativo sobre el ambiente y la salud humana.

- **Recolección y transporte**

El Decreto Legislativo N° 1278 indica que la recolección consiste en la acción de recoger los residuos sólidos desde los domicilios de los usuarios, para luego transportarlos y que estos continúen con su posterior proceso.

Las municipalidades, de acuerdo con sus competencias, deben establecer progresivamente programas de “recolección selectiva” de los residuos sólidos, los cuales deberán contemplar muy claramente las rutas de las unidades vehiculares, los horarios y frecuencias en la prestación del servicio por días. Estos programas deben ser establecidos de acuerdo con las necesidades de su jurisdicción y cumpliendo con la normativa vigente.

La recolección selectiva de residuos sólidos municipales podrá ser realizada por las municipalidades, EO-RS que integran el sistema del servicio de limpieza pública dentro de una jurisdicción y también intervienen organizaciones de recicladores formalizados, en el marco de la Ley N° 29419, ley que regula las actividades de los recicladores y su reglamento.

- **Valorización**

Por concepto de valorización, se debe entender, como el proceso cualitativo y cuantitativo del valor intrínseco de los diferentes componentes de los residuos sólidos, sean estos orgánicos o inorgánicos, en función de cómo se ha de recuperar y aprovechar, para reincorpóralos como materia prima a procesos productivos e industriales, incluso puede utilizarse para generar energía eléctrica; de esta manera también se va reduciendo su tamaño en volumen para su disposición final.

El artículo 36 del Decreto Legislativo N° 1278 dice que la valorización de residuos sólidos municipales debe priorizarse frente a la disposición final de los mismos, en ese entender las municipalidades estarían obligados a realizar las operaciones de valorización de residuos sólidos dentro de su territorio.

Hoy la tendencia en los países desarrollados es volver a usar los residuos sólidos y orientan a obtener cero contaminación, con ese fin en esos países se han diseñado una serie de planes de gestión de residuos sólidos más agresivos, estas experiencias nos deben de servir a nosotros como ejemplo, al respecto Abramovay

(2013) señala que es muy importante considerar las experiencias adquiridas en los últimos tiempos, en los países desarrollados ya no orientan sus planes para depositar el residuo en un relleno sanitario, sino a su aprovechamiento energético o como fertilizante en la agricultura. A pesar de que es más difícil en esas ciudades grandes los procesamientos de residuos orgánicos y obtener compost para la agricultura, pero se hace más rentable la utilización en biodigestores anaeróbicos para obtener gases y luego generar con ello energía eléctrica. Se ha dispuesto que los restaurantes de Massachusetts tengan que enviar a centros autorizados de recolección, para que ellos puedan utilizar en biodigestores y luego generar energía. Massachusetts necesita reducir por lo menos el 30% de los residuos que ahora se destinan a vertederos, su principal objetivo es reducir el 80% del 2020 al 2050, al mismo tiempo también pretenden generar energía eléctrica que también es otra necesidad. En si la meta es que los organismos del estado como la Agencia Ambiental Americana, el Ministerio de Agricultura de ese país y empresas del tamaño de General Mills y Unilever, en la Alianza por la Reducción del Desperdicio Alimenticio (Food Waste Reduction Alliance) sean los protagonistas, estas propuestas se hacen también conociendo que el 40% de los alimentos que se compra, un estadounidense lo tira como un desecho sin antes haberlo consumido.

- **Transferencia**

Sánchez *et al.* (1996) define a la transferencia, como un espacio con instalaciones y equipamiento adecuadas, para realizar el transbordo de los residuos sólidos recolectados, a los vehículos transportadores que tienen mayor capacidad de tonelaje y que estos a su vez transporten el residuo hasta la segregación, tratamiento o disposición final. para transportarlos hasta los sitios de disposición final. Desde el punto de vista ingenieril, consideramos los aspectos más importantes, que son garantizar la rentabilidad y eficiencia del proyecto. El objetivo principal es aumentar el flujo de transporte de residuos a diario y buen uso de los vehículos, con ello reducir los costos de operación, y mejor servicio a la comunidad.

La norma peruana ordena a través de DL N° 1278, en el artículo 39 párrafo 2 y 3 lo siguiente: que la transferencia de residuos sólidos municipales debe ser desarrollada por las municipalidades o puede realizarlo también las EO-RS, que

tenga instalada una infraestructura y que cumplan con las condiciones establecidas en el artículo 107 del reglamento referido. Se aclara que está completamente prohibido el trasbordo de residuos sólidos, en lugares diferentes a las plantas de transferencia establecida oficialmente por gobierno municipal.

- **Tratamiento**

Entendemos por tratamiento a uno o más procesos que transforman las características físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos para aprovecharlos, estabilizarlos o reducir su volumen antes de que estas sean enviados a disposición final. Para cumplir con esta tarea, existen en la actualidad tecnologías, las más conocidas son las que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1

Opciones para el tratamiento de residuos

| Opción | Descripción | Consideraciones | Experiencia |
|----------------------|--|--|--|
| Compactación | La comprensión de los residuos para reducir su volumen por métodos mecánicos o manuales. | Común y práctico | Generalmente se ha limitado a la compactación mecánica |
| Compostaje | Descomposición aeróbica (en presencia de oxígeno) de los materiales orgánicos biodegradables. | Común y práctico. Trata y reduce solamente un porcentaje de volumen de residuos | En todas partes del planeta |
| Digestión anaeróbica | Descomposición anaeróbica (sin presencia de oxígeno) de materiales orgánicos biodegradables en contenedores especiales. | Aplicable para cierta categoría de residuos (lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales). | Conocida |
| Incineración | Transformación termoquímica para reducir 60% a 70% de volumen original de los residuos sólidos es posible recuperar energía en forma de calor la cual puede usarse para producir vapor de agua a fin de mover una turbina que produzca electricidad. | Requiere un poder calorífico alto de la materia prima. Alto costo de instalación. Para evitar la contaminación del aire por las sustancias orgánicas tóxicas, según el convenio de Estocolmo encarece y complica la instalación y operación de estos sistemas. | En centros hospitalarios que ópera un incinerador centralizado para los residuos médicos infecciosos |
| Pirólisis | Conversión de la fracción Orgánica de los residuos en gases combustibles y residuos por la acción del calor en un ambiente deficiente de oxígeno | Alto costo de instalación operación y mantenimiento y la necesidad de personal especializado. | Europa y Japón |
| Gasificación | Combustión parcial de fracción Orgánica para producir gases combustibles | Alto costo de instalación operación y mantenimiento y la necesidad de personal especializado. | Europa y Japón |

Fuente: Propuesta de Manejo de residuos sólidos municipales (Salazar, 2003).

- **Disposición final**

La disposición final de residuos sólidos municipales normalmente se realiza en rellenos sanitarios autorizados, los mismos que son implementados por las municipalidades y autorizado por el MINAM, dice la norma vigente en el Perú.

La evaluación antes de la emisión de la norma, Ministerio del Ambiente (2016) que realizó el ministerio en el 2014, encuentra el total de la generación de residuos sólidos municipales en el Perú una producción de 7 497 482 TM/año, de esa cantidad sólo 3 309 712 toneladas fueron dispuestos en rellenos sanitarios, que corresponde a menos del 50%; siendo el remanente dispuesto inadecuadamente en algún lugar del ambiente. Actualmente, el principal problema del manejo de residuos sólidos en el Perú es la falta de lugares adecuados destinados para su disposición final, según algunos estudios el país requiere de 190 infraestructuras conforme a norma para la disposición final de residuos sólidos, pero en realidad, hasta el año 2014 existían solo 11 rellenos sanitarios con todos los permisos y autorizaciones que se debe de tener un relleno sanitario, y 10 instalaciones para la disposición de residuos que corresponden al ámbito no municipal a nivel nacional.

Con el transcurrir del tiempo, los procedimientos de disposición final, van mejorando como por ejemplo la propuesta de FOCIMIRS (2017) las técnicas de ingeniería van desarrollándose respondiendo a las necesidades actuales, ofreciendo una mejora en el confinamiento de los residuos sólidos municipales; mejora el diseño de los esparcimientos y todos los demás componentes, de la misma forma el control de las operaciones rutinarias, para evitar la fuga de gases, generación de lixiviados y proliferación de vectores.

- **Tipos de rellenos sanitarios**

Existen diferentes tipos de rellenos sanitarios. Según el método de operación, estos pueden ser: manuales y con compactación mecanizada; y según el proceso de descomposición aeróbicos, anaeróbicos o semi-aeróbicos, por el proceso de construcción pueden ser:

- Rellenos sanitarios manuales
- Rellenos sanitarios con compactación mecanizada
- Rellenos sanitarios semi-aeróbicos y anaeróbicos

1.1.8. Recuperación y reconversión de áreas degradadas por residuos

La recuperación de áreas que han sido degradadas por mala gestión de residuos sólidos, deben ser responsablemente recuperados por el estado, al respecto en el Perú se ha legislado una norma que reglamenta a través del Decreto Legislativo N° 1278, en donde el artículo 118 dice, las áreas degradadas por residuos sólidos municipales son aquellos lugares donde se realiza o se ha realizado la acumulación permanente de residuos sólidos municipales sin las consideraciones técnicas establecidas, en el Título X del reglamento responsabiliza a las municipalidades de la jurisdicción correspondiente donde se encuentran estas acumulaciones de recuperarlas y también de la reconversión de aquellas áreas; por lo que se encuentran obligadas a ejecutar proyectos de recuperación y reconversión, sin perjuicio de las responsabilidades civiles o penales a que hubiere lugar. Los lugares de acumulación temporal de residuos sólidos municipales generados en vías, espacios y áreas públicas son considerados puntos críticos. La municipalidad de la jurisdicción correspondiente es responsable de la limpieza, remoción y erradicación de dichos puntos infectados.

Así mismo el artículo 120 de la misma norma dice, que el Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos, debe ser aprobado por la autoridad competente. El Plan de recuperación debe incluir actividades como: la delimitación del área a recuperar incluye cerco perimétrico, diseño de estabilización del suelo, cobertura y confinamiento final de residuos, manejo de gases, manejo de lixiviados y de aguas pluviales, integración paisajística con el entorno natural. Dependiendo de las características del área degradada, se podrá remover parcialmente o agrupar los residuos dispersos con la finalidad de facilitar el confinamiento final de los residuos, siempre que el movimiento de la masa de residuos no genere impactos significativos al ambiente. Asimismo, se podrán incluir actividades de valorización energética a través del uso de la biomasa para la generación de energía, o recuperación de metano mediante la captura y quema centralizada o convencional de gases del área degradada.

Como parte de las actividades del plan antes mencionado, se pueden implementar celdas transitorias para la disposición final de los residuos sólidos, con una capacidad para la disposición final de estos hasta por un plazo máximo de tres

(03) años, en el que paralelamente deberá garantizarse la puesta en operación de la infraestructura de residuos sólidos a través de un proyecto de inversión pública, a fin de garantizar la adecuada prestación del servicio de limpieza pública. Para la implementación de las celdas transitorias se debe cumplir con lo establecido en el artículo 123 del reglamento en mención.

1.1.9. Caracterización de residuos sólidos

La caracterización de residuos sólidos municipales se realiza, considerando las sugerencias y material bibliográfico de las autoridades del ambiente, como las dadas por la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (2019) donde se detallan como obtener la cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos, y la planificación administrativa y financiera del servicio de limpieza pública. También el EC-RSM presenta una fuente fundamental para elaborar una serie de instrumentos para la gestión de los residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.

1.1.10. Teoría sobre la educación ambiental

El aumento de generación de residuos sólidos en el planeta se ha acelerado en estos últimos años de manera sorprendente. Un estudio realizado recientemente por la organización británica y especialista en análisis de riesgo, Verishk Maplecroft, advierte que a fines de 2019 en el mundo se ha producido más de 2,100 millones de toneladas de residuos sólidos cada año y tan solo el 16 % (323 millones de toneladas) de ese residuo sólido es reciclada. En nuestro país es también preocupante. De acuerdo con las cifras del Ministerio de Ambiente MINAM, al cierre del 2018 se producían más de 19 000 toneladas de residuos sólidos al día. La misma institución indica que solo se reutiliza un 1,9 % del total de lo que se ha generado.

Por esa alarmante realidad de nuestro país, requerimos un proceso que permita la construcción, la reconstrucción y la reflexión de conocimientos, conductas de valores y el desarrollo de las capacidades individuales y colectivas. Siendo la

educación como mecanismo de adaptación cultural del ser humano al ambiente, se ha mostrado poco o nada de crítico en nuestro medio, con respecto a las actitudes y comportamientos ambientales de nuestros pobladores. Por ello es necesario volver a redimensionarla, mediante el impulso de una acción formativa dirigida al cambio actitudinal y la modificación de comportamientos colectivos. El crecimiento moral ambiental se facilita cuando se aprovechan las situaciones muy difíciles que atravesamos como personas, y que nos obliga a tomar decisiones drásticas. La tarea es que nosotros tratemos de enjuiciar nuestras propias vivencias, para recapacitar y corregir nuestro destino (Martinez, 2010).

Con este fin el estado peruano ha emitido DS N° 017-2012-ED que debe aplicarse en todas las instancias, como una política de educación ambiental de estado, siendo parte del proceso educativo, con enfoque ambiental, de género e interculturalidad, que orienta hacia la formación de un nuevo tipo de ciudadano o ciudadana, con nuevos valores y sentido de vida basados en:

- Respetar y proteger toda forma de vida (principio de equidad biosférica).
- Asumir los impactos y costos ambientales de su actividad (principio de responsabilidad).
- Valorar todos los saberes ancestrales que son expresión de una mejor relación ambiental entre el ser humano y la naturaleza (principio de interculturalidad).
- Respetar los estilos de vida de otros grupos sociales y de otras culturas, fomentando aquellos que buscan la armonía con el ambiente (principio de coexistencia).
- Trabajar por el bienestar y seguridad humanos presentes y futuros basados en el respeto de la herencia recibida de las pasadas generaciones (principio de solidaridad intergeneracional).

1.2. Antecedentes

Sobre la gestión de residuos sólidos, se han escrito numerosos estudios a nivel universal, así mismo a nivel nacional existe en menor cantidad, dentro de ellas destacan algunos que nos llevan a reflexionar para tomar decisiones más convenientes.

Los términos como basura, desecho, desperdicio y otros son denominaciones utilizados para referirse a un material despreciable, en tal sentido Jiménez (2017) una representación de tipo social de los residuos sólidos urbanos y el aspecto sociopolítico de éstos son dos caras de la misma moneda: la gestión de los desechos, entre ellos no han llegado a un punto de planteamiento acorde de una sociedad moderna, que considere a este problema como parte de un proceso normal de la ciudad, que debe viabilizar como parte de un proceso social, ambiental, político, cultural y económico.

El aprovechamiento de los residuos sólidos es enfocado y propuesto desde distintos puntos de vista, sobre ello nos dice Vargas y Pérez (2018) la generación de residuos sólidos tiene impactos negativos y también positivos depende desde donde se observe, por ejemplo los residuos agroindustriales presentan un alto potencial de aprovechamiento gracias a su variada composición química, y esto se ve reflejado en la diversidad de alternativas existentes para su reutilización, se usan en la producción de abono orgánico, alimentos para animales, ladrillos o bloques, papel y biomateriales y pan integral; para producción de microorganismos de interés y como refuerzo en algunos componentes orgánicos.

Nosotros tenemos la inquietud de conocer, cual es la mejor alternativa de gestión de residuos sólidos en nuestro tiempo, sobre ello también han estudiado otros autores como Rojas y Ángela (2020) opinan que los buenos resultados en la recuperación y tratamiento de los residuos sólidos que muestran los países guardan relación con la fortaleza de la política pública que se tiene. Su legislación sobre el manejo de RSU en estos países está involucrados los sectores productivos, cada sector es un actor y cumple con un rol decisivo. El liderazgo en la gestión de los residuos sólidos en el mundo está marcado por la capacidad para hacer procesos de recuperación, y como consecuencia, se obtiene porcentajes de eliminación de residuos en vertederos bastante bajos.

Países europeos junto con Japón evidencian el mejor desempeño a este respecto

En un estudio científico sobre la política y gestión de residuos sólidos de la república de Brasil, en base a informaciones de campo Figueredo (2013) afirma que una forma de explotación de los capitalistas fue obtener recursos naturales sin control alguno. En la sociedad contemporánea, el capital hace de la gestión de la contaminación ambiental una actividad económicamente rentable. Muchos países se han desarrollado económicamente a costa de contaminar el medio ambiente, cuyas consecuencias tenemos que pagar todos los seres vivientes de la tierra, por ello los países desarrollados deberían asumir

responsabilidad e iniciar un proceso de control ambientes, para que no suframos ahora las consecuencias negativas.

La Unión Europea intenta reducir la cantidad de residuos sólidos generados en su área, en ese sentido han realizado estudios para cumplir con dicho objetivo, uno de los estudios reconocidos es de Flores *et al.* (2017) concluye indicando que hoy en día existen muchas formas de detener el crecimiento desmedido de residuos en Europa, en los últimos tiempos, con los problemas planteados y con el desarrollo de la tecnología es posible recuperar la salud ambiental, invocando continuamente las 4R conocidos, que consiste en reducir su producción, reutilizar los residuos cuando sean posible, reciclar aquellos residuos como son los plásticos, metales y otros; por último debemos recuperar los residuos cuando no es posible aplicar los métodos anteriores, proponiendo generar energía con los resultado del proceso. En esta tarea deben necesariamente participar las empresas industriales.

