

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS, PARA LA
REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN
EN LA CIUDAD DE TACNA, 2016**

TESIS

PRESENTADA POR:

M.Sc. MARILÚ HILDA MANCHEGO COLQUE

Para optar el Grado Académico de:

DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS, PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE TACNA, 2016

Tesis sustentada y aprobada el 21 de Mayo del 2021, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :


.....
Dr. Alberto Bacilio Cohaila Quispe

SECRETARIO :


.....
Dr. Tolomeo Raúl Soto Pérez

MIEMBRO :


.....
Dr. Gregorio Pedro Tejada Monroy

ASESOR :


.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

DEDICATORIA

Por Dios, llena mi vida de alegría y bendiciones; y permite que mi estudio se complete con éxito, porque el pasado, el presente y el futuro serán mi guía

A mis padres que me brindan un apoyo incondicional durante mi formación profesional.

Para mis hermanos, porque estar siempre conmigo en los momentos más difíciles y brindarme sus sabios consejos.

AGRADECIMIENTO

Para mis padres José y Felicitas, brindaron apoyo espiritual para lograr este objetivo. Gracias por su paciencia.

A mis hermanos Carina, Lizbeth y Percy, a mis sobrinos Santiago, José y Dylan. A amigos, colegas, compañeros de trabajo por su apoyo incondicional.

A mi asesor Dr. Nataniel Linares Gutiérrez, que, durante la realización de mi investigación, usted ha sido mi mano derecha y quien me ha guiado en el complicado proceso. Gracias a su apoyo.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
RESUMO	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.1.1 Antecedentes del problema	5
1.1.2 Problemática de la investigación	5
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1 Problema principal.....	5
1.2.2 Problemas secundarios	6
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.3.1 Justificación de la investigación.....	6
1.3.2 Importancia del estudio.....	7
1.4 Alcances limitaciones de la investigación	8
1.5 OBJETIVOS	8
1.5.1 Objetivo general	8
1.5.2 Objetivos específicos.....	8
1.6 HIPÓTESIS	8
1.6.1 Hipotesis general.....	8
1.6.2 Hipótesis específicas	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	10
2.2 BASE LEGAL	13
2.3 BASES TEÓRICAS	14
2.3.1 La clasificación de los residuos sólidos	15

2.3.2	La Desinfección	18
2.3.3	Principios para la selección del tipo de tratamiento	18
2.3.4	Selección de tratamiento	19
2.3.5	Métodos de tratamiento de los residuos	19
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	28
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		29
3.1	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN..	29
3.1.1	Tipo de investigación	29
3.1.2	Nivel de investigación	29
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	29
3.2.1	Población.....	29
3.2.2	Muestra.....	30
3.3	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES	32
3.3.1	Variable	32
3.3.2	Operacionalización de las variables	32
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS.	33
3.5	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	34
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		35
4.1	CUESTIONARIO APLICADO AL PERSONAL DE LA MICRORED METROPOLITANO	35
4.2	DATOS DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS	44
4.3	TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO	48
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS		49
5.1	INFORMACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	49
5.2	UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	50
5.3	FLUJOGRAMA	53
5.4	CAPACIDAD DE LA PLANTA	54
5.5	DISTRIBUCIÓN DEL TERRENO	56
5.6	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA.....	56
5.6.1	Costo de la empresa Disal.....	57
5.7	PROPUESTA DE COSTO DE TRATAMIENTO	57
5.8	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	59

5.8.1	Infraestructura	59
5.8.2	Materia prima.....	60
5.9	EQUIPO PRINCIPAL.....	61
5.10	MAQUINARIAS Y EQUIPO	63
5.10.1	Vehículos de transporte.....	63
5.11	INSTALACIONES.....	64
5.11.1	Requerimiento del servicio de energía eléctrica	64
5.11.2	Requerimiento del servicio de agua	65
5.11.3	Elementos del proyecto	65
5.12	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	67
5.13	REQUERIMIENTO DEL PROCESO	67
5.14	PRESUPUESTO	71
5.14.1	Costo de la propuesta de Planta de tratamiento.....	71
	CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	73
6.1	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
6.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	76
6.2.1	Contratación de la hipótesis principal	76
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
	ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Micro redes involucradas	30
Tabla 2 Población a estudiar	31
Tabla 3 ¿Los residuos sólidos hospitalarios se deben caracterizar?	35
Tabla 4 ¿Se pueden aprovechar los residuos sólidos hospitalarios?	36
Tabla 5 ¿Recibe charlas sobre el manejo de residuos sólidos hospitalarios? .	37
Tabla 6 Manejo adecuado de residuos sólidos hospitalarios.....	38
Tabla 7 Los residuos sólidos hospitalarios, contaminan el ambiente.	40
Tabla 8 ¿El tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios contribuye a la disminución de a la contaminación ambiental?	41
Tabla 9 ¿Los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación?	42
Tabla 10 Propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios.	43
Tabla 11 Microred: metropolitano cono norte y como sur.....	45
Tabla 12 Composición física de los residuos sólidos generados en los servicios del Hospital Regional Hipólito Unanue	47
Tabla 13 Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Tratamiento más usadas Tecnologías de Tratamiento más usadas.	48
Tabla 14 Caracterización en porcentajes según consultoría médica de residuos sólidos en el Hospital Hipólito Unanue, 2016.	51
Tabla 15 Caracterización en porcentajes según consultoria medico de residuos sólidos de las Microrredes 2016Regional Hipólito Unanue.....	52
Tabla 16 Dimensión de Planta.....	54
Tabla 17 Proyección de Residuos Hospitalarios.....	54
Tabla 18 Proyección de la producción de RSH al 2030.....	55
Tabla 19 Costos de disposición final de residuos comunes por la empresa Disal	57