Se han efectuado investigaciones con fines de tesis de grado, en la república de México, obteniéndose resultados interesantes:

Olguin (2007) caracterizando los residuos obtienen resultados muy interesantes, que representan de los residuos sólidos urbanos de una zona los siguiente: residuos de fermentación rápida con 24,4 %, residuo fino con 14,6%, pañal desechable con 12,0%, plásticos con 11,5%, papel y cartón con 11,4%, otros 9,8%, metales con 4,6% y el resto considerados triviales con 11,7%, utilizado una nomenclatura distinta, en la republica de México. contrastando la composición de los RSU en volumen representa a los plásticos con 45,6%, papel y cartón con 20,0%, pañales desechables con 5,8%, otros con 5,1%, metales con 5%, residuos de fermentación rápida con 3,8%, residuos finos con 2,2%, fibra dura vegetal con 2,0% y triviales con 10,5%. Estos resultados contrastantes en su composición de residuos sólidos, requiere un plan de gestión como para esta composición, son de gran utilidad, pero no contempla la normatividad mexicana en su disposición final.

La composición de los residuos sólidos es muy importante, para tomar la decisión del método de procesamiento a elegirse, los porcentajes mostrados es para esa ciudad, otras regiones tienen composiciones distintas, por lo que es necesario tomar conocimiento con detalles y plantear soluciones adecuadas.

En la Universidad Nacional del Centro de Perú, en un trabajo doctoral se analiza un caso del distrito de Tambo, Ascanio (2017) donde concluyen que los residuos sólidos son casi una amenaza para la sociedad, más que todo para los habitantes de zonas urbanas, como lo es también para todos los vivientes del distrito, por aumento desmedido de la gente, las actividades modernas y el consumo sin control, han aumentado la cantidad de residuos sólidos que ahora es difícil de manejar, aumenta este problema con el ineficiente manejo de estos, inevitablemente ha generado la contaminación del medio ambiente, atenta a la salud humana y ha generado conflictos sociales y políticos.

En la forma como se enfoca el hecho, se puede entender como un problema muy grande que aqueja a la sociedad, muy difícil de solucionar, pero también se puede entender desde otro punto de vista, que quizá ya no sea un problema para la humanidad, sino sea un elemento útil y necesario.

Para conocer el comportamiento de los suelos frente a aguas lixiviadas por residuos sólidos encuentra el siguiente resultado, Quintero *et al.* (2016) los residuos sólidos urbanos, cuando son depositados en un lugar inapropiadamente, estas por la lixiviación generada con la participación de aguas pluviales, es contaminado también el suelo por las aguas contaminadas, para comprobar esta hipótesis en laboratorio se utilizan dos muestras, al primero se le realiza una caracterización geotécnica en estado natural y se obtiene resultados, al segundo se le ensaya los mismos procesos del primero, pero sometiendo a una lixiviación. Los resultados indican que existe una variación en sus propiedades geotécnicas como es el índice de vacíos, estructura interna, composición química, resistencia a la compresión, resistencia al corte, colapso y succión, con estos cambios el suelo se convierte inestable, y con ello un peligro para cualquier tipo de construcción civil.

Después de haberse acumulado residuos sólidos en relleno sanitario, no se conoce cuáles son los efectos que causan al ambiente, al respecto esta investigación nos ilustra lo siguiente: Díaz *et al.* (2017) de los residuos sólidos depositados en rellenos sanitarios en México, el 74% de ellos no existen reportes de condiciones de operación, de esos residuos el autor trata de determinar la generación de metano como contaminante de la atmósfera, los resultados son sorprendentes, el promedio de generación de gas metano se encuentra inferior a 40% de v/v algunos casos pasan el 50% de v/v en relación al aire, si pensamos en la cantidad de rellenos sanitarios que existen en el planeta, podríamos explicar mejor

como aportan estos depósitos de residuos sólidos que supuestamente son una solución a la contaminación ambiental, pero en realidad son los que mejor aportan para generar el efecto invernadero.

La participación ciudadana en el manejo de residuos sólidos es determinante, como dicen Núñez (2016) el continuo aumento de residuos sólidos en el distrito federal de México ha originado problemas serios en el manejo de residuos sólidos dentro de la ciudad, se nota el cambio en la concepción de la población de la zona céntrica de la ciudad, pero en las periferias aún no se ha entendido el problema, de alguna forma participan entidades públicas, civiles y empresariales, pero su reglamentación es insuficiente y no ayuda a resolver por completo, por esta razón requiere diseñar un sistema riguroso en el manejo.

En el caso de que la gestión de residuos sólidos estuviera manejado solamente por los mismos miembros de comunidad, cuáles serían los resultados, de hecho serían un poco distintas como dicen Viridiana *et al.* (2019) en sus estudio en la ciudad de Xaltianguis del Estado de Guerrero de México, se encuentra que un 68.3% son orgánicos, residuos reciclables 10,5% y no reciclables 21,2%; además encuentran que en su hogares realizan compostaje del residuo orgánico, utilizando aproximadamente un 26% de lo generado, pero el 31,1% queman, y consideran como ningún tipo de manejo el 29,8%, estos datos nos indican que la población habría entendido la problemática, ya que el 54,5% dice que participa en alguna empresa o programa de reciclaje, y el 49,4% dice capacitarse para elaborar compostaje en domicilio, estas experiencias son algunos avances en la conciencia social, pero esto no ocurre en todos lugares.

Las posibles soluciones en el tiempo que se planteaban quizás no son las más adecuadas, por que como se ha visto continúa emitiéndose metano a la atmósfera desde los rellenos sanitarios, por eso existen otras propuestas como de Ruiz *et al.* (2017) donde buscan soluciones en que además de desaparecer el residuo, también se genere energía para hacer uso de este, este método se llama método de oxidación por Batch, que como método ya se había estudiado anteriormente en Uruguay, consisten procesos físicos y químicos que son aplicados al residuo, se transformándolo en energía, para el caso de Asunción Paraguay se estarían beneficiando más de 500 familias utilizando los residuos sólidos.

Desde diferentes ángulos estudian otras maneras de resolver el problema de residuos sólidos, uno ellos es Quispe (2018) que considera que frente a una crisis agrícola e inseguridad alimentaría por un lado y por otro la contaminación con los residuos, indica

que ambos problemas pueden ser abordados con una sola acción, que es un procesamiento biológico de residuos orgánicos por compostaje con lombrices para obtener biogás que se usaría como energía y los sólidos se utilizaría como abono de calidad para la agricultura.

Para una buena gestión de residuos sólidos es necesario, una buena caracterización de los residuos de una ciudad o actualización de información, en ese sentido una última caracterización de residuos nos muestra Boggiano (2020) y encuentra los siguientes resultados: la población no tiene una cultura ecológica y requiere de una planificación en gestión de residuos, la producción de residuos sólidos urbanos es de 185 729 TM/día que en el futuro alcanzaría a 280 529 TM/día, como municipio de Trujillo tiene una producción per cápita de 0,858 kg/hab/día, entre otros, también resalta su composición orgánica representa un 40,72% son orgánicos, también resalta que el 70,38% de los residuos son aprovechables para obtener energía eléctrica.

En los últimos tiempos, se han buscado métodos más eficaces de tratamiento de residuos sólidos y que la contaminación tienda a cero, en ese sentido en la ciudad de Medellín Colombia, Montiel *et al.* (2019) sostiene que la valoración energética de los RSU es una alternativa muy importante para mitigar los impactos ambientales que provoca las disposiciones finales de residuos sólidos, obteniendo como beneficio a la comunidad una energía renovable en plantas de incineración bajo condiciones sub-estiquiométricas, obteniendo el potencial energético de 28 a 44 MW eléctrico, de modo autotérmico, el contenido de humedad de RSU es muy importante para obtener resultados positivos en el sistema de gestión integral.

En nuestro país, específicamente en la ciudad de Chimbote también se ha evaluado la posibilidad de un cambio en el manejo y disposición de final de RSU, Quillos *et al.* (2018) el grupo de investigadores encuentra una producción per cápita en residuos de 0,425 kg/hab/día, de ellos el 69% es orgánico, además considerando su población total se obtiene una generación de 69,8 TM/día. Si se aplicara el método de incineración (método térmico) para su tratamiento, se obtendría 15,33 MW al año, lo que implica un aumento de 8% en energía eléctrica de lo requerido en ese lugar, ayudando así a disminuir el consumo de combustible fósil. Lo más importante de este proceso es ayudar a disminuir la emisión de metano al aire en la disposición final.

La preocupación de manejo de residuos sólidos es a nivel mundial, por el crecimiento poblacional y el aumento de consumo, el objetivo es encontrar un control absoluto al problema, con los métodos tradicionales de disposición final que son los rellenos sanitarios o vertederos, la contaminación continua, aunque en menor cuantía, pero en conclusión no se ha controlado el problema, González *et al.* (2009) nos propone un método térmico que en el futuro puede ser una alternativa muy seria, que tiene como objetivo alcanzar la gasificación del RSU en un 99% aplicando altas temperaturas con antorchas de plasma; el país donde se viene aplicando esta tecnología es Japón en diferentes ciudades, los demás países como son los de Latinoamérica nos encontramos en una etapa de investigación, pero la probabilidad de aplicar esta tecnología en nuestro medio no está tan lejos.

La utilización de residuos sólidos y subproductos industriales como reemplazo parcial o total de materias primas naturales, se ha convertido en un proceso innovar a parte de los desechos urbanos, Montoya y Villaquirán (2020) hasta ahora la utilización de recursos naturales no renovables es común, pero se ha descubierto que los residuos de incineración de residuos sólidos, contiene alto contenido de silicio, por lo que este producto en el futuro reemplazaría a las tradicionales materias primas.

En la búsqueda de soluciones al problema de manejo de residuos sólidos en Ecuador se ha obtenido resultados alentadores como Coral y Oviedo (2020) el potencial energético que brindan los RSU de la parroquia Limoncocha, considerando todas las muestras analizadas, indica que son aptos para utilizarlos para un procesos de aprovechamiento energético con el fin de convertir en energía eléctrica, considerando que su composición tiene las 3 100 kcal/kg que se requiere, por lo que, una incineración es una alternativa viable para la eliminación casi total de los residuos sólidos.

La generación de grandes cantidades de residuos sólidos en el mundo, ha originado la contaminación ambiental a gran escala, frente a ello también se plantean alternativas que cooperan para solucionar el problema, Muñoz y García (2021) considera como una alternativa para la reutilización de los desechos urbanos, es incorporándolos como reemplazantes parciales o totales de los componentes de materiales naturales del concreto celular; en este sentido, el hormigón celular fabricado con dichos componentes podría proporcionar un medio excelente para incorporar estos residuos en un gran volumen, principalmente cumpliendo con el requisito de ser de baja resistencia.



Otra óptica es la utilización de la actividad microbiana en el tratamiento de residuos sólidos, al respecto Arce (2014) dice que la actividad microbiana que interviene en el proceso de compostaje de residuos sólidos cumple con la función de acelerar el proceso de descomposición del material orgánico. Se considera al grado de descomposición de RSU como un parámetro que se evalúa en la calidad del compost. El desarrollo de la dinámica poblacional bacteriana interna depende de la interacción compleja de factores tanto físicos y químicos y de operaciones en el proceso de degradación de residuos orgánicos.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

La ciudad de Puno se encuentra ubicada a las orillas del lago Titicaca, a una altitud de 3 812 m.s.n.m, con una población proveniente de culturas de origen quechuas, aimaras y otros que tienen una cultura muy arraigada a la andina que es la que domina nuestras actitudes. Dentro de sus diversos problemas que puede tener es el problema de contaminación ambiental, dentro de ellas resalta rápida y nítidamente, es un botadero de basura que se encuentra a las espaldas del cerro Cancharani, por sus dimensiones se observa y se huele muy mal, sin hacer mayores estudios se entiende que se produce una contaminación ambiental, los lixiviados entran en contacto con personas, animales y otros medios, el olor es insoportable en el lugar.

Por las experiencias recogidas, en otros lugares con problemas similares, se sabe que es el resultado de un mal o falta de manejo de residuos sólidos urbanos por parte de la Municipalidad de Puno, y luego haciendo una averiguación como se sabe que no se viene aplicando un instrumento de gestión de residuos sólidos, que responda a las necesidades actuales de control ambiental, por lo que como consecuencia todos sus componentes de gestión también serán deficientes.

Si no se resuelve el problema indicado, sus efectos se mostraran con la generación de enfermedades infecto contagiosos, para la población no solo de Puno y que estas se puedan expandir en toda la región andina, la generación de metano que probablemente se estaría generando contamina la atmósfera, con ello se provoca el cambio climático que ya lo estamos viviendo, además se observa la contaminación de las aguas superficiales, subterráneas y también el suelo, estas aguas posteriormente pueden ser consumidas por

los ser humanos de la zona y animales, todo ello solo por una falta de buena gestión de residuos sólidos en la ciudad de Puno.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál será el diseño más adecuado de un plan de gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Puno?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el estado actual del manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno?
- ¿Cuál será el plan de manejo de residuos sólidos más viable en la ciudad de Puno?

2.3. Justificación

La aplicación de cualquier sistema de gestión de residuos sólidos, elaborado para otras regiones, o querer aplicar modelos previamente elaborada para otras realidades, no siempre se puede obtener resultados positivos en la gestión, hay veces nos encontramos con sorpresas nefastos, porque se han ensayado modelos en diversas partes del mundo, el mismo que no puede ser aplicado en cualquier otro lugar.

La mala o nula administración correcta de gestión de residuos sólidos en la ciudad de Puno, es de gran impacto negativo social, económico y de salud (aunque ahora no parece visualizarse) pero que en los años posteriores lo vamos a sufrir, este hecho tiene como complicidad a que nuestro estado dispone de insuficientes recursos económicos y humanos, y lo más importante dentro de ellos, es de no contar con una tecnología de gestión apropiada, aplicable con eficiencia en nuestra realidad. Entonces está claramente identificado que tenemos un déficit de la estructura funcional operativa en forma integral; dentro de ello la ausencia de programas de capacitación ambiental y educación a los ciudadanos de Puno.

Si bien es cierto que en la ciudad de Puno, se está generando aproximadamente 120 toneladas de RSU por día, de ello no se conoce con certeza cuanto se recupera para transportar a un relleno sanitario, los que no son recuperados que destino tienen, cuántos

son reciclados, por lo que se observa se incinera al aire libre parte de residuos, pero no se conoce que tipo de residuos y cuanto de ellos llegan a ser ceniza; es decir no existe un estudio serio que nos dé una información verídica del manejo actual, menos aún los niveles de contaminación que se está produciendo en suelo, aire, fauna y agua especialmente.

La inexistencia adecuada de gestión de residuos sólidos en la ciudad de Puno, corresponde a nuestra universidad como comunidad científica, tenga que asumir responsabilidad para responder con una alternativa basado en fundamentos teóricos pero pragmático para nuestra realidad, y que solucione las amenazas descritas.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Diseñar un plan de gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Puno, que permita ejecutar una administración controlada y operacionalizada que facilite la reducción, reciclaje y reúso mediante la transformación de los residuos sólidos generados, con lo que se contribuye a un desarrollo sostenible, protección y conservación del medio ambiente.

2.4.2. Objetivos específicos

- Describir la situación actual del manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno reconociendo nuestra tendencia cultural, y haciendo un análisis comparativo con modelos de otras regiones.
- Elaborar la propuesta más viable de metodologías de manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Con el diseño de un plan de gestión de residuos sólidos de la ciudad de Puno, permitirá un manejo más eficiente de la administración y operación ambiental, donde la transformación de residuos sólidos urbanos es activa y productiva para el bienestar de la comunidad.



2.5.2. Hipótesis específicas

- El manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Puno es muy defectuoso, por no tener un plan de gestión integral de residuos sólidos, acorde a nuestra realidad.
- La metodología más viable que debe ser aplicado en la ciudad de Puno, es de carácter térmico, con aplicación de reciclaje y reúso.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El lugar de estudio es la ciudad Puno (urbano), considerando los barrios marginales. Geográficamente se encuentra en la meseta del Altiplano Peruano, a orillas del lago Titicaca, políticamente en la región Puno, provincia y distrito Puno. La extensión total de la ciudad de Puno es de aproximadamente de 20 kilómetros cuadrados, el mapa de ubicación se muestra en el Anexo 1.

3.2. Población

La ciudad de Puno tiene una población de 142 691 habitantes en el año 2019, que continuamente va incrementando de año en año, en la siguiente Tabla 2 se muestra como aumenta la población de Puno.

Tabla 2

Población de la ciudad de Puno

| Año | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Población | 136 686 | 138 429 | 140 175 | 142 691 | 143 867 |

3.3. Muestra

El muestreo es probabilístico al azar simple. Para calcular el tamaño de muestra se ha considerado la población total del año 2017, con ese fin se utiliza una ecuación para estimar el tamaño de la muestra del número de viviendas a ser intervenidas en poblaciones finitas,

con un nivel de confianza de 95%, precisión 6%, proporción esperada asumiendo que es cercana al 5%.