Tabla 20 Costos por disposición de residuos peligrosos por la empresa Disal.	57
Tabla 21 Propuesta de costos de disposición final de residuos comunes – Tacna.....	58
Tabla 22 Propuesta gastos por disposición de residuos hospitalarios-Tacna.	58
Tabla 23 Características Ecosteryl serie 125.....	61
Tabla 24 Residuos a tratar por el equipo Ecosteryl serie 125.....	63
Tabla 25 Requerimiento de servicio de energía eléctrica de los equipos de proceso.....	64
Tabla 26 Requerimiento del servicio de agua.....	65
Tabla 27 Requerimientos y costos de personal.....	71
Tabla 28 Costos de Inversión: Maquinaria y equipos	71
Tabla 29 Costos de inversión: Mobiliario	71
Tabla 30 Costos total de inversión.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Clasificación de residuos hospitalarios.....	18
Figura 2 Diagrama de Enterramiento Controlado.....	21
Figura 3 Modelo de Incinerador de doble cámara convencional.	24
Figura 4 Desinfección por microondas para el tratamiento de residuos sólidos Hospitalarios.	26
Figura 5. Los residuos sólidos hospitalarios se deben caracterizar	36
Figura 6. Se pueden aprovechar los residuos sólidos.....	36
Figura 7 Recibir charlas sobre manejo de residuos sólidos hospitalarios	38
Figura 8 Manejo adecuado de residuos sólidos hospitalarios	39
Figura 9 Los residuos sólidos hospitalarios contaminan el ambiente.....	40
Figura 10 Tratamiento de los residuos hospitalarios contribuye a la disminución a la contaminación ambiental.	41
Figura 11 Los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación	42
Figura 12 Propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios.	43
Figura 13 Diagrama de Pareto.	45
Figura 14 Ubicación de la Ciudad de Tacna	49
Figura 15 Flujograma de la planta de RSH propuesta.	53
Figura 16 Producción de residuos sólidos hospitalarios.....	55
Figura 17 Proyección de la producción de residuos sólidos hospitalarios.....	56
Figura 18 Equipo principal Amb ecosteryl series 125.....	62
Figura 19 Detalle de la Trituradora de eje	62
Figura 20 Características del camión transportador de RSH.	64
Figura 21 Símbolo de bioseguridad.....	66
Figura 22 Equipos de protección.....	66
Figura 23 Equipo para tratamiento RSH por microondas.....	68

Figura 24 Vista panorámica de las bolsas contenidas de residuos sólidos
hospitalarios 75

RESUMEN

En la actualidad, el inadecuado manejo de residuos hospitalarios no es la más apropiada, en la investigación actual. **Objetivo:** Proponer una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios para la reducción de la contaminación en la ciudad de Tacna. **Problemática y muestra:** los problemas generados por la inadecuada disposición de los RSH producen lesiones infecciosas, causando riesgos de infección al personal y la población en general con una población en estudio, conformada por la red asistencial de salud de Tacna. **Materiales y métodos:** consistió en realizar una encuesta a los especialistas que generan los residuos sólidos hospitalarios en las micro redes de Tacna y la recolección de datos a través de una metodología participativa, que involucra un fuerte componente interinstitucional para asegurar que la solución sea sostenible en el tiempo y contribuya al desarrollo armónico de los residuos hospitalarios y las actividades relacionadas con el medio ambiente. **Resultados:** el tratamiento adecuado de los RSH si contribuye a la disminución de la contaminación ambiental en el cual están de acuerdo el 75 % y muy de acuerdo 23,08 %, el 42,02 % está de acuerdo y 53,02 % muy de acuerdo con la propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios. Los resultados permiten proponer una solución mediante una propuesta de diseño de una planta de tratamiento de RSH debido a que propicia un ahorro de 723 nuevos soles por tonelada tratada, permitiendo así su viabilidad técnica y económica con respecto al sistema actual.

Palabras clave: contaminados, medio ambiente, residuos sólidos hospitalarios, contaminación, tratamiento.

ABSTRACT

At present, the inadequate management of hospital waste is not the most appropriate, in the current investigation. **Objective:** Propose a hospital solid waste treatment plant to reduce pollution in the city of Tacna. **Problem and sample:** the problems generated by the inadequate disposition of the RSH produce infectious lesions, causing risks of infection to the personnel and the general population with a population under study, made up of the Tacna health care network. **Materials and methods:** it consisted of conducting a survey of the specialists who generate solid hospital waste in the Tacna micro networks and collecting data through a participatory methodology, which involves a strong inter-institutional component to ensure that the solution is sustainable in time and contribute to the harmonious development of hospital waste and activities related to the environment. **Results:** the adequate treatment of the RSH if it contributes to the reduction of environmental pollution in which 75% agree and 23.08% strongly agree, 42.02% agree and 53.02% strongly agree. agreement with the proposal for a hospital solid waste treatment plant. The results make it possible to propose a solution through a design proposal for a RSH treatment plant due to the fact that it provides a saving of 723 new soles per ton treated, thus allowing its technical and economic viability with respect to the current system.

Keywords: contaminated, environment, hospital solid waste, contamination, treatment.

RESUMO

Atualmente, a gestão inadequada dos resíduos hospitalares não é a mais adequada, na presente investigação. **Objetivo:** Propor uma estação de tratamento de resíduos sólidos hospitalares para reduzir a poluição na cidade de Tacna. Problema e amostra: os problemas gerados pela disposição inadequada da RSH produzem lesões infecciosas, causando riscos de infecção ao pessoal e à população em geral da população em estudo, formada pela rede de atenção à saúde de Tacna. **Materiais e métodos:** consistiu em realizar um levantamento dos especialistas que geram resíduos sólidos hospitalares nas micro redes de Tacna e coletar dados por meio de uma metodologia participativa, que envolve um forte componente interinstitucional para garantir que a solução seja sustentável no tempo e contribuir ao desenvolvimento harmonioso de resíduos hospitalares e atividades relacionadas ao meio ambiente. **Resultados:** o tratamento adequado da RSH se contribui para a redução da poluição ambiental em que 75% concordam e 23,08% concordam totalmente, 42,02% concordam e 53,02% concordam totalmente concordam com a proposta de uma estação de tratamento de resíduos sólidos hospitalares. Os resultados permitem propor uma solução por meio de uma proposta de projeto para uma estação de tratamento de RSH pelo fato de resultar em uma economia de 723 novos soles por tonelada tratada, permitindo assim sua viabilidade técnica e econômica em relação ao sistema atual.

Palavras-chave: contaminado, meio ambiente, residuos sólidos hospitalares, poluição, tratamento

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión inadecuada de residuos hospitalarios no es la más apropiada, porque no hay una regulación clara a nivel municipal. La gestión de estos residuos debe realizarse a nivel de generador, no bajo un sistema centralizado. A nivel hospitalario, la basura se debe desinfectar.

La recolección inadecuada, el transporte, el almacenamiento y la eliminación final de los desechos hospitalarios pueden causar daños físicos graves e infecciones graves para el personal que trabaja en hospitales, pacientes y comunidad en general. La manipulación de este desperdicio aumenta el peligro para el personal hospitalario y reciclador, que puede dañar la piel y el nivel ocular, que se lesionan con los objetos cortos, inhalando aerosoles contaminados o irritantes e ingerir directa o indirectamente el material infectocontagioso.

Las heridas producidas por objetos punzocortantes, pueden transmitir todos los tipos de infecciones, aunque los más frecuentes son: hepatitis B y C (VHB), VIH/SIDA, malaria, tripanosomiasis, toxoplasmosis, infecciones de criptococos, estreptococos y estafilococos. Además, las sustancias tóxicas y radiactivas utilizadas en las instalaciones de salud para el mantenimiento y la desinfección de los ambientes y para el tratamiento de los pacientes, presentan riesgo químico.

Todo este riesgo infeccioso y químico puede ser controlado por un adecuado manejo de residuos hospitalarios. La entrada en cumplimiento de la Norma Técnica de Salud -N°096 MINSA/DIGESA V.01 2012 y NTS N°199-MINSA/2018/DIGESA, esto requiere que las entidades de generación de residuos del hospital inicien procesos de planificación que conduzcan a la gestión general que diseñen, planifiquen, programas y proyectos a corto plazo, a este

problema ambiental y de salud. Esta regla se convierte en un instrumento de tipo regulatorio que establece responsabilidades para las autoridades ambientales y de salud, empresas de servicios públicos y usuarios en dos aspectos principales: gestión interna, refiriéndose a la generación, segregación, desactivación y almacenamiento; y gestión externa que incluye recolección, transporte, procesamiento y disposición final.

El presente informe de investigación, contiene la información necesaria para brindar una propuesta de planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios la cual ha sido elaborada a través de una metodología participativa que involucra un fuerte componente interinstitucional para garantizar que las soluciones sean sostenibles a lo largo del tiempo y contribuyan al desarrollo armónico entre las actividades asociadas con los residuos hospitalarios y el medio ambiente

La propuesta técnica que finalmente se da a conocer, incluye la implementación de un sistema de recolección de recolección constituido por un vehículo recolector y dotado de acuerdo con la norma, un cuarto de almacenamiento refrigerado y un sistema de desinfección por microondas. Este sistema permitirá obtener una solución a esta problemática ambiental en la Ciudad de Tacna.

El trabajo se ha estructurado en siete capítulos. En el capítulo I denominado Planteamiento del problema, muestra la descripción del problema, la formulación del problema, la justificación e importancia del presente estudio, así como se plantean los objetivos e hipótesis de la presente investigación.

En el capítulo II, titulado Marco teórico, se da a conocer los antecedentes del estudio, la base legal y sus bases teóricas, así como se puntualiza la definición de los términos.

En el capítulo III se observa el Marco metodológico, en donde se da a conocer el diseño de la investigación, población y muestra, operación de variables, técnicas y herramientas de recopilación de datos, así como el procesamiento y análisis de los datos.

El capítulo IV, da a conocer los resultados a los que se arribó la presente investigación.

Y luego en el capítulo V se da a conocer la propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios.

En el capítulo VI se da a conocer el análisis y discusión de los resultados. Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones a las que arribó el presente estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El análisis de la descripción del problema que representa los desechos hospitalarios y su grave impacto en la salud pública y en el medio ambiente, conduce a instituciones y estructuras de salud, así como a los hospitales., considerar aplicar nuevas prácticas de gestión actuales.

En muchas instalaciones de salud, para la recolección de residuos sólidos hospitalarios, se utilizan las bolsas plásticas, que son llevadas al ambiente de almacenamiento, también utilizan cartones, baldes, tachos de plásticos, que en algunas oportunidades no realizan una limpieza adecuada, después de ser vaciado. En algunos centros hospitalarios, las bolsas se reutilizan después de agregar los residuos en otros contenedores o arrojan al piso y al contenedor temporal. En algunos centros de salud, los residuos de servicio para pacientes con enfermedades infecciosas se depositan en contenedores donde se juntan con escombros comunes. Los residuos sólidos se relacionan con los radiopharmacéuticos no utilizados, (ampollas, agujas, guantes, algodón), generalmente se almacenan en cajas de protegidas, en una atmósfera sin restricciones de acceso y sin precauciones de seguridad. La falta de separación de residuos de bioinfección y su ejecución inadecuada aumenta la cantidad de desechos peligrosos. Cuando al contacto de residuos comunes con estos, también son peligrosos, lo que también implica un mayor riesgo al personal que labora y los ciudadanos. La ausencia de separación adecuada de residuos punzocortantes es una causa directa del mayor número de percances.