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2} =$$

Donde:

n = Número de viviendas a muestrear

N = Número total de viviendas

Z = Nivel de confianza

σ = Desviación estándar de las variables (kg/hab/día)

E = Error permisible en la estimación (kg/hab/día)

Los valores empleados para obtener el número de viviendas que deben ser muestreadas son las siguientes:

N = 34 417 total de viviendas

Z = 1,96

σ = 0,25 (kg/hab/día)

E = 0,06 (kg/hab/día)

$$n = \frac{(1.96)^2 * (34,417) * (0.25)^2}{(34\ 417 - 1) * (0.06)^2 + (1.96)^2 * (0.25)^2}$$

n = 67 muestras

3.4. Método de investigación

El método de investigación utilizado en el presente estudio es analítico, tipo de investigación descriptivo y explicativo; las fuentes de datos son de campo y documental; se describe el comportamiento de las variables independientes en estudio, explicativo por que se responde a las preguntas en estudio, considerando el comportamiento de la población frente a la problemática y un análisis detallado del manejo de los residuos

sólidos (peso, composición física, etc.), planteando soluciones, utilizando tecnologías adecuadas y modernas para la ciudad de Puno.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1. Objetivo específico 1

- a) **Describir la situación actual del manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno reconociendo nuestra tendencia cultural, y haciendo un análisis comparativo con modelos de otras regiones**

Con este objetivo, se pretende diagnosticar el estado actual que se encuentra la gestión de residuos sólidos en la ciudad de Puno.

- Generación de residuos sólidos

Los pobladores de la ciudad de Puno, en su actividad diaria doméstica genera residuos sólidos, la norma peruana indica, que el generador debe realizar la segregación de su residuo sólido de acuerdo con sus características físicas, químicas y biológicas. Esta disposición no ha sido cumplida hasta la fecha, debido a los hábitos formados del poblador, que acostumbra a almacenar en un único depósito todos los residuos.

Los residuos sólidos municipales en la ciudad de Puno son de origen domiciliarios, comercial (mercados) y especiales. La caracterización de sus componentes se realizó en la fuente (en el momento de la recolección). Con este fin se utilizaron instrumentos de bioseguridad, balanza, bolsas de plástico, lupa, otros.

- Limpieza pública

La Municipalidad Provincial de la ciudad Puno, se ha hecho cargo directamente de la limpieza pública (plazas, avenidas, calles y otros), tratando de alcanzar la mayor parte de la ciudad, pero esto no es posible como veremos en el capítulo de resultados y discusiones, por nuestra parte se ha utilizado la información obtenida de SIGERSOL declarado en el ministerio del ambiente. También la municipalidad a dispuesto el almacenamiento abierto de residuos sólidos en espacios públicos en

diferentes partes de la ciudad con la finalidad de que cualquier ciudadano que requiera deshacerse del residuo lo haga por ese medio.

- **Recolección y transporte de residuos sólidos**

La recolección de los residuos sólidos en la ciudad de Puno se realiza en los mercados en botes jalado por trabajadores a pie; además se utilizan triciclos a pedal y también motorizados, quienes acopian en un lugar público para ser recogidos por camiones. La recolección de residuos sólidos domiciliarios se realiza en camiones compactadores y camiones abiertos, establecidos con frecuencias de dos veces a la semana o semanalmente en su mayoría. El transporte a su disposición final se realiza con los mismos camiones recolectores.

- **Disposición final de residuos sólidos**

La disposición final de los residuos sólidos de la ciudad de Puno es un botadero que se encuentra a las espaldas del cerro Cancharani, a la que se traslada cerca a unos 70% o menos de los residuos generados en la ciudad de Puno hasta el año 2019 (Figura 3), posteriormente se utiliza un relleno sanitario que tiene problemas en su construcción, el mismo que analizaremos en el capítulo correspondiente.



Figura 3. Botadero de residuos sólidos de Cancharani

3.5.2. Objetivo específico 2

a) **Elaborar la propuesta más viable de metodologías de manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno**

Se debe lograr con este objetivo, demostrar una propuesta de solución al problema del trabajo de investigación, proponiendo la alternativa más viable para nuestra realidad, en tal sentido el procedimiento de análisis de manejo de residuos sólidos sería lo que se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Procedimiento de análisis

Para ofrecer una solución integral al problema de manejo de residuos sólidos, en el procedimiento de su análisis se deben cuantificar sus elementos, y para ello no pueden faltar los elementos imprescindibles que participan en el sistema, como son la generación, segregación, recolección, el transporte, tratamiento y la disposición final, dentro de ellos existen actividades que deben ser analizados con detalle. La parte más importante que se debe precisar, es el análisis de los diferentes tratamientos que se practican en el mundo, y que sean adaptables a nuestro medio, también es necesario evaluar su factibilidad económica.

Además, se debe operacionalizar las variables consideradas para nuestra investigación, dicha operacionalización se muestra en la Tabla 3, en esta tabla se debe evaluar cada una de las variables contrastando los indicadores correspondientes, estos análisis se debe realizar con mucho cuidado, debido a que nos muestran el camino para hallar una propuesta de gestión de residuos sólidos más adecuada para la ciudad de Puno.

Tabla 3

Operacionalización de variables

| Concepto | Dimensiones | Variables | Indicadores |
|---|------------------|---|---|
| Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos | Ambiental | Actividades ambientales | Muestra interés por el medio ambiente |
| | | Reutilización y reciclaje de residuos sólidos | Se informa sobre el porcentaje de incineración de residuos sólidos |
| | | Recursos naturales disponibles | Valora el recurso agua Valora el recurso aire Valora el recurso suelo |
| | Residuos sólidos | Orgánicos | Caracterización de los residuos |
| | | Inorgánicos | Caracterización de los residuos |
| | | Necesidades básicas insatisfechas | Conoce los índices de necesidades básicas insatisfechas |
| | Económico | Crecimiento económico | Indica el valor económico de los residuos sólidos |
| | | | Se informa sobre la producción per cápita de los residuos sólidos en Puno |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Situación actual del manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno

En el presente ítems, se analiza el estado actual de gestión de residuos sólidos en la ciudad de Puno, los resultados de ellas nos marcan como una línea de referencia para proyectar, una nueva gestión de residuos sólidos que trate de no contaminar el medio ambiente y permita el desarrollo de la población en un planeta más limpio que la actual.

4.1.1. Análisis de generación de residuos sólidos

Para conocer mejor la producción de residuos sólidos de la ciudad de Puno, debemos tomar en cuenta información de unos años atrás; con este fin se ha tomado en consideración lo registrado en la plataforma de SIGERSOL, que pertenece al Ministerio del Ambiente. Esta plataforma digital, es utilizada para actualizar todas las informaciones de gestión de residuos sólidos a nivel nacional. En los siguientes cuadros se mostrarán informaciones obtenidas de esta plataforma, otras fuentes y la nuestra obtenida en campo, que nos sirven para analizar el estado actual de gestión de residuos sólidos en la ciudad de Puno.

a) Generación de residuos sólidos anual

Tabla 4

Generación de residuos sólidos anuales

| Año | Residuos Sólidos Domiciliarios (t/año) | Residuos Sólidos no Domiciliarios (t/año) | Residuos Sólidos Municipales (t/año) | Residuos Sólidos Municipales (t/día) |
|------|--|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 2016 | 27 439,71 | 11 759,88 | 39 199,59 | 107,40 |
| 2017 | 27789,62 | 11909,84 | 39699,46 | 108,76 |
| 2018 | 28140,01 | 12060,06 | 40200,07 | 110,14 |

Fuente: SIGERSOL.

Lo que se muestra en la Tabla 4 son registros de residuos sólidos que se genera en la ciudad de Puno anualmente, desde el año 2016 al 2018, en la que podemos observar el aumento de residuos sólidos por cada año, con una tasa aproximada de 500 toneladas por año, que deben ser trasladados diariamente para su disposición final en un algún lugar adecuado, pero sin dañar al medio ambiente.

b) Generación per cápita de residuos sólidos

Para analizar debemos saber cuánto de residuo genera cada ciudadano y en cada día, a esa información se le llama, generación per cápita de residuos sólidos en la ciudad de Puno, de la plataforma indicada en líneas arriba se ha tomado información de los años 2012 al 2018, que nos permite ver la evolución de este indicador a través de los años pasados, ello se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Generación per cápita de residuos sólidos de la ciudad de Puno

| Ciudad | Año | Población urbana | Número de muestras | Generación Per cápita municipal (kg/hab/día) | Generación Per cápita domiciliario (kg/hab/día) | Densidad RSU sin compactar (kg/m ³) |
|--------|------|------------------|--------------------|--|---|---|
| Puno | 2012 | 126 960 | 83 | 0,62 | 0,51 | 195,89 |
| Puno | 2013 | 128 156 | 98 | 0,69 | 0,53 | 119,28 |
| Puno | 2014 | 129 328 | 98 | 0,69 | 0,53 | 119,28 |
| Puno | 2015 | 131 483 | 75 | 1,06 | 0,55 | 184,96 |
| Puno | 2016 | 136 686 | 75 | 0,74 | 0,55 | 184,96 |
| Puno | 2017 | 138 429 | 75 | 0,74 | 0,55 | 184,96 |
| Puno | 2018 | 140 175 | 75 | 0,74 | 0,55 | 184,96 |

Fuente. Recopilación de SIGERSOL.

En la Tabla 5 notamos que los valores publicados en la plataforma SIGERSOL son válidas, se ve claramente que la tendencia de generación per cápita es, a medida que pasa los años existe un aumento desde el año 2012 que varía desde 0,51kg/hab/día hasta 0,55 kg/hab/día en el año 2018, en consecuencia se considera

el promedio para residuos domiciliarios 0,54 kg/hab/día; de la misma forma encontramos el aumento per cápita de residuos sólidos municipales desde el año 2012 al 2018 de 0,62 a 0,74 kg/hab/día respectivamente y como promedio tendríamos 0,68 kg/hab/día; este aumento se podría justificar con el alza del poder adquisitivo de los ciudadanos.

c) Caracterización de residuos sólidos domiciliarios

La municipalidad provincial de la ciudad de Puno, según indica en su declaración anual en la plataforma SIGERSOL, desde el año 2012 al 2018 registra como caracterización de residuos sólidos domiciliarios efectuado por dicha dependencia, y considerando como documento oficial y público utilizamos para analizar, la variación anual por cada uno de sus componentes, esta información se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6

Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del año 2012 al 2018

| Año | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de muestras | 83 | 98 | 98 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| Materia orgánica (%) | 59,88 | 61,38 | 61,38 | 47,52 | 47,52 | 47,52 | 47,52 |
| Metales (%) | 2,28 | 1,73 | 1,73 | 3,71 | 3,71 | 3,71 | 3,71 |
| Madera follaje (%) | 2,11 | 2,8 | 2,8 | 1,91 | 1,91 | 1,91 | 1,52 |
| Telas, textiles (%) | 1,04 | 2,11 | 2,11 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Papel (%) | 6,58 | 5,4 | 5,4 | 8,35 | 4,67 | 4,67 | 4,67 |
| Caucho, cuero y jebe (%) | 0,29 | 0,42 | 0,42 | 2,07 | 2,07 | 2,07 | 2,07 |
| Vidrio (%) | 0,81 | 2,47 | 2,47 | 6,58 | 6,58 | 6,58 | 6,58 |
| Plástico PET (%) | 2,43 | 1,84 | 1,84 | 4,6 | 4,61 | 4,61 | 4,61 |
| Plástico duro (%) | 0,64 | 1,85 | 1,85 | 7,42 | 7,42 | 7,42 | 7,42 |
| Bolsas (%) | 6,76 | 3,32 | 3,32 | 3,58 | 3,58 | 3,58 | 3,58 |
| Tecnopor y similares (%) | 0,69 | 0,49 | 0,49 | 0,57 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| Otros (%) | 2,88 | 2,12 | 2,12 | 0,23 | 0,8 | 0,8 | 1,19 |

Los valores que se muestran en la Tabla 6 son porcentajes en peso, la composición de los residuos sólidos observados en los siete años (2012 al 2018), la mayor cantidad de residuos son los que tienen composición orgánica, que promediando es 53,24%, si asociamos este porcentaje, al peso obtenemos aproximadamente una producción de 21 402 toneladas cada año y unos 59 toneladas diario. En segundo lugar, se encuentra los plásticos duros con 7,42%, seguidamente están los vidrios con 6,58%, los papeles con 4,7%, plásticos PET (tereftalato de polietileno) con 4,61%, otros productos que son reciclables son los metales que tiene un 3,71%, las bolsas de plástico con 3,58%; además suman otros productos que se encuentran en menor cantidad. También queda claro que estos valores no son iguales a la producción de RSU de otras partes del mundo.

d) Caracterización de residuos sólidos domiciliarios especiales

Se denomina como residuos sólidos domiciliarios a todo aquellos residuo sólido que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, requieren de un transporte especial, almacenaje y compactación especial, no puede ser recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por cualquier prestadora del servicio público Rivas *et al.* (2017) los productos que componen pueden ser: aceites usados, llantas usadas, materiales inertes, computadoras y periféricos, pilas o acumuladores, bombillas y luminarias, sanitarios, plaguicidas, baterías plomo ácido, neveras, aires acondicionados, televisores, lavadoras, microondas y otros restos eléctricos (Tabla 7).

Tabla 7

Caracterización de residuos sólidos domiciliarios especiales

| Año | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Número de muestras | 83 | 98 | 98 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| Restos aparatos eléctricos, | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Pilas, focos % | | | | | | | |
| Restos de medicinas % | 0,46 | 0,35 | 0,35 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| Residuos sanitarios % | 11,87 | 8,41 | 8,41 | 7,26 | 7,26 | 7,26 | 7,26 |
| Material inerte % | 0,83 | 1,02 | 1,02 | 3,91 | 3,91 | 3,91 | 3,91 |

Por lo visto en la Tabla 7, llama la atención que tenemos un 8,25% como promedio de residuos sanitarios, como el más alto de estos especiales, luego los residuos inertes que tienen un 2,64% de promedio, posteriormente están los restos de aparatos eléctricos, pilas, focos con 2,17%, como los más significativos.

e) **Caracterización del año 2019**

De forma general, la generación de residuos sólidos es propio de la existencia de las personas, en cada instancia se generan residuos sólidos, en las casas, en los mercados, en dependencias públicas y privadas, en los restaurantes, en el sector productivo, en la educación, y en todas las actividades humanas. El manejo de los residuos sólidos en el Perú está bajo la responsabilidad de los gobiernos locales, estas se dividen en residuos domiciliarios y no domiciliarios; con este fin para el año 2019 se ha estimado una producción de 120,81 TM/día, que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Caracterización de residuos sólidos del año 2019

| Fuente de generación | kg/día | TM/día |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| Domiciliario | 92 750,91 | 92,75 |
| Comercio | 5 089,63 | 5,09 |
| Restaurante | 6 045,06 | 6,05 |
| Hospedaje | 2 226,64 | 2,23 |
| Mercado | 6 354,96 | 6,35 |
| Instituciones educativas | 3 603,80 | 3,60 |
| Otras instituciones | 816,80 | 0,82 |
| Barrido de calle | 3 922,18 | 3,92 |
| Total | 120 810,00 | 120,81 |

Fuente. SIGERSOL.

La producción de residuos sólidos domiciliarios es de 92,75 TM/día, los no domiciliarios suman a 28,06 TM/día, destacando dentro de ellos la producción en mercados, restaurantes y en sector comercio; entonces todos los días se generan aproximadamente 120,81 toneladas, esta es la cantidad de residuos que debe ser procesado hasta su destino final.

Utilizando los formatos que se encuentran en el Anexo 2 se ha caracterizado 67 muestras de residuos domiciliarios y 5 no domiciliarios, con los que se elaboró las Tablas 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, que a continuación se muestran. Los principios y procedimientos para su caracterización que se ha utilizado, es la guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (EC-RSM), que también fue utilizado por la municipalidad provincial de Puno en sus caracterizaciones de RSU para informar a MINAM.

Tabla 9

Caracterización de residuos sólidos orgánicos

| Residuos sólidos | % de orgánicos | % del Total |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Residuos de alimentos | 65,04 | 31,76 |
| Residuos de maleza, poda y madera | 15,87 | 7,75 |
| Otros residuos orgánicos | 19,09 | 9,32 |
| Total | 100,00 | 48,84 |

Tabla 10

Caracterización de residuos sólidos de papel

| Residuos sólidos | % de papel | % del Total |
|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Papel blanco | 20,67 | 3,50 |
| Periódico | 20,23 | 3,43 |
| Cartón | 13,85 | 2,35 |
| Cartonetas y cartulinas | 11,28 | 1,91 |
| Mixto | 33,97 | 5,75 |
| Total | 100,00 | 16,94 |

Tabla 11

Caracterización de residuos sólidos de vidrio

| Residuos sólidos | % de vidrio | % del Total |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Vidrio transparente | 53,32 | 3,34 |
| Vidrio de color | 20,16 | 1,26 |
| Vidrio de ventana | 26,52 | 1,66 |
| Total | 100,00 | 6,26 |

Tabla 12

Caracterización de residuos sólidos de plástico

| Residuos sólidos | % de plástico | % del Total |
|---|----------------------|--------------------|
| Bolsas plásticas | 24,93 | 2,55 |
| Botellas de plástico (Tereftalato de polietileno) | 42,31 | 4,33 |
| Recipientes de plástico (polietileno) | 14,24 | 1,46 |
| Polipropileno (Plástico duro) | 4,99 | 0,51 |
| Poliestireno (Tecnopor) | 5,93 | 0,61 |
| Policloruro de vinilo (PVC) | 7,61 | 0,78 |
| Total | 100,00 | 10,23 |

Tabla 13

Caracterización de residuos sólidos metálicos

| Residuos sólidos | % de metales | % del Total |
|-------------------------|---------------------|--------------------|
| Lata (Hojalata) | 36,98 | 3,71 |
| Acero | 6,05 | 0,61 |
| Fierro | 13,41 | 1,35 |
| Aluminio | 25,71 | 2,58 |
| Cobre | 17,85 | 1,79 |
| Total | 100,00 | 10,04 |

Tabla 14

Caracterización de residuos sólidos especiales

| Residuos sólidos | % de residuos especiales | % del Total |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Residuos sanitarios | 16,70 | 1,28 |
| Pilas | 9,74 | 0,75 |
| Residuos electrodomésticos | 11,21 | 0,86 |
| Residuos inertes | 62,35 | 4,79 |
| Total | 100,00 | 7,68 |

Tabla 15

Residuos sólidos no domiciliarios

| Residuos sólidos no domiciliarios | |
|--|----------------------|
| Residuos sólidos | % de residuos |
| Orgánico | 83,36 |
| No orgánico | 16,64 |
| Total | 100,00 |

De la Tabla 9, podemos resaltar que el 48,84% del total, son residuos sólidos domiciliarios orgánicos, que en si significa una producción de 45 toneladas de residuos diarias, agregando otro resultado que se encuentra en la Tabla 15 encontramos como residuos no domiciliarios que representa el 83,36% de esa facción, que genera una producción de 23 toneladas diarias, con lo que suma ambos a 68 toneladas de residuos sólidos orgánicos diarios. Por otro lado, también en la Tabla 10 encontramos en segundo lugar que el 16,94% de los residuos domiciliarios están compuestos de papeles cartulinas cartones, que corresponde a 20 toneladas diarias, valor muy importante para la industria. Seguidamente en la Tabla 11 se caracteriza los residuos sólidos de vidrio, que representa un 6,26% de

los residuos, a pesar de que la cifra es pequeña, pero puede ser importante los últimos para industria del reciclaje.