La falta de eliminar los desechos hospitalarios peligrosos en los botaderos junto con los residuos comunes, genera un grave riesgo de la salud a los

"recicladores informales" o "personas recicladoras", que daña la salud pública en general y al ambiente.

1.1.1 Antecedentes del problema

Los residuos peligrosos hospitalarios en algunas ocasiones llegan al botadero municipal, contaminando la zona y generando que las personas se dediquen a la búsqueda de Objetos para reciclar y vender en forma tal como jeringas e incluso medicamentos adúlteros. Además, estos botaderos se utilizan como zonas de crianza de animales, en los que estos se alimentan con este desperdicio. (Berrocal, 2009). Otra causa es el daño al medio ambiente es la contaminación de la parte interna del suelo, donde se encuentra la fuente de agua más cercana a la superficie del piso (Canahuire,2016).

1.1.2 Problemática de la investigación

En la ciudad de Tacna los principales problemas generados por la inadecuada disposición del desechos sólido hospitalaria produce lesiones infecciosas causadas por golpear objetos en la limpieza hospitalaria, que por falta de manejo de los residuos que pueden causar, los riesgos de infección para el personal que administran residuos sólidos en los hospitales, lo que causa los desecho infecciones nosocomiales debido a la falta de gestión de residuos, entre otras causas a la población en general.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema principal

¿La propuesta de instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna, puede reducir la contaminación?

1.2.2 Problemas secundarios

- A) ¿Cuál es el nivel de sensibilización respecto a la adecuada forma de reducir la contaminación de Residuos Sólidos Hospitalarios?
- B) ¿Cómo se podrá identificar y analizar los residuos sólidos hospitalarios generados por las microrredes?
- C) ¿Cómo será la propuesta de una Planta de Tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación de la investigación

La investigación mostrada se justifica desde los siguientes puntos de vista:

El Ministerio de Salud, teniendo en cuenta la problemática existente a nivel nacional, expidieron la NTS -N°096 MINSA/DIGESA V.01 2012 y NTS N°199-MINSA/2018/DIGESA, el cual da a conocer a las entidades que generan residuos hospitalarios y la pronta implementación de programas de gestión externa e interna, para reducir los niveles de riesgo por su falta de disposición final.

Los encargados de los centros de salud, como entidades que ejercen la vigilancia, el control y el desarrollo de programas de orden nacional, basados por el Ministerio de Protección Social, deben necesariamente actuar con sus propios recursos o lograr realizar proyectos, programas para abordar los problemas locales.

La ciudad de Tacna cuenta con un Hospital, centros de salud, las diversas microrredes, varias clínicas, laboratorios clínicos, seguro social, consultorios odontológicos, entre otros, que actualmente no realizan una buena disposición final de los residuos biocontaminados, factores que causan un gran impacto ambiental y un alto riesgo de salud humana.

La propuesta proporciona soluciones a los daños ambientales asociados con la gestión y eliminación de los desechos hospitalarios, requiere un método que requiere la participación del personal especializado y el uso de tecnología adecuada para la realidad de la ciudad de Tacna.

La prevención y su pronta corrección del impacto causado por la falta de gestión de los residuos hospitalarios se debe dar inicio en la ciudad de Tacna. Si la municipalidad de TACNA no toma una decisión final adecuada para los residuos hospitalarios y similares, se presentarán efectos dañinos, lo que influiría en el desarrollo sostenible de esta área territorial: contaminación de los recursos hídricos, aire y tierra debido a lo insuficiente sistema de enterramiento, etc.

Relevancia social; porque permite tener conocimiento sobre una nueva propuesta y renovar el tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios.

Relevancia Académica; porque los resultados de la investigación permitirán revalidar teorías que explican el tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios

1.3.2 Importancia del estudio

La presente investigación busca brindar a la Ciudad de Tacna una opción económica y efectiva para el tratamiento final y la disposición de los residuos sólidos del hospital, gracias al diseño de una planta de tratamiento. donde la tecnología seleccionada. será un sistema de desinfección por microondas (Ecoesteryl serie 125) el cual estará adecuado para la cantidad de residuos peligrosos, allí los procesos dejarán resultados como la eliminación instantánea de los residuos.

1.4 ALCANCES LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la obtención de datos, el presente proyecto se limita con las Microrredes de la región de Tacna.

Para las encuestas, se limita a las microrredes Metropolitano, Cono Norte y Cono sur, que consta de 19 centros de salud.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Realizar una propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios para la reducción de la contaminación en la ciudad de Tacna, 2016.

1.5.2 Objetivos específicos

- A.- Determinar el nivel de sensibilización en la Microrred metropolitana, cono norte y cono sur, respecto a la adecuada forma de reducir la contaminación de residuos sólidos hospitalarios.
- B.- Identificar y analizar los residuos hospitalarios generados por las microrredes en la ciudad de Tacna, 2016.
- C.- Determinar una propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna, 2016.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 Hipótesis general

La propuesta de una Planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna influye en la reducción de la contaminación

1.6.2 Hipótesis específicas

- A. El nivel de sensibilización influye a la adecuada forma de reducir la contaminación de residuos sólidos hospitalarios es alto.
- B. Es posible identificar y analizar los residuos sólidos hospitalarios generados por las microrredes en la ciudad de Tacna, 2016.
- C. La propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios, influye en la disminución de la contaminación en la ciudad de Tacna.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Linarez (2011), en su trabajo de posgrado denominado “**Desechos patológicos generados en el Hospital Universitario Ruiz y Páez**” concluyó que en el citado nosocomio se encontró, desechos infecciosos que provienen de cirugías, tratamientos como residuos punzocortantes, fluidos del cuerpo humano, los cuales son desechos patológicos infecciosos sondas, tela adhesiva, sangre, fluidos corporales, amputaciones, restos de tejidos, muestras de análisis, semen, orina, entre otros. Del mismo modo se encontró, que el 71,11 % de los empleados del quirófano se encuentran expuestos a estos residuos, como sangre, tejidos y fluidos corporales

Romero (2007), en su investigación denominada “Planta de incineración de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía” concluyo que las cantidades producidas en Madrid, de residuos peligrosos, permite obtener una Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) superior al 10 %, por tonelada de residuos incinerada, que favorece la rentabilidad de la inversión, al tiempo que mejora los costos para el personal que dirige de la planta.

El canon permite tener un renombre de rentabilidad interna (TIR) de 6,5 % y una disminución de más de 12 años que transforma este proyecto en una inversión altamente productiva y se transforma simultáneamente, en una cotización que lo suficientemente para que los Municipios lo puedan aceptar como parte del compromiso del ciudadano, para lograr un arreglo final de residuos aliviados con el medio ambiente y la calidad de vida de sus ciudadanos.

Julia (2012), en su investigación titulada “Plan de mejoras para el manejo de los desechos en el servicio médico odontológico en el cuerpo de bomberos del "Distrito Capital”, concluyó que, la recolección, el transporte, el

almacenamiento y la eliminación final de los residuos hospitalarios pueden causar daños físicos graves e infecciones graves del equipo que trabajan en hospitales, pacientes y comunidad en general. La manipulación de estos residuos aumenta el riesgo para el trabajador del hospital, que puede contaminar la piel o los ojos, lesionarlos con objetos afilados, inhalando aerosoles infectados o irritantes, o material contaminado directa o indirectamente o indirectamente.

Blanco y Briceño (2005), en su tesis titulada: “Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios y similares en el Municipio de Arauca, Capital”, concluye que, la contaminación generada por la combustión de residuos peligrosos se debe al diseño inapropiado del equipo, la falta de control automático de la temperatura, el aire de gran tamaño, las bajas temperaturas de la combustión, el inadecuado manejo en la operación, la falta de mantenimiento y la carga excesiva. La combustión resuelve el problema del hospital, pero varía de diferentes tipos y en una proporción más pequeña, contaminación a la atmósfera. Por lo tanto, es importante reflejar el gas, la inercia de la escoria, así como la instalación de sistemas de purificación de gas.

Vera y Romero (2017), en su tesis titulada “Caracterización del manejo de desechos hospitalarios infecciosos a través de una auditoría ambiental inicial y propuesta de un modelo de gestión para su segregación, transporte, almacenamiento y disposición final en el hospital Teodoro Maldonado Carbo del IESS”, concluyó que se observó que no existe una buena segregación de desechos debido a que la segregación de los desechos hospitalarios es una labor que se realiza con frecuencia en condiciones de urgencia y bajo presión, la generación y la gestión de los residuos hospitalarios en la institución han explorado datos reales. Datos estadísticos muy importantes que han permitido diseñar un plan de gestión correctivo óptimo a un desperdicio de este hospital, que se refleja en los capítulos finales de la investigación actual.

Canahuire (2016), en su tesis titulada “Caracterización de los residuos sólidos generados en el Hospital Regional Hipólito Unanue en la Provincia de Tacna, 2013” concluyó que la composición física de los residuos sólidos

generados, al 100 % de residuos y el 66 % son biocontaminados mientras tanto un menor porcentaje del 34 % son residuos comunes. Y dentro de los residuos biocontaminados, se encontraron pañales que representaron un mayor porcentaje de un 20 % de la cantidad total, lo cual concluye con una GPC de 55,29 kg/día.

En el caso de residuo común, los plásticos dieron un resultado de un 17 % de la cantidad total del %, esto vendría a ser un 47,73 kg/día. Según el servicio que genero los residuos, en el caso de los consultorios de medicina, representa una generación alta de residuos con un total de 25,92 kg/día, continua el servicio de ginecología con un total de 23,49 kg/día.

Yance (2015), en su investigación titulada: "Plan de manejo de residuos sólidos en el hospital departamental de Huancavelica", concluye que la gestión que realizan para el tratamiento denominado "incineración", en la actualidad es empleado en el Hospital del Departamento de Huancavelica, menciona que no cumple las especificaciones técnicas de un horno de combustión detallado en la norma técnica. Por lo tanto, las deficiencias presentadas por el sistema de tratamiento no garantizan la eliminación completa de los contaminantes y no minimice el impacto en la calidad ambiental con las emisiones de productos de combustión, las disposiciones establecidas en las normas ambientales actuales no se han cumplido

Rivera (2018), en su investigación titulada: "Evaluación del Manejo de Residuos Sólidos en el Hospital de Apoyo de la provincia de Junín según Norma Técnica del MINSA-DGSP, I semestre, 2018", concluye que, en el Hospital de Apoyo de la Provincia de Junín, produce los tipos de residuos sólidos que son: Residuos biocontaminados y representa el 73.20% un total de residuos sólidos generados en este centro de salud, el residuo especial de la Clase B genero un 1. 21% y la clase C que son los Residuos comunes que representan el 25. 59%. La cantidad de residuos sólidos que se genera en el hospital es un promedio de 88. 21 kg por día, así como los desechos biocontaminados de 64. 27 kg/día, residuos especiales de 1. 07 kg/día y residuos comunes 22. 57 kg/día.

Díaz y Romero (2016), en su investigación titulada: “Estrategias para mejorar la gestión de residuos sólidos hospitalarios, servicio de emergencia del Hospital regional docente Las Mercedes Chiclayo 2015”, Concluye que el personal que trabaja en el hospital reconoce el riesgo de trabajo debido al manejo inadecuado residuos, siendo el mayor riesgo de secreciones sanguíneas y biológicas, representó el 78% de los encuestados. Además, hay un 70% del personal que no identifica el contenedor para eliminar los desechos fijos y eliminar el 64% de la basura ordinaria, lo que contribuye que agreguen a los contenedores el material contaminado. El 60% del personal sano ignora el contenido de la norma técnica y el 72% no ha recibido capacitación en la administración de la basura sólida del hospital, lo que los hace más vulnerables debido a tener riesgos ocupados, enfermedades infecciosas.