Uno de los materiales de residuos muy importante son los plásticos, al respecto en la Tabla 12 nos representa un 10,23% que en peso es aproximadamente 9 toneladas diarias, toda esta cantidad debió ser recuperado para el reciclaje, pero sabemos que es muy poco lo que se recupera que no llega ni a 5% de los generado, que debe de ser un reto para autoridades del ambiente. Por su valor en el reciclaje, también es atractivo los metales, al respecto en la Tabla N° 13 se obtiene un 10,04% del residuo total, en términos de peso es 9 toneladas, cifra bastante importante que debemos reciclar.

Otro de los residuos que requiere un manejo especial, son los residuos sólidos considerados como especiales, en la Tabla 14, a ellos se le caracteriza como materiales sanitarios, pilas, residuos electrodomésticos, otros residuos inertes; del total de residuos representa el 7,68%, a pesar del manejo especial que debe tener, estos residuos son importantes para el reciclaje, dándose el caso de que en algunas ciudades, existen empresas dedicadas únicamente en su tratamiento, que ya de por si entonces es rentable económicamente.

Por último tenemos la Tabla 15, donde se caracterizan los residuos sólidos no domiciliarios, significa que estos residuos, no provienen de viviendas, sino del comercio, de la vía pública es decir mercados, calles, avenidas, plazas entre otras; estos residuos representan el 20% de los residuos generados en la ciudad de Puno, del total de residuos no domiciliarios, son residuos orgánicos el 83,36% que mayormente provienen de mercados y restaurantes de la ciudad, y solo el 16,64% son no orgánicos; buena parte de estos residuos no son recuperados, especialmente los que se encuentran en las vías públicas, que son los que están contaminando directamente el ambiente, esta deficiencia es otro reto para las autoridades.

4.1.2. Recolección, barrido y transporte de residuos sólidos

Tabla 16

Servicio y equipos de recolección de residuos sólidos

| Año | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|--|--|---|
| Cantidad de trabajadores | 47 | 56 | 137 |
| Compactadoras | 8 | 8 | 8 |
| Camión baranda y volquetes | 3 | 3 | 5 |
| Cargador frontal | 1 | 1 | 1 |
| Motocar y triciclos | 6 | 5 | 33 |
| Organización de recicladores formalizados | Asociación de Recicladores de Residuos Sólidos Señor de Huanca, Asociación de Comerciantes Segundo Uso Venta Diaria y Recicladores Señor de Huanca | Asociación de Recicladores de Residuos Sólidos Señor de Huanca, Asociación y Multiservicios Flores | Asociación de Recicladores Sseñor de Hhuanca y Multiservicio Flores |
| Quien brinda el servicio | Municipalidad y Recicladores | Municipalidad y Recicladores | Municipalidad y Recicladores |

Fuente. MINAM.

A la actividad de recolección, se considera como una acción de recoger o retirar los residuos sólidos desde uno o varios puntos de generación, que realiza el

organismo de la prestadora del servicio, en este caso la municipalidad provincial de Puno, a través de la unidad administradora especializada. En la Tabla 16 se muestra el número de trabajadores que intervienen en esta actividad, donde resalta que por necesidad vemos que de año a año se aumenta el número de trabajadores, pero sin embargo pienso que aun así es insuficiente. Otro aspecto resaltante, es la participación directa de organizaciones privadas de recicladores, que son asociaciones organizadas y reconocidas.

En el futuro estas organizaciones privadas, son las que tienen que aumentar su participación, reciclando y más que todo deben entrar en el terreno de tratamiento de residuos sólidos, esto generaría mayor cantidad de puestos laborales que más nos hace falta. Si queremos hablar en términos económicos, requerimos inversiones privadas, en la industria de la transformación de residuos sólidos.

Así mismo el barrido de las vías públicas, es el conjunto de actividades tendiente a dejar las áreas referidas, libres de todo residuo sólido. Existe información que se encuentra en la plataforma de MINAM, que anualmente lo reporta la municipalidad provincial de Puno, estas se muestran en la Tabla 17, donde el servicio de barrido de vías públicas es diario, la prestación es directa de la entidad; el recorrido de este servicio pasa los 100 kilómetros, la cantidad de trabajadores está alrededor de 115 trabajadores, pero resalta la participación femenina, que va de aumento de año en año, cuentan con implementos de trabajo mínimo, que con el transcurrir del tiempo deben ir mejorando.

Tabla 17

Servicio de barrido de vías públicas

| Año | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|---------|---------|---------|
| Cuenta con el servicio | Si | Si | Si |
| Prestación del servicio | Directa | Directa | Directa |
| Frecuencia del servicio | Diario | Diario | Diario |
| Recorrido total del servicio de barrido (km-lineal) | 106 | 87 | 104 |
| Cantidad de trabajadores: total | 78 | 89 | 115 |
| Cantidad de trabajadores: hombres | 42 | 53 | 60 |
| Cantidad de trabajadores: mujeres | 36 | 36 | 55 |
| Tachos que usa el barredor | 15 | 14 | 40 |
| Implementos: recogedores | 43 | 85 | 60 |

Fuente. MINAM.

El transporte de residuos sólidos es una actividad de trasladar los residuos sólidos desde la recolección o puntos de acopio a su disposición final, que es el botadero

de Cancharani o relleno sanitario de Itapalluni que son su disposición final hasta el momento. Con estos detalles tenemos información declarada por el municipio provincial de Puno ante el MINAM, además declara que cuentan con 8 camiones compactadores, y algunos vehículos auxiliares que complementan sus labores.

Por las Tablas 16 y 17 se entiende que las actividades de recolección, barrido y transporte se vienen realizando con cierta normalidad, pero solo a simple vista observamos que el cumplimiento está por debajo de lo requerido. Al respecto en una tesis de grado denominado Recolección y transporte de residuos sólidos urbanos y su relación con el pago del servicio de la ciudad de Puno, afirma que la capacidad de transporte de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Puno, con los vehículos compactadores que cuenta el municipio, tiene una capacidad de transporte de 2 329,00 TM/mes cumpliendo con la función de recolectar y transportar hasta su disposición final, quedando como déficit los 48,92 TM/mes Cornejo (2018), considerando esta información podríamos decir, que si solo se considera los 2 329,00 TM/mes, esto dividido por 30 días sería un transporte de aproximadamente 80 TM/día en total, y de por si sola se tiene un déficit de aproximadamente de 40 TM/día, considerando la producción per cápita 0,75 kg/hab/día al mismo tiempo tomando la información de la plataforma de SIGERSOL que afirma una producción de 120 TM/día en el año 2019 como generación de residuos sólidos en la ciudad de Puno.

4.1.3. Disposición final de residuos sólidos

La disposición final, es el último proceso de gestión de residuos sólidos municipales que se realizan, esta operación consiste en depositar de forma permanente en un determinado lugar seleccionado, estas deben contar con instalaciones debidamente equipadas, ambientalmente seguras y operada por personal técnico capacitado (Tabla 18). De acuerdo con la norma vigente nunca en botaderos clandestinos o a cielo abierto. Pero como sabemos en la ciudad de Puno esto no se cumplía hasta hace poco, su destino era un botadero y ahora se dispone en un relleno sanitario que no se conoce de su diseño ni la operación de su funcionamiento.

Tabla 18

Disposición de residuos sólidos de la ciudad de Puno

| Año | 2016 | 2017 | 2018 |
|--|--------|--------|--------|
| Cantidad de residuos que dispone (TM/día) | 106 | 105 | 105 |
| Área, lugar de disposición final (m ²) | 47 550 | 47 550 | 47 550 |
| Número de trabajadores: total | 3 | 4 | 3 |
| Número de trabajadores: hombres | 3 | 3 | 3 |
| Número de trabajadores: mujeres | 0 | 1 | 0 |
| Instalaciones: caseta de ingreso | 1 | 1 | 0 |
| Instalaciones: baños | 0 | 0 | 0 |
| Instalaciones: oficinas administrativas | 0 | 0 | 0 |
| Instalaciones: otros | 1 | 1 | 0 |
| Equipos: balanza | 0 | 0 | 0 |
| Equipos: cargador frontal | 0 | 0 | 0 |
| Equipos: cargador oruga | 1 | 1 | 0 |
| Equipos: carretillas | 1 | 0 | 0 |
| Equipos: aplanadora | 0 | 0 | 0 |
| Equipos: otros | 0 | 1 | 0 |

Fuente. MINAM.

La información que se muestra en Tabla 18 es lo que se ha declarado en la plataforma SIGERSOL por parte de la municipalidad provincial de Puno, se observa que diariamente se deposita 105 TM/día hasta el año 2018 en disposición final, donde trabajan solamente 3 personas, no existen las condiciones de salubridad para los trabajadores, no existe balanza ni cargador frontal, no existe aplanadora, entonces como se compacta; en suma las condiciones son totalmente negativas; por la información observada, se puede concluir que no cumple con las normativas vigentes.

4.1.4. Comparación con modelos de otras regiones

Con la finalidad de ubicarnos en la prestación de calidad de servicio, comparamos la producción y el manejo de residuos sólidos de la ciudad de Puno, en relación con otras ciudades del Perú, con ese fin se ha considerado comparar con las ciudades de regiones distintas a la nuestra como son el distrito de Trujillo de la región Libertad, así mismo se compara también con el distrito de San Miguel de la región Lima todos del año 2019, las que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19

Comparación en la generación de residuos entre Puno, Trujillo y San Miguel

| Ciudad | Puno | Trujillo | Lima-San Miguel |
|------------------------------------|---------|----------|-----------------|
| Población (habitantes) | 142 691 | 327 381 | 146 435 |
| N° de viviendas | 34 417 | 69 035 | 35 067 |
| Generación per-cápita (kg/hab/día) | 0,68 | 0,57 | 0,71 |
| Residuos sólidos | % | % | % |
| Residuos orgánicos | 48,97 | 63,82 | 40,9 |
| Papel, cartón, otros similares | 15,28 | 7,26 | 16,29 |
| Vidrios | 6,27 | 3,67 | 6,02 |
| Plásticos | 14,18 | 9,11 | 17,2 |
| Metales | 3,76 | 2,29 | 3,78 |
| Residuos especiales | 11,54 | 13,85 | 15,81 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Fuente. Recopilación en MINAM.

Del cuadro precedente se entiende que las población en número de habitantes entre Puno y San Miguel son parecidos, pero el distrito de Trujillo es casi el doble en número; la información que nos interesa es la generación per cápita de residuos, la más alta es el de San Miguel que tiene 0,71 kg/hab/día y luego el de Puno que tiene aproximadamente 0,68 kg/hab/día según análisis nuestra del año 2019, por último Trujillo tiene 0,57 kg/hab/día; esto nos indicaría la formación cultural y el poder adquisitivo de sus habitantes; otro aspecto que resalta es la generación de residuos orgánicos, el más alto es Trujillo con 63,82%, en segundo lugar Puno 48,97% y por último San Miguel 40,90%, podemos entender que en Trujillo el desperdicio de comida es mayor y por su ubicación geográfica existe material orgánico que se desperdician. Otro aspecto interesante es que en el distrito de San Miguel tiene una generación de residuos sólido per cápita más alto que los de más, pero el más bajo en la generación de residuos orgánicos, estos indicadores muestran el hábito contradictorio de las poblaciones. Estos resultados una vez más nos transmiten la idea de que los diseños de gestión integral de residuos sólidos son propios de cada localidad (Tabla 20).

Tabla 20

Características en la gestión de residuos sólidos

| Actividad | Característica | Puno | Trujillo | Lima-San Miguel |
|---------------------------------------|-----------------------|----------|----------|--------------------------------|
| Residuos sólidos municipales (TM/día) | Recogido | 105,34 | 281 | 150,23 |
| | Generado domiciliario | 94 | 171 | 125.64 |
| Densidad kg/m ³ | Sin compactar | 184,96 | 232,48 | 206,52 |
| Barrido (%) | Administración | Directa | Directa | Concesión |
| | Cobertura | 83 | 95 | 100 |
| Recolección (%) | Cobertura | 90 | 97 | 94 |
| Disposición final | Municipal | Botadero | Botadero | Mecanismo de desarrollo limpio |

Fuente. Recopilación en MINAM.

En lo que corresponde con el manejo de residuos sólidos en el Tabla 20, la densidad más alta es la de Trujillo con 232,48 kg/m³, que debe ser por su composición orgánica y la más baja es de Puno con 184,96 kg/m³ debido a la heterogeneidad de su composición; otro aspecto importante es la cobertura de barrido en el distrito de San Miguel es al 100%; en cuanto a la administración tanto Puno y Trujillo son directamente los municipios, mientras que San Miguel lo administra un concesionario privado; haciendo un análisis de barrido, recolección y disposición final de residuos, se nota muy claramente que la gestión que realiza una empresa privada es más eficiente en el distrito de San Miguel, además de realizar el proceso de tratamiento adecuado por método térmico de los residuos, para luego derivarlo a su disposición final, esto me parece que es por el buen manejo del concesionario.

4.2. Propuesta de plan de gestión de residuos sólidos

4.2.1. Introducción

El manejo de gestión de residuos a nivel mundial sigue siendo un problema por resolver, en ese sentido para los académicos y gobernantes de la ciudad de Puno sigue siendo un reto. Después de una revisión de literatura sobre el tema y el análisis de la realidad del manejo de residuos sólidos municipales de la ciudad de

Puno, se propone un plan de gestión de residuos sólidos municipales, que contribuya para la solución del problema, en donde se incluye las actividades a realizarse que me parece el más adecuado para nuestro medio, donde el residuo sólido no sea un problema sino un recurso valioso.

El plan se encuentra dentro del marco legal nacional en que se les encomienda a las municipalidades provinciales las responsabilidades de gestión D.L. N° 1065, art. 10., donde indica que las municipalidades son responsables de la gestión de los residuos sólidos que tienen un origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos dentro de su jurisdicción.

4.2.2. Objetivo

Diseñar un plan de gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Puno, que permita ejecutar una administración controlada y operacionalizada que facilite la reducción, reciclaje, reúso recuperar mediante la transformación de los residuos sólidos generados, con lo que se contribuye a un desarrollo sostenible, protección y conservación del medio ambiente.

4.2.3. Alcance

Con la propuesta de plan de gestión de residuos sólidos, se propone una serie de programas de gestión integral de residuos sólidos municipales, que se debe implementar desde el gobierno municipal de Puno; estos programas deben ser parte de un sistema integral, en donde participan los generadores de residuos, los funcionarios y trabajadores del gobierno municipal, ministerio del ambiente, ministerio de salud, la población en su conjunto. Se presenta a continuación en la Figura 5 un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema.

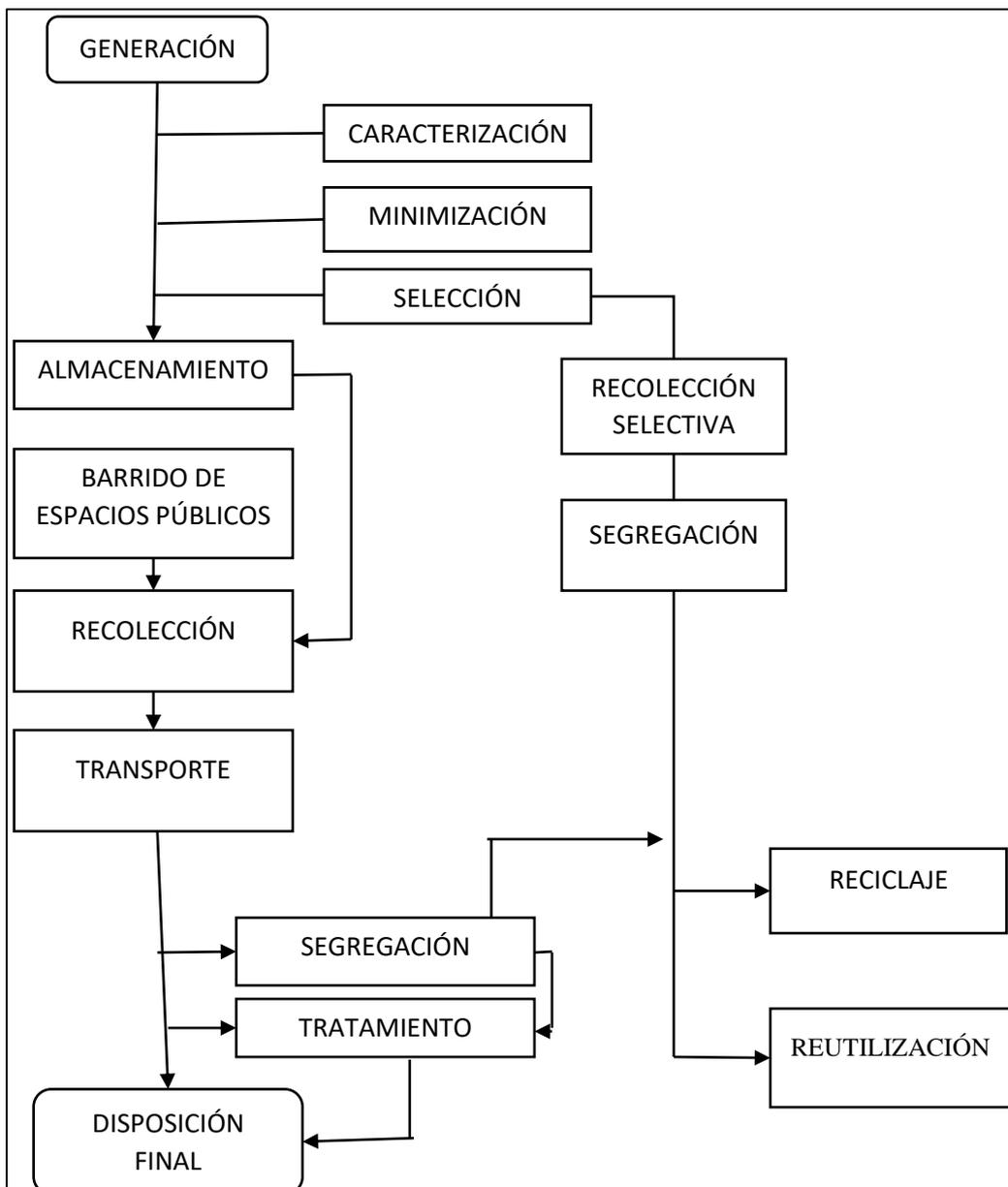


Figura 5. Diagrama de funcionamiento del sistema propuesto

4.2.4. Equipo responsable

El equipo responsable de gestión de residuos sólidos debe estar encabezado por un directorio, donde integran el representante de la municipalidad (preside del directorio), representante de los barrios, representante de los mercados, representante de empresas que participan en el proceso y representante de organizaciones sociales. Estos cinco miembros del directorio deben planificar y proponer las actividades específicas y asumir el control total del sistema.

4.2.5. Programa de recolección

Con el crecimiento demográfico de la ciudad de Puno aumenta la cantidad de residuos sólidos, con el incremento de capacidad de consumo aumenta la producción per cápita de residuos sólidos municipales, pero la cultura de almacenamiento de estos residuos por parte de la población no responde a nuevos paradigmas de control de manejo ambiental, para tener un planeta habitable en el futuro se debe cumplir con los acuerdos internacionales, como es la Agenda 21, que en su capítulo 21.7 indica UNO (1992) la producción y consumo de bienes no sostenibles, incrementa la cantidad de residuos sólidos muy aceleradamente. Esta tendencia puede aumentar de manera sorprendente para los próximos años, y cuadruplicarlas o quintuplicarlas para el año 2025. Si visionamos preventivamente una gestión de residuos sólidos, considerando el cambio de nuestro estilo de vida, esto podría revertir las tendencias actuales de contaminación ambiental, en ese sentido debemos actuar. (a) Estabilizar o reducir, en un plazo razonablemente corto la producción de residuos, proponiéndonos objetivos para reducir el peso, el volumen y la composición de los desechos y efectivizar la selección de residuos para facilitar el reciclado y la reutilización de estos. (b) Obligar la ejecución de los protocolos para determinar la cantidad de residuos y la variedad en su composición con el objeto de formular políticas de reducción al mínimo de los residuos, aplicando inversión económica y otras para reducir la producción de residuos sólidos. Este acuerdo a firmado el estado peruano, debemos procurar cumplir el inciso (a) en que se acuerda reducir la generación de residuos sólidos, todo ese acuerdo hasta el momento es un fracaso a nivel universal. La generación de residuos per cápita hoy tiene la tendencia de aumentar en la ciudad de Puno tal como se muestra en la Tabla 4 del presente trabajo, eso debe revertirse en sentido negativo, para ello se plantea que dentro del presente programa se incluya un programa de educación masiva a la población, que contenga los cambios de hábito de consumo de la población, además se forme en cada ciudadano la cultura de reducir y reutilizar los residuos sólidos generados. Por otra parte, el generador de residuos sólidos en domicilio debe adquirir el hábito de seleccionar en recipientes los diferentes residuos, y como incentivo para formar esta cultura el municipio de la ciudad de Puno y el directorio propuesto debe autorizar la recolección en domicilio de residuos reciclables a entes privados, inscritos legalmente con este

fin. Sobre este tema han realizado un estudio que concluye en, Velásquez (2017) los ciudadanos de la ciudad de Puno comúnmente guardan los residuos sólidos en un lugar de la casa, dentro de una bolsa de plástico, sin clasificar, luego lo vota en la calle o lo quema con fuego al aire libre, estas actitudes no facilitan una buena aplicación de un Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Municipal, estos hábitos son las que se debe cambiar y/o considerar para la propuesta más viable.

La recolección selectiva de los residuos sólidos que se plantea consiste en recoger los residuos sólidos posterior a una segregación apropiada en la fuente, la finalidad es conservar la calidad del material con fines de una valorización efectiva y/o disposición final a la que se le puede disponer. La recolección selectiva de los residuos sólidos aprovechables es posible realizar en el marco de un plan y reglamento que regule el organismo responsable y el municipio de la provincia de Puno (Figura 6).

La segregación en la fuente consiste en separar y agrupar los residuos sólidos que tengan las mismas características físicas, químicas o biológicas en el lugar de origen. Se debe aclarar que, los generadores de residuos sólidos municipales deben realizar la segregación adecuada de los residuos sólidos, esta actividad se cumplirá en domicilios, mercados, puntos de almacenamiento temporal, para los barridos de los lugares públicos la entidad responsable debe implementar con vehículos modernos y mecanizados, pero los trabajadores al concluir su jornada deben clasificar los residuos en el almacenamiento temporal, conforme a los criterios que establezca la autoridad. Con las características descritas el proceso de recolección se realizará con vehículos apropiados con este fin.

Una tarea muy importante dentro de este programa es la implementación de por lo menos veinte estaciones de reciclaje, donde el ciudadano depositará de forma voluntaria residuos de plástico en una parte, en los otros residuos de metal, otros residuos como papel y cartón, otra de vidrio, todos ellos son reciclables, junto con ello debe existir un depósito de residuos especiales, en donde depositaran pilas, baterías, celulares inservibles, otros residuos de aparatos eléctricos.



Figura 6. Estación de reciclaje con cinco depósitos

Fuente: <https://redaccion.lamula.pe/2018/12/27/peru-reciclaje-municipalidades-lima-medio-ambiente-que-deben-hacer/jorgepaucar/>

La Figura 6 se muestra una estación con cinco depósitos, cuatro de ellos para productos reciclables y uno que es para residuos especiales, pero hay que modificar la norma peruana, que no considera esta propuesta.

4.2.6. Programa de transporte

En la actualidad el servicio de transporte de residuos sólidos se realiza con ocho camiones compactadoras con capacidades de 15 a 20 m³, año de fabricación de 2003 y 2012, de los cuales tres tienen la capacidad de transportar 8,5 TM/viaje y cuatro 6,37 TM/viaje, un informe de un trabajo junto con la municipalidad provincial de Puno Cornejo (2018) nos indica que estos camiones transportan aproximadamente 2 329 TM/mes, de la cual se aproxima que estarían transportando solo 80 TM/día y al parecer clandestinamente algún camión abierto que no se consideran en su estadística, pero la generación de residuos sólidos en la ciudad de Puno es de aproximadamente 120 TM/día, existiendo teóricamente un déficit de 40 TM/día aproximadamente. Por las razones expuestas en el programa se debe incluir la adquisición de 10 camiones compactadores

implementado con seguimiento satelital GPS cuya capacidad será de 8,5 toneladas, además se debe adquirir 4 camiones ligeros con capacidad de 6 toneladas para coleccionar residuos en lugares inaccesible para camiones pesados, como son las partes altas de la ciudad.

Otras unidades vehiculares ligeras que se deben adquirir en un número de 10 unidades para la recolección de residuos en lugares inaccesibles para vehículos pesados deben ser las motonetas de carga adaptadas con este fin.

Se debe incluir la capacitación del personal que labora en las diferentes responsabilidades que se les confiere, implementando a cada uno con su equipo de protección personal de acuerdo con la norma establecida, entregándose además los instrumentos de trabajo según sea el caso.

La frecuencia de recolección a considerar debe ser de no menos de dos recolecciones por semana en cada calle o avenida, según densidad de población, recomendable todos los días.

Las empresas privadas autorizadas que recolectan residuos reciclables deben tener una identificación especial, a quienes deben programarles por zonas y con un cronograma que sea de conocimiento de los usuarios.

4.2.7. Programa de segregación

En el presente trabajo se está planteando la segregación en fuente, pero esto en la práctica sabemos que la mayor parte no se cumplirá por falta de hábito formados en la población. Hasta mientras la población tenga el hábito de segregar en fuente sus residuos, como autoridades de medio ambiente tiene la obligación de recuperar y segregar las 120 toneladas de residuos sólidos diarios que se genera para su tratamiento posterior, por esta razón para solucionar este problema, se plantea instalar una planta de segregación de residuos sólidos con capacidad de 150 toneladas diarias proyectándonos a unos 20 años en adelante, los mecanismos de procesamiento se especificarán en la elaboración del programa (Tabla 21). Esta planta que debe instalarse clasificará los residuos de acuerdo con sus características física y químicas, conduciendo a reciclar o aplicar un tratamiento posteriormente.

Tabla 21

Segregación de residuos sólidos municipales

| Clasificación | Detalles |
|----------------|--|
| Orgánicos | Restos de comidas, cáscaras de frutas, restos de frutos, restos de malezas, madera no tratada y otros orgánicos |
| Plásticos | Bolsas de plásticos, botellas de plástico, plásticos duros restos de tuberías de plástico y otros |
| Papel y cartón | Papeles de oficina, revistas, periódicos, cuadernos, libros, cartonetas, cartonés y otros similares |
| Vidrios | Botellas de todo color, envases de vidrios no contaminados, y otros vidrios como por ejemplo de ventanas |
| Metales | Chatarras, envases metálicos, envases de aluminio, tapas de metal, y otros fragmentos de metal |
| Otros | Papel plastificado, envolturas de galletas, telas, tecnopor, porcelana, cerámica, restos de limpieza, desechos de servicios higiénicos y otros similares |
| Especiales | Restos de medicamentos, residuos contaminados, productos químicos, aceites, insumos de limpieza, baterías, restos de electrodomésticos, fluorescentes, cables, residuos de líquidos peligrosos y otros similares |

En la Tabla 21 muestra los diferentes residuos sólidos que deben ser clasificados en una plata de segregación, cada uno de ellos será destinado para un fin ya preestablecido dentro del programa.

4.2.8. Programa de tratamiento y disposición final

Una vez segregado los residuos sólidos y antes de ser depositados en su disposición final, los residuos sólidos pueden ser sometidos apropiadamente a

procesos que ocasione beneficios técnicos y operativos económicos y ambientales, de esta forma el objetivo es el tratamiento y valoración de los residuos, con lo que lo convertimos en un recurso aprovechable en beneficio de la humanidad, cuando se elabore el programa de debe elegir cual es el método más adecuado para nosotros, pero si podemos explicar cada uno de ellos, esta idea se muestra en la Figura 7.

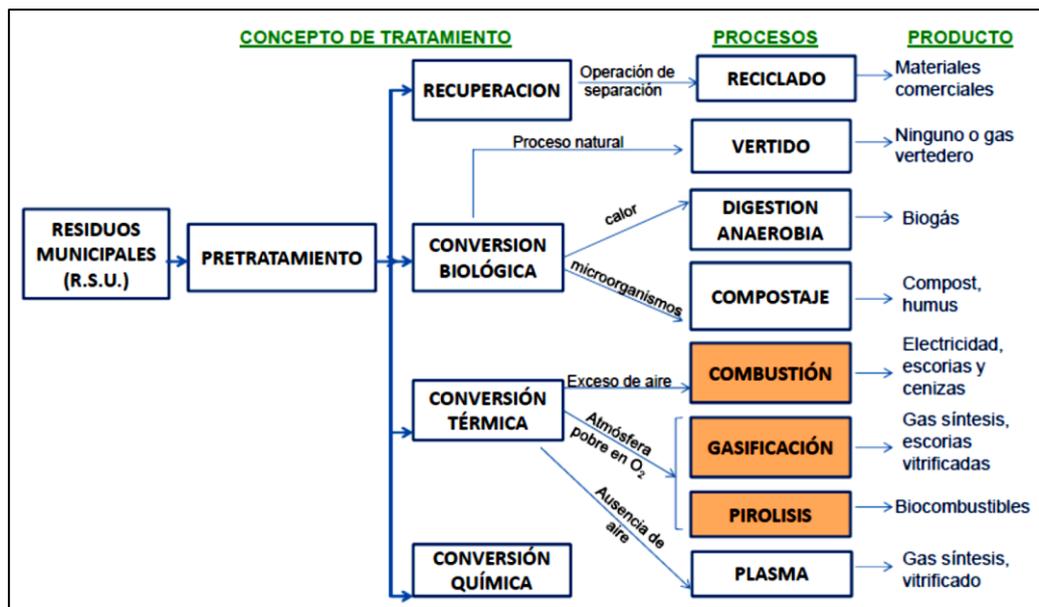


Figura 7. Opciones de valorización de residuos sólidos municipales

Fuente: Empresa Traco Iberia SL.

Esquer y Rosario (2009) dice que los métodos de tratamiento de los residuos sólidos se pueden clasificar de diversas formas, considerando sus características físicas, químicos, biológicos, para cada uno de ellos existe un método adecuado, pero si se quiere simplificar el tratamiento, uno o dos métodos pueden tratar a todos en conjunto, los resultados pueden ser muy buenas para algunos casos, pero para otras quizá no lo sea, por eso todo depende de las circunstancias y políticas ambientales que se pueda tomar en el momento.

- Procesos físicos

Este proceso consiste en la recuperación de residuos como el papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son muy fáciles de poder comercializar como materia prima para diversos industrias, esta separación se debe practicar en las fuentes generadoras, camiones recolectores de residuos sólidos, en los

almacenamientos temporales y en los lugares no controlados en el manejo de residuos sólidos que opera a cielo abierto, la separación magnética se utiliza a nivel industrial para separar materiales ferrosos.

La trituración es un proceso por medio del cual se pretende reducir el volumen de los residuos para disminuir el costo de transporte que forma parte del método de tratamiento. La compactación inicialmente se utiliza en los sistemas de recolección y transporte de residuos sólidos con el objeto de bajar los costos en el transporte, este procedimiento es un método que generalmente se debe utilizar en la disposición final de los residuos, principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos en rellenos sanitarios de más de 40 toneladas por día, que es el caso de nosotros, lo recomendado es el grado de compactación óptima en un relleno sanitario es de 700 a 800 kg por metro cúbico.

- **Procesos químicos**

Dentro de este programa, una vez evaluado varios procesos químicos, considero solamente que el proceso de vitrificación, que consiste en el tratamiento térmico para inmovilizar o destruir los componentes peligrosos de residuos y transformar su comportamiento químico y físico, dentro de una cámara de reacción a alta temperatura y sin oxígeno (termólisis), este proceso se podría incluir o no en el programa con la finalidad de tratar residuos peligrosos.

- **Procesos biológicos**

El proceso de tratamiento de materiales orgánicos llamado, compostaje o composteo de los residuos sólidos consiste en la descomposición o fermentación natural de cierta cantidad de material orgánico, es decir por la acción biológica de los microorganismos intervinientes, dando como resultado un producto denominado composta, útil como mejorador de la estructura y textura de los suelos agrícolas y en menor grado como fertilizante vegetal, por otra lado también se está generando otro recurso valioso que son los gases para generar posteriormente energía eléctrica.

Existen diversos métodos de composteo utilizados actualmente en diferentes partes del mundo, todos ellos generan un porcentaje en peso de composta orgánica que varía entre 40 a 50% que el residuo bruto inicial. Existen varios métodos para

elaborar una composta, pero sin embargo dentro de ellas en los últimos tiempos ha sido más efectivo el método de composta en contenedores, que procesa grandes cantidades de material y en poco tiempo con respecto a otros, en donde los residuos orgánicos se colocan en ambientes cerrados con temperaturas, humedad y aireación controladas, otro aspecto a considerar de este método es que no contamina el medio ambiente y se recupera los gases generados.

De acuerdo con los análisis efectuados en el presente trabajo, en la ciudad de Puno generamos aproximadamente 52 toneladas diarias de materia orgánica, esta cantidad nos proporcionaría aproximadamente 1 560 metros cúbicos de gas metano, para generar electricidad en beneficio de la ciudad de Puno. Como compostaje para uso en la agricultura unas 20 toneladas diarias, en caso de que este compostaje no se pueda ingresar en el mercado como abono agrícola, este producto se utilizaría como materia prima en un proceso térmico.