2.2 BASE LEGAL

El Marco Normativo Ambiental General toma en cuenta las normas de todas las jerarquías y tiene como base fundamental la Constitución Política del Perú, la cual indica que toda persona tiene “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” (Art. 2°, inciso 22). La Legislación Peruana da a conocer la:

1. Ley N° 26842, Ley general de salud
2. Ley N° 26298, Ley de cementerios y servicios funerarios
3. Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos
4. Ley N° 27867, Ley orgánica de gobiernos regionales
5. Ley N° 27972, Ley orgánica de municipalidades
 - a) Resolución Ministerial N° 511-2004/MINSA, que aprueban la ficha Única de aviso de accidente de trabajo y su instructivo anexo.
 - b) Resolución Ministerial N°753-2004/MINSA, que aprueba la NT. N°020-MINSA/DGSP.V.01 Norma técnica de prevención y control de infecciones intrahospitalarias”.

- c) Resolución Ministerial N° 480-2008/MINSA, que aprueba la “Norma de Salud que establece el listado de enfermedades profesionales”.
- d) Resolución Ministerial N° 072-2008/MINSA, que modifica la norma técnica de salud NTS N°060-MINSA/DGSP-V02. “Norma técnica de
- e) salud para la acreditación de establecimiento de salud y servicios médicos de apoyo”.
- f) Resolución Ministerial N° 072-2008/MINSA, que aprueba la Norma técnica de salud N°073-2008-MINSA/DIGESA-V01. “Norma Técnica de Salud que Guía el Manejo de Residuos Sólidos por Segregado, Resolución Ministerial N° 072-2008/MINSA, que aprueba la Norma Técnica de Salud N° 366-2009/MINSA, que aprueba el “Plan nacional de vigilancia, prevención y control de infecciones intrahospitalarias de énfasis en la atención materno y neonatal 2009- 2012”.
- g) Resolución Ministerial N° 373-2010/MINSA, el documento técnico “Plan nacional de gestión de residuos sólidos en establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo a nivel nacional”2010-2012”.
- h) Resolución Ministerial N° 768-2010/MINSA, que aprueba el “Plan Nacional de Prevención de VHB, VIH Y TB por Riesgo Ocupacional”.
- i) Resolución Ministerial N° 546-2011/MINSA, que aprueba la “Norma Técnica de Salud N° 021-2011-MINSA/DGSP V.03 “Norma técnica de salud y categorías de establecimientos del sector salud”
- j) Norma Técnica de Salud -N°096 MINS/DIGESA V.01
- k) Norma Técnica de Salud N°199-MINSA/2018/DIGESA

2.3 BASES TEÓRICAS

Todo riesgo infeccioso y químico puede ser controlado mediante un adecuado manejo de los residuos hospitalarios. La recolección inadecuada, el transporte, el almacenamiento y la eliminación final de los desechos hospitalarios

pueden hacer que los empleados creen daños físicos graves y infecciones importantes que generalmente trabajan en hospitales, pacientes y comunidad. Por lo tanto, es necesario obedecer las disposiciones aplicables en cada unidad de servicio hospitalario. Los agentes orgánicos que tienen un mayor riesgo en general para los trabajadores son aquellos que tienen un camino de transmisión de aire debido a la mayor facilidad de contagio, y en particular la tuberculosis de la micro bacteria que junto con la baja eficiencia de la vacuna pueden causar mayor seriedad del daño (Julia, 2012).

El monitoreo ambiental es la acción de una entidad pública destinada a verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales de un administrador, es una persona física o jurídica de derecho público o privado. Incluye las acciones de control ambiental ejercidas por OEFA y EFA de acuerdo con sus habilidades y pueden entenderse en un sentido amplio y en un sentido estricto. (OEFA ,2014).

La entidad de apoyo a los medios: EFA, es una entidad pública, regional o local que se asignó o todas las acciones de control ambiental, en un amplio sentido. Excepto, y de acuerdo con la oferta legal, se puede considerar la EFA esa línea de la línea de participación, que es capaz de cumplir las funciones de control y fiscalización ambiental. (OEFA,2014).

2.3.1 La clasificación de los residuos sólidos

La clasificación de desechos originada en las instalaciones de salud, según su naturaleza y sus riesgos asociados establecidos por el Ministerio de Salud. Indica que cualquier material contaminado de salud debe considerarse un remanente peligro en el momento en que se desecha por su utilidad o su gestión clínica presenta un riesgo asociado (Marco Antonio y Cerna ,2017).

Clase A: Residuos Biocontaminados ,estos residuos son generados en los establecimientos de salud que realizan investigaciones y que están contaminados por agentes infecciosos, o que presentan concentraciones de

microorganismos que son posibles riesgos para la persona en contacto con estos residuos. (NTS-MINSA, 2012). Se clasifican de la siguiente manera:

Tipo A.1: Por la atención al Paciente “Residuos sólidos contaminados o en contacto con secreciones, excreciones y otros líquidos orgánicos generados en consultas, son incluidos los restos de alimentos y bebidas e instrumentos médicos disponibles.

Tipo A.2: Residuos Biológicos “Compuestos por cultivos, inóculos, muestras biológicas, mezclas de microorganismos y medios de cultivo inoculados generados en el laboratorio clínico o de investigación”, así como vacunas expiradas o no fueron usadas, filtros de polvo de polvo de aire contaminados por residuos infecciosos y residuos biocontaminados. También incluye productos biológicos caducados, dañados o utilizados que fueron dados de baja, de acuerdo con el procedimiento administrativo actual vigente (MINSA ,2012).