- **Procesos térmicos**

La valorización de los residuos y su transformación en energía útil consideramos como una opción de aprovechamiento como fuente de energía renovable, como resultado de un proceso fisicoquímico, por lo que cuenta con detractores y defensores. La combustión de residuos orgánicos genera componentes químicos que pueden ser perjudiciales para la atmósfera, sin embargo, muchos coinciden en que es un método más limpio y renovable en su totalidad.

Si comparamos la generación de energía eléctrica de Perú y España, en las dos siguientes Tablas 22 y 23 observaremos las diferencias.

Tabla 22

Fuentes de generación de energía eléctrica en Perú

| Mercado fuente | Mercado eléctrico MW | Uso propio MW | Total MW | Part. |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|--------------|
| Hidráulico | 3 287 | 70 | 3 357 | 68% |
| Térmico | 1 274 | 155 | 1 429 | 29% |
| Eólico | 113 | | 113 | 2% |
| Solar | 58 | | 58 | 1% |
| Total Nacional | 4 732 | 225 | 4 956 | |
| | 95% | 5% | | |

Fuente. Ministerio de Energía y Minas (2020).

En la Tabla 22 se muestra en un documento oficial del ministerio de energía y minas, las diferentes fuentes de energía eléctrica en el Perú, para el año 2020, en ella no encontramos una fuente que provenga del tratamiento térmico de residuos sólidos (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Tabla 23

Fuentes de generación de energía eléctrica en España

| | Sistema peninsular | | Sistema no peninsular | | Total Nacional | |
|------------------------|--------------------|------------|-----------------------|-------------|----------------|------------|
| | MW | %20/19 | MW | %20/19 | MW | %20/19 |
| Hidráulica | 17 096 | 0,0 | 2 | 0,0 | 17 096 | 0,0 |
| Hidroeléctrica | - | - | 11 | 0,0 | 11 | 0,0 |
| Eólica | 27 031 | 7,1 | 455 | 4,8 | 27 485 | 7,0 |
| Solar fotovoltaica | 11 443 | 34,1 | 271 | 8,9 | 11 714 | 33,4 |
| Solar térmica | 2 304 | 0,0 | - | - | 2 304 | 0,0 |
| Otras renovables | 1 084 | 4,7 | 6 | 0,0 | 1 090 | 4,6 |
| Residuos renovables | 119 | 0,0 | 38 | 0,0 | 157 | 0,0 |
| Renovables | 59 077 | 8,7 | 782 | 5,8 | 59 860 | 8,7 |
| Bombeo puro | 3 331 | 0,0 | - | - | 3 331 | 0,0 |
| Nuclear | 7 117 | 0,0 | - | - | 7 117 | 0,0 |
| Carbón | 5 492 | -40,4 | 241 | -48,5 | 5 733 | -40,8 |
| Fuel/gas | 8 | - | 2 401 | 0,0 | 2 409 | 0,0 |
| Ciclo combinado | 24 562 | 0,0 | 1 688 | 0,0 | 26 250 | 0,0 |
| Cogeneración | 5 661 | -0,3 | 50 | 0,0 | 5 711 | -0,3 |
| Residuos no renovables | 390 | -2,4 | 38 | 0,0 | 428 | -2,2 |
| No renovables | 46 561 | -7,5 | 4 419 | -4,9 | 50 980 | -7,2 |
| Total | 105638 | 0,9 | 5 201 | -3,4 | 110839 | 0,8 |

Fuente. Red eléctrica de España (2020).

En la Tabla 23 se muestra las diferentes fuentes de generación de energía eléctrica para España, en un documento oficial que publica Red Eléctrica, en ella encontramos dos fuentes, que son residuos renovables y residuos no renovables, con una producción de energía eléctrica considerable, esta energía proviene de residuos sólidos (Red Eléctrica de España, 2020), por ese ejemplo, debe ser para nosotros un reto que se pueda explorar fuentes energía que desperdiciamos.

Los principales tratamientos de residuos sólidos por procesos térmicos son:

- Incineración

- Pirólisis
- Gasificación
- Gasificación por plasma

Para seleccionar un tratamiento térmico de residuos sólidos urbanos generados en la ciudad de Puno, se debe considerar los siguientes criterios y subcriterios, para elegir el método térmico más adecuado a ser aplicado (Figura 8).



Figura 8. Diagrama para seleccionar tratamiento térmico

En el programa tratamiento de residuos sólidos a elaborarse, se determinarán a través de matrices, para determinar el nivel de criterio ambiental, las relaciones: emisiones versus ubicación geográfica, emisiones versus generación de cenizas, emisiones versus aprovechamiento energético, ubicación geográfica versus generación de cenizas, ubicación geográfica versus aprovechamiento energético, generación de cenizas versus aprovechamiento energético para la ciudad de Puno, con ello se debe seleccionar el método adecuado.

Evaluando el criterio económico de la misma forma anterior, se relacionará los subcriterios siguientes: inversión versus costos operativos, inversión versus ingresos y costos operativos ver sus ingresos.

Pero las experiencias obtenidas en Europa, Japón, China y otros países, nos indica que los mejores resultados nos dan los tratamientos térmicos, que a continuación, observaremos en diagrama de la Figura 9.

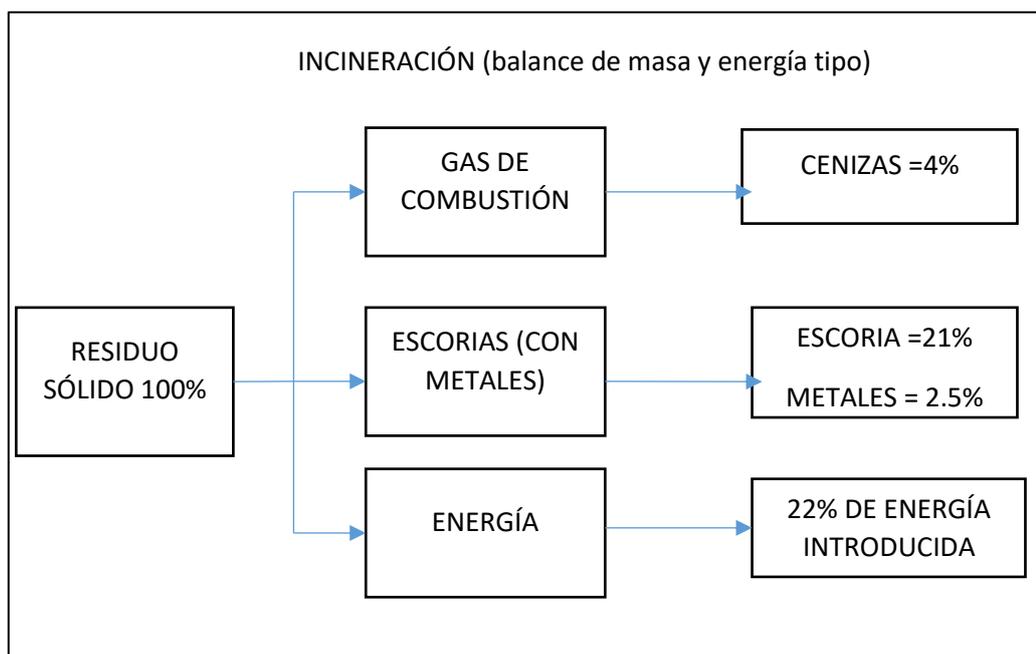


Figura 9. Resultados de tratamiento por incineración

En estos procesos el gas, denominado gas de síntesis, está compuesto principalmente por monóxido de carbono, hidrógeno, dióxido de carbono, nitrógeno (si se emplea aire como gasificante) y metano en menor proporción. Como productos secundarios se encuentran alquitranes, compuestos halogenados y partículas. Residuo sólido, compuesto por materiales no combustibles e inertes presentes en el residuo alimentado; generalmente contiene parte del carbono sin gasificar. Las características de este residuo son similares a las escorias de los hornos en las instalaciones de incineración (Figura 10).

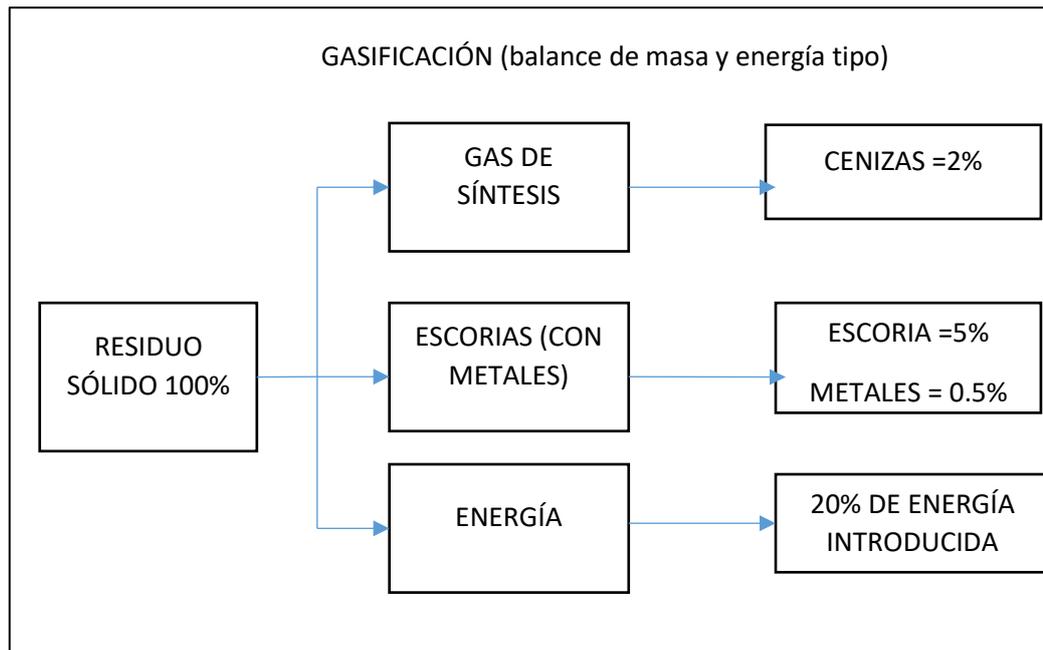


Figura 10. Resultados de tratamiento por gasificación

Los diagramas anteriores nos indican los resultados del proceso de incineración y gasificación, de la cual podemos entender que los mejores resultados obtenemos, haciendo uso de la tecnología de gasificación. Con estos resultados se descartaría el uso de la tecnología de incineración, además el uso de la tecnología de gasificación de plasma, el costo de consumo de energía eléctrica es muy alta, por las temperaturas que se debe alcanzar de 1000°C a 5000°C , sobre esta desventaja se agrega que la contaminación ambiental en la emisión de gases es mayor que las anteriores.

Las investigaciones de tratamiento de residuos sólidos, avanzan cada vez más, de ellos tenemos la afirmación de un investigador que nos dice Montiel (2019) las estrategias termodinámicas para obtener energía eléctrica de los RSU, en plantas de incineración en condiciones sub-estequiométricas, de tal manera que el proceso sea auto-térmico y con ello obligatoriamente evitar la fusión de cenizas, establecen que el proceso se debe llevar a cabo con la relación aire combustible es relativo en la gasificación, con la que podemos entender que el uso de la tecnología de gasificación es más factible para nuestro medio en que vivimos.

La gasificación es un proceso de oxidación parcial de la materia, en presencia de cantidades de oxígeno inferiores a las requeridas estequiométricamente. La

temperatura de trabajo se encuentra entre los 750° a 1000°C. Como resultado del proceso de gasificación se obtiene (Tabla 24):

Tabla 24

Resultados de gasificación de residuos sólidos

| Fracción | Componentes | Fracción | Componentes |
|-----------------|--------------------|-----------------|--|
| Líquida | Metanol | Gaseosa | Hidrógeno |
| | Fenol | | Nitrógeno |
| | Acetona | | Metano |
| | Acetaldehido | | Etano |
| | Ácido fórmico | | Hidrocarburos C ₄ -C ₇ |
| | Metilfurfural | | Amoniac |
| | Etanol | | Oxígeno |
| | Aceites ligeros | | Monóxido y dióxido de carbono |
| Otros | Otros | | |
| Sólida | Carbón | | |
| | Sales | | |
| | Metales | | |
| | Cenizas | | |

La Tabla 24 nos muestra los componentes después de someter los residuos sólidos a un proceso térmico por gasificación, donde cada uno de ellos son estabilizados, recuperados y destinados para un fin de acuerdo con requerimiento.

En un documento de la organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, se ha podido encontrar dentro de sus objetivos lo siguiente: FAO (2014) que el aprovechamiento eficiente de los residuos sólidos utilizando tecnologías de tratamiento térmico para generar biogás (gasificación), carbón vegetal (pirólisis), con la finalidad de generar energía eléctrica; con el propósito de reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera.

En un estudio realizado para la ciudad de Quito Ecuador, Villamarin (2015) en base a la producción generado por el método de gasificación y pirólisis, el proceso estima para la ciudad de Quito, donde la composición de los residuos sólidos es

casi similar a la ciudad de Puno, se ha tenido los siguientes resultados, que se encuentra en la Tabla 25.

Tabla 25

Comparación de Producción de Energía entre Gasificación y Pirólisis

| Año | Peso RSU TM/día | Producción de energía eléctrica MW/día | |
|------|--------------------|--|-----------|
| | | Gasificación | Pirólisis |
| 2015 | 1 838,5 | 1 117,808 | 1 470,8 |
| 2016 | 1 871,8 | 1 138,054 | 1 497,44 |
| 2017 | 1 905,1 | 1 158,3 | 1 524,08 |
| 2018 | 1 938,1 | 1 178,36 | 1 550,47 |
| 2019 | 1 971,3 | 1 198,55 | 1 577,04 |

Fuente: Villamarin (2015)

4.2.9. Propuesta más viable

Considerando los diversos análisis realizados en líneas arriba y las experiencias obtenidas en otra parte del mundo, especialmente de Quito – Ecuador que tiene una composición de residuos sólidos muy similar a la nuestra, propongo como alternativas lo siguiente:

- a. Como primera prioridad para el tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Puno, esa utilizando el método de gasificación por pirólisis, que nos entregaría energía eléctrica de 80 MW/día, la contaminación por gases estaría por debajo de los límites permitidos, lo más importante es que se autosostendría el proyecto, dejando pequeñas utilidades.
- b. Como segunda alternativa es el tratamiento utilizando propiamente el método de gasificación, que nos devolverá en energía eléctrica de 60 MW/día, al igual que el anterior este es una propuesta más limpia, también se autosostiene y dejando utilidades para el proyecto. De las experiencias en Europa estas plantas tienen una vida útil de 25 años.

4.2.10. Evaluación financiera

Para realizar una evaluación financiera, lo primero que debemos considerar es la cantidad de residuos sólidos generados en la ciudad de Puno, como es ya de nuestro conocimiento esta cantidad es de 120 toneladas por día, con este valor debemos buscar un equipo de tratamiento de RSU que atienda nuestro requerimiento, y que sea adaptable a nuestra geografía.

Se debe realizar una estimación considerando que estamos en la fase inicial del proyecto, por lo que se utiliza la técnica de estimación de costo analógico del plan de gestión del proyecto. La estimación de costos por analogía utiliza de referencia un proyecto como patrón realizado en algún lugar, se selecciona indicadores que se debe de comparar y otros valores de parámetros que sean necesarias, la estimación análoga es más confiable cuando el proyecto anterior es similar. Para estimar se ha tomado en cuenta hasta tres opiniones, com de Tello P. y Campani D. (2018) donde dice que los valores de los costos de inversión para una planta térmica varían según la fuente consultada, como BID/UC considera que US\$ 80 millones de dólares es el costo para instalar una planta con capacidad de 160 000 TM/año, y un costo en la inversión por tonelada de capacidad instalada en el rango de US\$ 500 a 1 000, ó hasta US\$ 2 000 de acuerdo con el Banco Mundial; además considera que los costos de operación se encuentran en el rango de US\$ 55 a 230 por tonelada.

Otra opinión es la de una empresa del gobierno Alemán GIZ (2017), donde opina que para una planta térmica de tratamiento de residuos sólidos con capacidad de 150 000 a 250 000 TM/año, la inversión inicial es de US\$ 90 a 130 millones para países en vías de desarrollo. Estos indicadores son tomados en cuenta como valores de referencia para estimar parte de nuestros costos.

Tratando de buscar de que nuestro proyecto sea rentable y que se pueda recuperar la inversión inicial, se ha utilizado también como referencia un proyecto elaborado para la ciudad de Lima Perú por Zuzunaga B. (2008), en dicho proyecto el costo lo estima utilizando una información del institución internacional denominada The ABC of Integrated Waste Management – IWM (organismo internacional de gestión integrada de residuos sólidos), donde se afirma que los costos se estiman considerando la ubicación, tamaño de la planta entre otros, el costo total debe estar

en el rango de US\$ 110 000 a 140 000 dólares americanos por tonelada diaria, en el tratamiento de RSU, estos valores también son muy cercanos a lo propuesto por otras instituciones descritas en líneas arriba del presente trabajo. Por los antecedentes dichos, se considera para nuestro proyecto US\$ 110 000 dólares por tonelada diaria, por ser costos límites de las empresas fabricantes del equipo.

Capacidad de planta requerida es de 150 TM/día.

El costo aproximado de la planta sería:

$$\text{Total} = 110\,000 \text{ US\$/TM} \times 150 \text{ TM} = \text{US\$ } 16\,500\,000.$$

El costo de las instalaciones se estima, considerando la propuesta de Tello P. y Campani D. (2018), descritos en líneas arriba, un valor de 1 5000 dólares por tonelada instalada:

$$\text{Total} = 1\,500 \text{ US\$/TM} \times 150 \text{ TM} = \text{US\$ } 225\,000$$

El costo del camión compactador en el mercado es de US\$ 53 000 considerando 10 camiones el costo es de US\$ 530 000, el camión compactador de menor capacidad cuesta US\$ 34 000 por 4 camiones, suman US\$ 136 000, luego 10 vehículos menores cada uno cuesta US\$ 4 000 se obtiene un total US\$ 40 000. Entonces su costo se estima en:

$$\text{Total} = \text{US\$ } 530\,000 + \text{US\$ } 136\,000 + \text{US\$ } 40\,000 = \text{US\$ } 706\,000$$

Resumen:

| | |
|------------------------------|------------------------|
| Costo de planta | US\$ 16 500 000 |
| Costo planta física | US\$ 225 000 |
| Costo equipamiento logístico | US\$ 706 000 |
| Imprevistos | US\$ 500 000 |
| Total | US\$ 17 931 000 |

En moneda nacional (cambio actual 4,10)

$$\text{Total en soles} \quad 17\,931\,000 \times 4,10 = \text{S/} 73\,517\,100$$

4.3. Comparación método utilizado en la actualidad con la propuesta nueva

Para comprender la diferencia entre el plan de gestión de residuos (PIGARS) que se en vigencia en la actualidad, con la propuesta nuestra, compararemos los planes de ejecuciones principales que determinan una gestión, considerando los avances obtenidos y las ventajas de la nueva propuesta, que se expone en la Tabla 26.

Tabla 26

Comparación de plan de gestión de residuos sólidos con el plan propuesto

| PIGARS Vigente | | Plan Propuesto | |
|---|------------------------------|---|--|
| Principales planes de ejecución estratégico | Avance | Principales planes de ejecución estratégico | Ventajas |
| Conformar comité de gestión de residuos sólidos | Parcial | Conformar directorio de gestión de residuos sólidos | Mas ejecutivo |
| Brindar el servicio de recolección selectiva en el 30% de viviendas de la ciudad de Puno, con participación de asociación de segregadores formalizados. | No se ha cumplido | Programa de recolección selectiva en 5 contenedores, los residuos domiciliarios en lo posible deben aplicarse la segregación en la fuente. | Mas realista para nuestro medio |
| Cierre, clausura y remediación ambiental del botadero de residuos sólidos de Cancharani. | Se ha cumplido parcialmente. | Cierre y remediación ambiental del botadero de residuos sólidos de Cancharani de acuerdo con la norma. | Cumple con las norma nacional e internacional |
| Adquisición de vehículos compactadores para optimizar el servicio de limpieza pública a fin de lograr el 100% del servicio de recolección de residuos sólidos a domicilio | No cumple | Reestructuración del programa de recolección y transporte de residuos sólidos, adquiriendo 10 camiones compactadores con seguimiento satelital de 8,5 toneladas, 4 camiones compactadores con capacidad de 6 toneladas y 10 unidades no convencionales de menor capacidad para acceder a lugares inaccesibles de vehículos pesados. | Se alcanza al 100% de lo requerido |
| No existe | | Instalación de una planta de segregación, con capacidad de 150 t/día. | Separa los residuos de acuerdo con sus características físicas |
| Construcción de una planta de compostaje | Si se ha cumplido | Primera prioridad: tratamiento de RSU por método de gasificación por pirólisis, que nos entregaría energía eléctrica de 80 MW/día, la contaminación por gases estaría por debajo de los límites permitidos. | Todos los residuos sólidos son gasificados y recuperados en forma de energía, el pequeño residuo vitrificado puede ser utilizado en construcción o derivado a disposición final. |
| Construcción de relleno sanitario de Itapalluni para la disposición segura de residuos sólidos | Si se ha cumplido | | |
| Construcción de infraestructura de reaprovechamiento de residuo de reciclaje | No se ha cumplido | Segunda prioridad: tratamiento utilizando propiamente el método de gasificación, que nos devolverá en energía eléctrica de 60 MW/día. | |



De la evaluación del estado en que se encuentra la gestión de residuos sólidos actualmente en la ciudad de Puno, analizando los métodos de tratamiento de residuos sólidos y la actitud de los pobladores, se afirma que el método térmico a utilizar es el más adaptable para nuestro medio en la actualidad. Los resultados de este trabajo de investigación son similares a los obtenidos de otros trabajos como Montiel *et al.* (2019) donde afirma que como resultado de su investigación sostiene que la valoración energética de los RSU es una alternativa muy importante para mitigar los impactos ambientales que provoca las disposiciones finales de residuos sólidos, obteniendo como beneficio a la comunidad una energía renovable en plantas térmicas bajo ciertas condiciones, obteniendo un potencial energético. También podríamos decir que la composición de los residuos sólidos de Puno es favorable para un tratamiento térmico, al respecto en otra investigación Quillos *et al.* (2018) nos dice que para una composición muy cercana al de Puno afirma que aumenta en un 8% en energía eléctrica de la demanda de un lugar, ayudando así a disminuir el consumo de combustible fósil, con esta alternativa estamos ayudando a disminuir la emisión de metano al aire desde la disposición final si se aplicara un relleno sanitario.

CONCLUSIONES

- Se ha diseñado un plan de gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Puno, que es más eficiente, estableciendo la reestructuración de la administración, manejo del sistema, nuevo equipamiento y aplicación con un método de tratamiento de RSU, con lo que permita reducir al mínimo la contaminación ambiente.
- La situación actual del manejo de residuos sólidos en la ciudad de Puno es deficiente debido a falencias en su administración, programas de recolección, transporte y disposición final no acorde a la demanda actual. Si comparamos con otras ciudades como Lima distrito de San Miguel, encontramos una diferencia muy notable por su aplicación de mecanismo de desarrollo limpio.
- El tratamiento de residuos sólidos por los métodos térmicos (incineración, pirolisis, gasificación y plasma) son una alternativa más viable en el mundo a medida que estos sean cada vez más sofisticados.



RECOMENDACIONES

- Contando con un plan adecuado de gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Puno, se recomienda: tomar decisiones políticas de cambio desde la municipalidad provincial de Puno para conformar un directorio, luego convocar a técnicos especialista para redactar los programas planteados que resuelvan dichos problemas.
- Iniciar un proceso de planificación, organización, dirección y control, para una buena administración de gestión de residuos sólidos, que nos den resultados positivos de cambio.
- Elaborar proyectos para la adquisición de maquinarias, vehículos, equipos de trabajo e instrumentos de uso para los trabajadores, como también para la adquisición de una planta de segregación y planta de tratamiento térmico de residuos sólidos para Puno.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramovay, R., Simões, J. y Petitgand, C. (2013). *Basura cero, gestios de residuos sólidos para una sociedad más próspera*. Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. https://www.ethos.org.br/wp-content/uploads/2014/02/Basura-Cero_Trad-de-Lixo-Zero1.pdf
- Agricultura, M. D. (2012). Decreto Supremo N° 016-2012-AG. *Diario oficial El Peruano*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-de-manejo-de-los-residuos-solidos-del-se-decreto-supremo-n-016-2012-ag-866098-1/>
- Arce, S. (2014). Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Investigación Universitaria*, 3(2), 74 -84. <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/680>
- Ascanio, F. H. (2017). *Plan de manejo de residuos sólidos urbanos para el distrito de El Tambo según las recomendaciones de la agenda 21* (tesis doctoral). Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4130>
- Asociación Chilena de Seguridad (2002). *Producción limpia: Principios y herramientas*. Consejo Nacional de Producción Limpia. <https://isbn.cloud/9789562914185/produccion-limpia-principios-y-herramientas/>
- Boggiano, M. (2020). *Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020*. Ciencia y tecnología. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/3834>
- Brown, D. (2003). *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales*. Proarca. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0B75C6D498BD00DA05257D6C00530D21/\\$FILE/Gu%C3%ADaGesti%C3%B3nManejoResiduosS%C3%B3lidos.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0B75C6D498BD00DA05257D6C00530D21/$FILE/Gu%C3%ADaGesti%C3%B3nManejoResiduosS%C3%B3lidos.pdf)
- Carbajal, M. (2018). *Situación de la gestión y manejo de los residuos sólidos de las actividades de construcción civil del sector vivienda en la ciudad de Lima y Callao*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3215/carbajal-silva-marcia-andrea.pdf?sequence=1>

CEMPRE. (1998). *Residuos sólidos urbanos manual de gestion integral*. Adan. http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu/capitulo_1_y_capitulo_2.pdf

CEPAL. (2016). *Guía general para la gestion de residuos sólidos domiciliarios*. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>

Congreso de la Republica (2000). Ley N° 27314 .- Ley General de Residuos Sólidos. *Diario oficial El Peruano*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>

Congreso Constituyente (1993). Constitución Política del Perú. *Diario oficial El Peruano*. <https://diariooficial.elperuano.pe/pdf/0001/1-constitucion-politica-del-peru-1.pdf>

Congreso de la República (08 de junio de 2004). Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental Ley N° 28245. *Diario oficial El Peruano*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/ley-SNGA-28245.pdf>

Congreso de la República (19 de junio de 2004). Ley 28256 que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. *Diario oficial El Peruano*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28256.pdf>

Congreso de la República (15 de octubre de 2005). Ley General del ambiente Ley N° 28611. *Diario oficial El Peruano*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente#:~:text=Ley%20N%C2%B0%2028611%20.,%2D%20Ley%20Genera1%20del%20Ambiente.&text=La%20presente%20Ley%20N%C2%B0,gesti%C3%B3n%20ambiental%20en%20el%20Per%C3%BA>

Congreso de la República (28 de junio de 2008). Decreto Legislativo N° 1065. *Diario oficial El Peruano*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1065/>

- Congreso de la República (2014). Resolución Legislativa N° 30248. *Diario oficial El Peruano*.
https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/ExpVirPal/Texto_Consolidado/30248.pdf
- Coral, K., Oviedo, J. y Rodríguez, A. (2020). Energía a partir de residuos sólidos urbanos, caso parroquia Limoncocha en la Amazonía ecuatoriana. *Estudio de la Gestión*, 9, 216 - 236. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2584>
- Cornejo, R. (2018). *Recolección y transporte de residuos sólidos urbanos y su relación con el pago de los servicios en la ciudad de Puno*. UNA-Puno.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8815>
- Díaz, L., Buenrostro, O., Mañón, M. y Hernández, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero en dos sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México. *Scielo*, 18 (2), 149-150.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000200149
- DIGESA. (2006). *Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú*. Ministerio de salud.
<http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/MANUAL%20TECNICO%20RESIDUOS.pdf>
- Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. (2019). *Guía para la caracterización de Residuos Sólidos Municipales*. Ministerio del Ambiente.
<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279521-guia-para-elaborar-la-caracterizacion-de-residuos-solidos>
- Esquer, V. y Rosario, A. (2009). *Reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos urbanos*. (Tesis de grado). Instituto Politecnico Nacional.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3484/RECICLAJEYTRATAMIENTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2014). *Plan Integral Cambio Climático en Antioquía*. MEDIDA ET-M-16.
<https://www.cambioclimaticoenantioquia.com/cambio-climatico-en-antioquia/>
- Figueredo, F. F. (2013). Política y gestión de residuos sólidos de natal/Brasil. *Dialnet*, 25, 70-92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4957798>

- Flores, X., Xavier, F., FRay, P. y Moran, E. (2017). Tratamiento de residuos sólidos en la Union Europea. *Recimundo*, 1 (2) 339-364. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/22>
- FOCIMIRS. (2017). *Manual sobre disposición final de residuos sólidos municipales*. NIPPON KOEI LAC.
- González, T., Virgen, A. y Vega, A. (2009). La tecnología de plasma y residuos sólidos. *Ingeniería Mérida, Yuc.* 13 (2), 51 - 56. <https://biblat.unam.mx/es/revista/ingenieria-merida-yuc/articulo/la-tecnologia-de-plasma-y-residuos-solidos>
- INACAL. (s.f.). *Norma Técnica Peruana NTP 900.058 2019*. INACAL. <https://www.qhse.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/NTP-900.058-2019-Residuos.pdf>
- IOMC. (2013). *Guía para la elaboración de estrategias nacionales de gestión de residuos*. Génève, Estados Unidos: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-elaboracion-estrategias-nacionales-gestion-residuos>
- Jiménez, N. (2017). El residuo: Producto urbano, asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral. *Scielo*, 11(22), 158 - 192. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-81102017000100158
- Kuczynski, P. (21 de diciembre de 2017). Normas legales El Peruano. *Reglamento del decreto legislativo N° 1278, decreto legislativo que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos*, págs. 18-49. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>
- Marquez, L. (2011). *Resisuos sólidos: Un enfoque multidisciplinario*. Libros en red. https://www.researchgate.net/profile/Liliana-Marquez-Benavides/publication/308057682_Residuos_Solidos_Un_enfoque_multidisciplinario_Vol_I/links/57d853d708ae0c0081edfdf1/Residuos-Solidos-Un-enfoque-multidisciplinario-Vol-I.pdf

- Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Educare*, 14 (1), 97-111. <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419010.pdf>
- MINAM. (2016). *Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016-2024*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente - Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>
- MINAM. (2017). Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Diario oficial El Peruano*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1278/>
- Ministerio de Energía y Minas (2020). *Principales indicadores del sector eléctrico a nivel nacional*. Dirección General de Electricidad. http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=9669
- Ministerio del Ambiente (2009). *Manual de residuos sólidos*. Lerma Gómez, EIRL. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39096>
- Montiel, N. y Pérez, J. (2019). Generación de energía a partir de residuos sólidos urbanos. Estrategias termodinámicas para optimizar el desempeño de centrales térmicas. *Scielo*, 30 (1), 273 - 284. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000100273
- Montoya, E., Villaquirán, M. y Mejía, R. (2020). Materiales vitrocerámicos obtenidos a partir de residuos sólidos tales como cenizas, escorias y vidrio: revisión. *Dialnet*, 84(2), 227 - 248. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7590771>
- Municipal, I. B. (2006). *Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de américa latina y el caribe*. San Pablo: Ministerio de Medio Ambiente y Territorio. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/27856>
- Muñoz, S. y García, W. (2021). Uso de residuos sólidos en la elaboración de concreto celular: Una revisión. *Aporte Santiaguino*, 14(1), 104 - 119. http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/714

- Núñez, J. (2016). *Patrones de organización social en la gestión de residuos sólidos urbanos en el continuo regional Distrito Federal-Estado de México*. Scielo. 28 (65), 187-233. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252016000100187&script=sci_abstract&tlng=es
- Olguin, G. S. (2007). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos en los municipios de Actopan, San salvador y el Arenal del estado de Hidalgo* (tesis doctoral). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/82>
- ONU. (1992). *Agenda 21*. PNUMA/ORPALC. [https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/5Documentosweb/5DDE874091F1D77B05256F3C00560F10/\\$FILE/doc_1.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/5Documentosweb/5DDE874091F1D77B05256F3C00560F10/$FILE/doc_1.pdf)
- Pinedo J. (2006). *Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de américa latina y el caribe*. Rio de Janeiro, Brasil: Instituto Brasileño de Administración Municipal. https://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_esp.pdf
- Pozzetti, C. (2019). La eliminación de residuos sólidos en el núcleo de la sostenibilidad. *Derecho Económico y Socioambiental*, 192-193.
- PROARCA. (2003). *Guía para la gestión del manejo de residuo sólidos municipales*. Sistema de gestión para el ambiente. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/guia-para-la-gestion-del-manejo-de-residuos-solidos-municipales/>
- Quillos, S., Escalante, N., Sanchez, D., Quevedo, L. y De la Cruz, R. (2018). Residuos sólidos domiciliarios: caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Scielo*, 84 (3), 322 - 335. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000300006
- Quintero, A., Valencia, Y. y Lara, L. (07 de junio de 2017). Variaciones geotécnicas en un suelo tropical causadas por los lixiviados de residuos sólidos urbanos: Escala laboratorial. *Dialnet*, 41, 40 - 47. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6220817>

- Quispe, A. (2015). El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (1), 83 - 95. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000100008&script=sci_abstract
- Red Electrica de España (2020). *Sistema eléctrico español*. Red electrica de España. <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-anual-sistema/informe-del-sistema-electrico-espanol-2020>
- Rivas, A. (2017). *Piensa un momento antes de actuar: Gestión integral de residuos sólidos*. Minambiente. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>
- Rodriguez, L. y Maya, R. (2017). Gestión integral de resisuos sólidos en la empresa CYRGO SAS. *Scielo*, 18 (2). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-86932017000200007
- Rojas, L., Segura, A. y Pulido, Y.. (2020). Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. *Espacios*, 41(17), 22- 31. <http://es.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p22.pdf>
- Ruiz, D., Suarez, J., Báes, J. y Saldivar, L. (2017). Potencial de la transformación de residuos sólidos urbanos en energía, a través del Sistema de Oxidación por Batch en Asunción, Paraguay. *Scielo*, 23 (45), 53 - 60. http://archivo.bc.una.py/index.php/RE/article/view/1280/pdf_399
- Sánchez, J., Estrada, R., Ramos, C., Carmona, R., Cano, P. y Semadine, E. (1996). *Estación de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas*. Instituto Nacional de Ecología. <https://docplayer.es/1552216-Estaciones-de-transferencia-de-residuos-solidos-en-areas-urbanas.html>
- SEDESOL. (2001). *Manual técnico sobre generación, recolección y tranferencia de residuos sólidos municipales*. Secretaria de desarrollo social. https://www.academia.edu/42810050/MANUAL_T%C3%89CNICO_SOBRE_