Tipo A.3: Residuos conteniendo sangre humana y hemoderivados. Este grupo consta de materiales o bolsas con contenido como muestras de sangre para análisis, suero, plasma y otros subproductos o hemoderivados, con un período expirado o utilizado. (MINSA, 2012).

Clase B: Residuos Especiales. Son aquellos residuos peligrosos generados con características físicas y químicas de potencial peligro por ser corrosivo, inflamable, tóxico, explosivo y reactivo para la persona expuesta. Los residuos especiales generados en el Centro Médico, presentan la siguiente clasificación: (MINSA, 2012).

Tipo B.1: Residuos tóxicos “Recipientes o materiales contaminados por sustancias o productos químicos con características tóxicas, corrosivas, inflamables, explosivos, reactivas, genotóxicos o mutagénicos; tales como productos farmacéuticos (quimioterápicos), productos químicos no utilizados; plaguicidas vencidos o no rotulados, solventes, ácidos y bases fuertes, ácido crómico (usado en limpieza de vidrios de laboratorio), mercurio de termómetros,

soluciones para revelado de radiografías, aceites lubricantes usados, recipientes con derivados del petróleo, tóner, pilas, entre otros” (MINSA,2012).

Tipo B.2: Residuos Farmacéuticos parcialmente utilizados, deteriorados, sellados, contaminados que dan como resultado de la investigación en enfermería y médicos, que se encuentran en EESS. En casos de fármacos vencidos, se da de baja o se elimina. (MINSA, 2012).

Tipo B.3: Residuos radioactivos “compuestos por materiales radiactivos o contaminados con radioisótopos, laboratorios de investigación química y biológica; de análisis clínicos y servicios de medicina nuclear. Estos materiales son normalmente sólidos o pueden ser materiales contaminados con fluidos radiactivos (jeringas, toallas de papel, botellas, secreciones, entre otros). (MINSA ,2012).

Clase C: Residuos comunes “Se denominan a los residuos que no fueron manipulados por el paciente. En esta clase, se tiene, los residuos que fueron utilizados en las diversas áreas como: administración, limpieza de jardines, patios, áreas públicas, residuos de alimentos en la cocina, etc. Así como todos los materiales que no pueden clasificarse en categorías A y B. Los residuos comunes generado en el centro médico son los siguientes: (Canahuire, 2016)

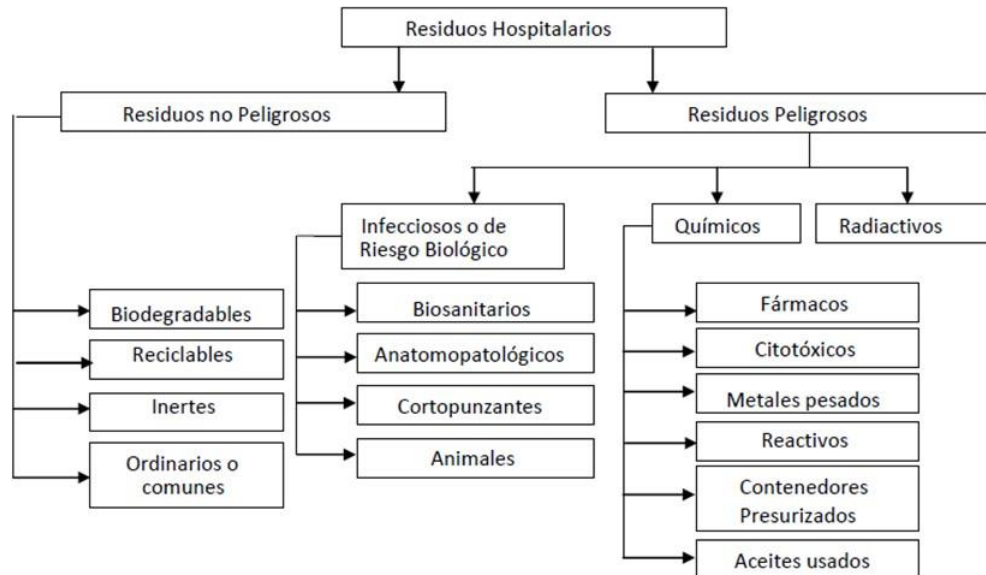
Tipo C 1: “Se encuentran los papeles del área administrativa, que no se encuentren en contacto directo con el paciente y que no estén contaminados, como: cartón, cajas, insumos y otros generados por mantenimiento y tengan codificación patrimonial susceptibles de reciclaje” (Canahuire, 2016).

Tipo C 2: “Vidrio, madera, plásticos, metales, otros que no hayan estado en contacto directo con el paciente, contaminados, susceptibles de reciclaje” (MINSA ,2012).

Tipo C 3: “Restos de alimentos y poda de jardines/áreas verdes” (Canahuire ,2016)

Figura 1

Clasificación de residuos hospitalarios



Nota: Adaptado en base de Paredes (2011).

2.3.2 La Desinfección

Se denomina desinfección a un proceso que mata o erradica los microorganismos patógenos que se encuentren en los residuos infecciosos. Este proceso es diferente de la esterilización en la que este último implica la destrucción de todos los microorganismos presentes. La desinfección se puede lograr mediante procesos químicos y térmicos, por microondas o irradiación. Dependiendo del tipo de desinfección y eficiencia, los residuos bioinfecciosos pierden su peligro y se pueden tratar como residuos comunes (Blanco y Briceño, 2005).

2.3.3 Principios para la selección del tipo de tratamiento

Para la selección del tratamiento adecuado de los residuos peligrosos, se debe considerar lo siguiente:

- Efectos ambientales
- Costo, tiempo de instalación de equipos.
- Entradas de la operación del equipo.