GENERACION_RECOLECCION_Y_TRANSFERENCIA_DE_RESIDUOS

- SEDESOL. (2005). *Residuos municipales*. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. https://www.ucipfg.com/Repositorio/MLGA/MLGA-03/semana4/PER_RS.pdf
- Tello, P. y Campani, D. (2018). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. AIDIS. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
- UAESP. (2011). *Caracterización de residuos sólidos en establecimientos comerciales, pequeños productores, generadores en la ciudad de Bogotá DC-2011*. Unidad administrativa de servicios públicos.
- UNO. (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, Brasil). *Agenda 21*. <https://www.un.org/es/conferences/environment/rio1992>
- Vargas, Y. y Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales para el Mejoramiento de la Calidad del Ambiente. *Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59 - 72. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/3108/2874/>
- Velásquez, P. (2017). *Gestión de residuos sólidos urbanos de Puno: Factores que limitan su adecuada implementación*. (tesis doctoral) Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5533/MDDvealpl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villamarin, M. A. (2015). *Análisis de la valoración energética de residuos sólidos urbanos del distrito metropolitano de Quito*. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1487/1/Tesis%20Marco%20Villamar%c3%adn.pdf>
- Viridiana, C., Rodríguez, A., Juárez, A., Sampedro, M., Reyes, M. y Silva, S. (2019). La importancia de la participación y corresponsabilidad en el manejo de los residuos sólidos urbanos. *Scielo*, 29, 1 - 16.



http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100195

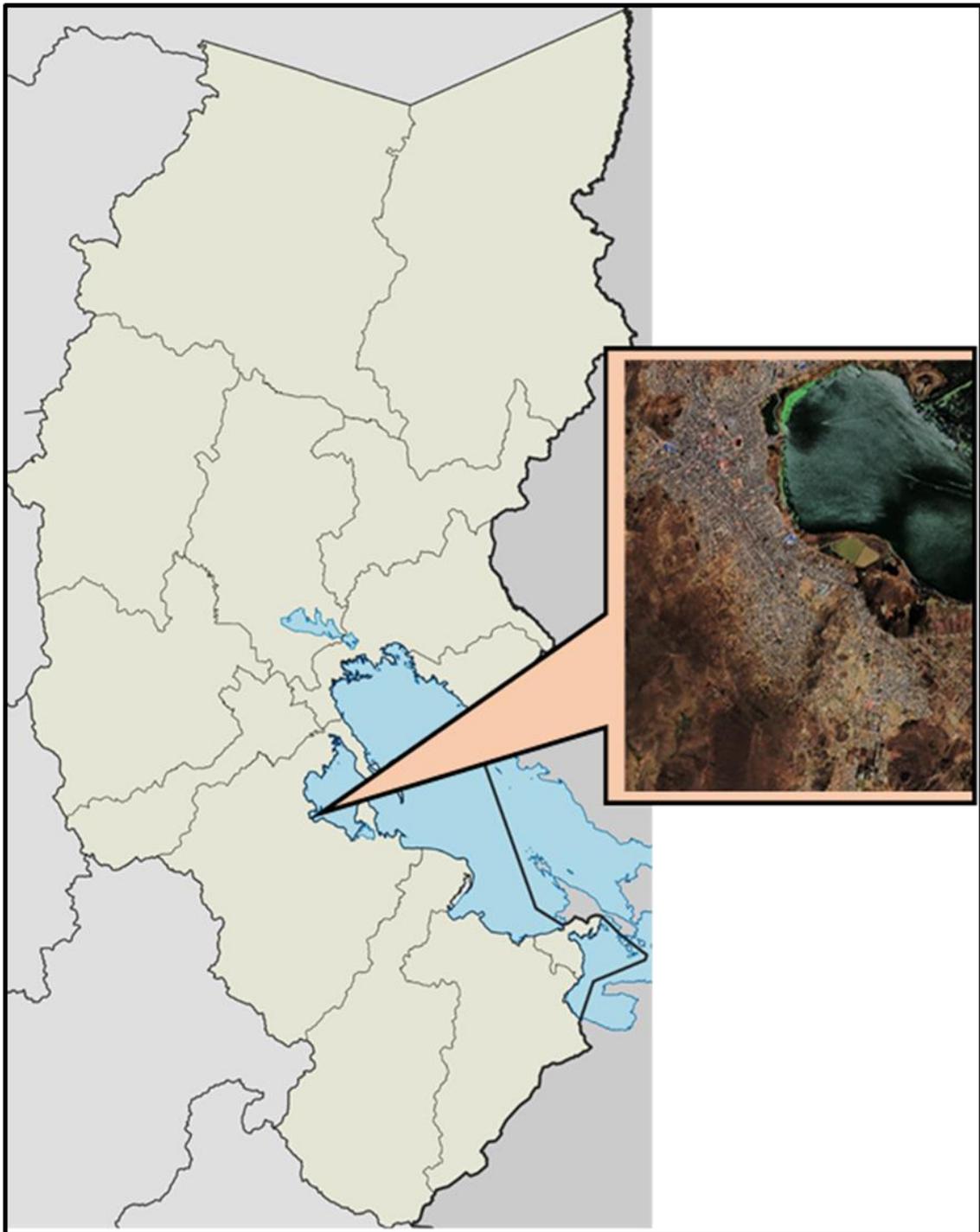
Vivienda, M. D. (2016). Decreto supremo que modifica el reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición, aprobado por decreto supremo N° 03-2013- vivienda. *Diario oficial El Peruano*. <https://nike.vivienda.gob.pe/dgaa/Archivos/DS-019-2016-VIVIENDA.pdf>

Zuzunaga, B. (2008). *Tratamiento térmico de los residuos sólidos para Lima y Callao*. Universidad Ricardo Palma. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/164>



ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación



Anexo 2. Formato de caracterización de residuos sólidos

| Muestra | FORMATO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS | | | | | | | | | | | | | | Total | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--|----------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-----------|--------|-----------------------|--------------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------------|--|-------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|--------|----------|-------|------------------|---------------------|------|-----------------------|------------------|--|
| | Residuos Orgánicos | | | | Residuos de Papel | | | | Residuos de Vidrio | | | | Residuos de Plástico | | | | Residuos de Metal | | | | Residuos Especiales | | | | | | | | | |
| | Residuos de alimentos | Residuos de malva, paja y madera | Otros residuos orgánicos | Residuos sólidos | Blanco | Perforado | Cartón | Carpetas y cartulinas | Miró | Vidrio transparente | Vidrio de color | Vidrio de ventana | Bolsas plásticas | Bolitas de plástico (perfilado de polibleno) | | Recipiente de plástico (polibleno) | Papero puleño (plástico duro) | Polestereno (temopor) | Policloruro de vinilo (PVC) | Lata (hojalata) | Aero | Fierro | Aluminio | Cobre | Residuos sólidos | Residuos sanitarios | Plas | Residuos electrónicos | Residuos tóxicos | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 3. Tablas de identificación de tipos de residuos

| A1 Residuos Metálicos o que Contengan Metales | |
|---|--|
| A1 010 | <p>Residuos metálicos y residuos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">i. Antimonioii. Arsénicoiii. Berilioiv. Cadmiov. Plomovi. Mercuriovii. Selenioviii. Telurioix. Talio |
| A1 020 | <p>Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los residuos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">i. Antimonio; compuestos de antimonioii. Berilio; compuestos de berilioiii. Cadmio; compuestos de cadmioiv. Plomo; compuestos de plomov. Selenio; compuestos de seleniovi. Telurio; compuestos de telurio |
| A1 030 | <p>Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">i. Arsénico; compuestos de arsénico |

| | |
|--------|--|
| | ii. Mercurio; compuestos de mercurio iii. Talio; compuestos de talio |
| A1 040 | Residuos que tengan como constituyentes: i. Carbonilos de metal ii. Compuestos de cromo hexavalente |
| A1 050 | Lodos galvánicos. |
| A1 060 | Líquidos de desecho del decapaje de metales. |
| A1 070 | Residuos de lixiviación del tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etc. |
| A1 080 | Residuos de desechos de zinc no incluidos en el Anexo V, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del Anexo IV lista de características peligrosa |
| A1 090 | Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos. |
| A1 100 | Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre. |
| A1 110 | Soluciones electrolíticas usadas en las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre. |
| A1 120 | Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre. |
| A1 130 | Soluciones de ácidos para grabar usadas que contengan cobre disuelto. |
| A1 140 | Residuos de catalizadores de cloruro cúprico y cianuro de cobre. |
| A1 150 | Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en el Anexo VI. |

| | |
|--|--|
| A1 160 | Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados. |
| A1 170 | Acumuladores de residuos sin seleccionar excluidas mezclas de acumuladores solo de la lista B del Anexo V. Los acumuladores de residuos no incluidos en la lista B que contengan constituyentes del Anexo I del Convenio de Basilea, en tal grado que los conviertan en peligrosos |
| A1 180 | Residuos de Montajes eléctricos y electrónicos o restos de éstos ² que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidas en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del Anexo I (por ejemplo, Cadmio, Mercurio, Plomo, Bifenilo Policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del Anexo IV Lista de Características Peligrosas (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110) ³ |
| A1 190 | Residuos de cables de metal recubiertos o aislados con plástico que contienen alquitrán de carbón, PBC ⁴ (presentes a una concentración igual o superior a 50 mg/kg) |
| A2 Residuos que Contengan Principalmente Constituyentes Inorgánicos, que Puedan Contener Metales o Materia Orgánica. | |
| A2 010 | Residuos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados. |
| A2 020 | Residuos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de líquidos o Iodos, pero excluidos los residuos de ese tipo especificados en el Anexo V. |
| A2 030 | Residuos de catalizadores, pero excluidos los residuos de este tipo especificados en el Anexo V. |
| A2 040 | Residuos de yeso procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes del Anexo I del Convenio de Basilea en tal grado que presenten una característica peligrosa del Anexo IV lista de características peligrosas (véase la entrada correspondiente en la lista B B2050) |
| A2 050 | Residuos de amianto (polvo y fibras) |

| | |
|--|--|
| A2 060 | Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias del Anexo I del Convenio de Basilea en concentraciones tales que presenten características del Anexo IV lista de características peligrosas (véase la entrada correspondiente en la lista B B2050) |
| A3 Residuos que Contengan Principalmente Constituyentes Orgánicos, que Puedan Contener Metales y Materia Inorgánica. | |
| A3 010 | Residuos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto. |
| A3 020 | Residuos de aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados. |
| A3 030 | Residuos que contengan, estén integrados o estén contaminados por Iodos de compuestos antidetonantes con plomo. |
| A3 040 | Residuos de líquidos térmicos (transferencia de calor). |
| A3 050 | Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas/adhesivos excepto los residuos especificados en la lista B del Anexo V (véase el apartado correspondiente en la lista B B4020) |
| A3 060 | Residuos de nitrocelulosa. |
| A3 070 | Residuo de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de líquido o de lodo. |
| A3 080 | Residuos de éteres excepto los especificados en el Anexo V del reglamento. |
| A3 090 | Residuos de cuero en forma de polvo, cenizas, Iodos y harinas que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3100) |
| A3 100 | Raeduras y otros residuos del cuero o de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3090) |

| | |
|--|---|
| A3 110 | Residuos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas o sustancias infecciosas. (véase el apartado correspondiente en la lista B B3110) |
| A3 120 | Pelusas - fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento. |
| A3 130 | Residuos de compuestos de fósforo orgánicos. |
| A3 140 | Residuos de disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los residuos especificados en Anexo V del Reglamento |
| A3 150 | Residuos de disolventes orgánicos halogenados |
| A3 160 | Residuos resultantes de desechos no acuosos de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos. |
| A3 170 | Residuos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como el clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo, epicloridrina) |
| A3 180 | Residuos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración de igual o superior a 50 mg/kg ⁵ |
| A3 190 | Residuos de desechos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos. |
| A3 200 | Material bituminoso (residuos de asfalto) con contenido de alquitrán resultantes de la construcción y el mantenimiento de carreteras (obsérvese el artículo correspondiente B2130 de la lista A nBe xo V |
| A4 Residuos que Pueden Contener Constituyentes Inorgánicos u Orgánicos | |

| | |
|--------|--|
| A4 010 | Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con exclusión de los residuos especificados en el Anexo V del Reglamento |
| A4 020 | Residuos clínicos y afines; es decir residuos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinaria o actividades similares, y residuos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyecto de investigación. |
| A4 030 | Residuos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de residuos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados o no aptos para el uso previsto originalmente |
| A4 040 | Residuos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera. |
| A4 050 | Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: i. Cianuros inorgánicos, con excepción de los residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos ii. Cianuros orgánicos. |
| A4 060 | Residuos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua. |
| A4 070 | Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los residuos especificados en el Anexo V del Reglamento (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010) |
| A4 080 | Residuos de carácter explosivo (pero con exclusión de los residuos especificados en el Anexo V del Reglamento) |

| | |
|--------|--|
| A4 090 | Residuos de soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el apartado correspondiente del Anexo V del Reglamento (véase el apartado correspondiente de la lista B B2120) |
| A4 100 | Residuos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los residuos especificados en el Anexo V del Reglamento. |
| A4 110 | Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: i. Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados ii. Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas |
| A4 120 | Residuos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos. |
| A4 130 | Envases y contenedores de residuos que contienen sustancias incluidas en el Anexo I del Convenio de Basilea, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del Anexo IV lista de características peligrosas. |
| A4 140 | Residuos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados, según a las categorías del Anexo I del Convenio de Basilea, y a las características de peligrosidad señalada en el Anexo IV lista de características peligrosas. |
| A4 150 | Residuos contaminados con sustancias químicas nuevas o no identificadas, resultantes de investigación o de actividades de enseñanza, cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan. |
| A4 160 | Carbón activado consumido no incluido en el Anexo V del Reglamento (Véase el correspondiente apartado de la lista B B2060). |

Anexo 4. Tabla de caracterización de residuos peligrosos

| Lista de características peligrosas | | |
|-------------------------------------|------------------|---|
| Clase de las Naciones Unidas | Numero de Código | Características |
| 1 | H1 | Explosivos |
| | | Por sustancia o residuo explosivo se entiende toda sustancia o residuo sólido o líquido (o mezcla de sustancias o residuos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante. |
| 3 | H3 | Líquidos Inflamables |
| | | Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición.) |

| | | |
|-----|------|---|
| 4.1 | H4.1 | Sólidos Inflamables |
| | | Se trata de los sólidos, o residuos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción. |
| 4.2 | H4.2 | Sustancias o residuos susceptibles de combustión espontánea |
| | | Se trata de sustancias o residuos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse. |
| 4.3 | H4.3 | Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables |
| | | Sustancias o residuos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas. |
| 5.1 | H5.1 | Oxidantes |
| | | Sustancias o residuos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales. |
| 5.2 | H5.2 | Peróxidos Orgánicos |
| | | Las sustancias o los residuos orgánicos que contienen la estructura bivalente -o-o- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica. |

| | | |
|-----|------|---|
| 6.1 | H6.1 | Tóxicos (Venenos) agudos |
| | | Sustancias o residuos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel. |
| 6.2 | H6.2 | Sustancias infecciosas |
| | | Sustancias o residuos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre. |
| 8 | H8 | Corrosivos |
| | | Sustancias o residuos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros. |
| 9 | H10 | Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua |
| | | Sustancias o residuos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas. |
| 9 | H11 | Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos) |
| | | Sustancias o residuos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis. |
| 9 | H12 | Ecotóxicos |
| | | Sustancias o residuos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el |



| | | |
|---|-----|---|
| | | medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos. |
| 9 | H13 | Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas |

Anexo 5. Panel fotográfico



Figura 11. Almacenamiento de residuos sólidos en domicilio Puno



Figura 12. Disposición de RSU para la recolección en domicilio Puno



Figura 13. Usuarios esperan a recolector de RSU en la ciudad de Puno



Figura 14. Camión compactador recolector de RSU en la ciudad de Puno



Figura 15. Recolección de RSU en la ciudad de Puno



Figura 16. Segregación parcial de RSU por los trabajadores del municipio durante la recolección Puno



Figura 17. Trabadores de MINSA almacenan RSH en contenedores de calle, Av. El sol Puno



Figura 18. Contenedores de RSU en las calles no son suficientes, Jr. Tacna Puno



Figura 19. Contenedores de RSU de acuerdo con norma peruana, Av. Layacota



Figura 20. Contenedor de residuo sólido de plástico, Av. El sol Layacota



Figura 21. Disposición final de RSU de Cancharani Puno



Figura 22. Los recicladores recuperan residuos en disposición final de Cancharani Puno



Figura 23. Personal de MINSA incinera residuos sólidos hospitalarios en Cancharani Puno



Figura 24. Lixiviación de RSU en disposición final de Cancharani Puno



Figura 25. Contaminación del medio ambiente en disposición final de Cancharani Puno



Figura 26. Depósitos de RSU de demolición en las orillas del lago Titicaca Puno



Figura 27. Depósitos de RSU y demolición en las orillas del lago Titicaca Puno



Figura 28. Suelos conformados de residuos sólidos urbanos a orillas del lago Titicaca Puno



Figura 29. Pasivo de RSU de Cancharani Puno



Figura 30. Lixiviación de los pasivos ambientales de Cancharani Puno



Figura 31. Planta de gasificación china JIUTIEN



Figura 32. Planta de gasificación china PENGYAO



Figura 33. Planta de gasificación VERONA



Figura 34. Planta de gasificación de residuos en Belmez



Figura 35. Proyecto de una planta de gasificación en Beijing