- Número de horas de uso diarias del sistema (dependiendo de la cantidad de caída establecida, que se trata).
- Costos funcionales y de cuidado, dependiendo del número de horas.
- Factores para determinar las horas de operación para cubrir cualquier eventualización con parálisis de la operación.
- Factores de seguridad personal (mínimo o sin exposición del personal para manejar la basura y el equipo de biocontaminación).
- Requisitos reglamentarios y los permisos requeridos para la opción práctica.
- Existencia de soporte técnico a nivel nacional para mantenimiento y capacitación. correspondientes (MINSA/DIGESA ,2018).

2.3.4 Selección de tratamiento

Para seleccionar el tratamiento adecuado de desechos, se debe considerar, los siguientes aspectos:

- Condiciones específicas que pueden causar accidentes de operación o bajo rendimiento.
- Condiciones futuras y los cambios potenciales, como los relacionados con los estándares.
- Actitudes de oposición pública potencial para procesar o eliminar estos residuos.
- Se recomienda que la tecnología elegida para el tratamiento no genere ningún tipo de gas o fluidos contaminados durante el proceso de procesamiento. (MINSA/DIGESA, 2018).

2.3.5 Métodos de tratamiento de los residuos

Los sistemas de tratamiento dados en este diseño son apropiados, para dar un tratamiento a los desechos biocontaminados (por medio de diferentes procedimientos de desinfección), mientras que la incineración es adecuada para

los bioinfecciosos y ciertos tipos de residuos químicos. En cualquier caso, estos sistemas se utilizan para tratar los residuos radiactivos. (Blanco y Briceño, 2005).

La solución más apropiada sería establecer una planta para el tratamiento de RSH para satisfacer las necesidades de la salud de los centros hospitalarios de la ciudad. En ese caso los beneficios son:

- Reducción de la cantidad de contaminantes posibles.
- Menor cantidad requerida de personal especializado.
- Reducir los costos operativos

La instalación va de acuerdo a las normas existentes, apoyo económico y mejora para el Municipio (Blanco y Briceño, 2005).

Actualmente los sistemas de tratamiento más conocidos para los RSH son:

- a) Enterramiento controlado (relleno sanitario)
- b) Incineración
- c) Esterilización por autoclave
- d) Hydroclave
- e) Desinfección por microondas.
- f) Otras alternativas/métodos (MINSA ,2004).

Enterramiento Controlado (Relleno Sanitario)

Es el método en el que se entierra los residuos en el suelo del relleno sanitario, utilizando celdas de confinamiento y de seguridad.

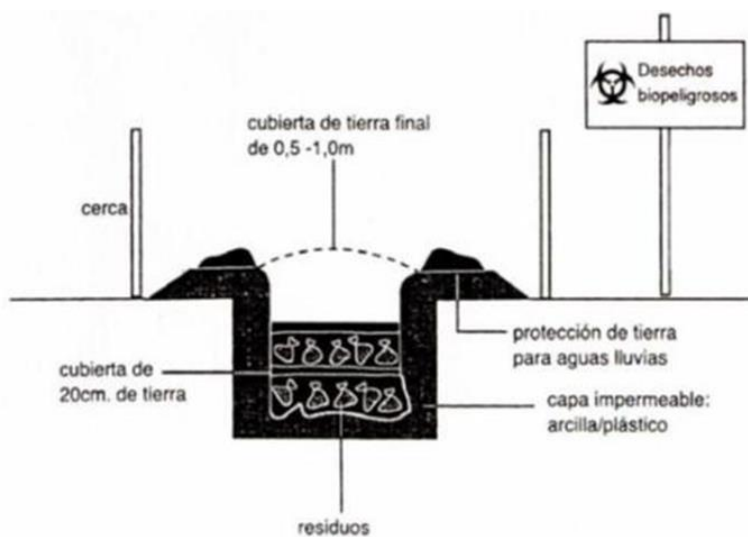
Funcionamiento: Se caracteriza por presentar una técnica para la disposición final de los residuos sólidos del hospital y se colocaran en el suelo, sin causar lesiones en el ambiente y que no sean un peligro para la salud y la seguridad pública, este método se caracteriza por utilizar principios de ingeniería, para limitar los desechos en el área más baja posible, reduciendo así su volumen al mínimo porcentaje posible, para cubrir los residuos depositados, con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, al menos al final de cada día.

La técnica es una técnica manual que requiere: la marca de agua de la base, la cerca perimétrica, la señalización y los signos informales. (MINSA ,2004).

Aspectos técnico-operativos: El entierro controlado debe contemplar las medidas tecnológicas para construir y mantener los vertederos. Se identifica y se define un área aislada para el área de entierro controlada en áreas donde no hay tráfico de personas, animales o vehículos, eliminación de características impermeables, permitiendo que las células confinantes residuales y hagan a los fuertes a una cierta profundidad. La gestión del establecimiento de salud se asegurará de que los EPSRS responsables de la disposición final en el entierro controlados tengan la aprobación y registros proporcionadas por la gestión y los municipios que correspondan (MINSA ,1998).

Figura 2

Diagrama de Enterramiento Controlado



Nota: MINSA (2004)

Tratamiento con autoclave

Es el proceso de tratamiento que utiliza un vapor saturado en una habitación, dentro de los cuales los residuos se someten a temperaturas altas con el propósito de eliminar los agentes patógenos que se encuentran presentes en los desechos. En este tipo de tratamiento, la temperatura, el tiempo y la presión son los parámetros fundamentales. El vapor ingresa a la cámara hasta

que se logre la temperatura requerida. La temperatura de funcionamiento debe tener una T° de 135 ° C a 137 ° C, durante al menos 30 minutos, el vapor adicional inyecta automáticamente la cámara para mantener la temperatura a lo largo del tiempo establecido (MINSA, 2004).

Ventajas y desventajas de las autoclaves: Una de las características de las Autoclaves indica que es una tecnología probada, con pesquisas detallada sobre sus exitosos resultados. La tecnología es fácil de aplicar y es aceptada rápidamente por los operarios que, lo manipulan y el personal. Fue aprobado como una alternativa tecnológica en muchos países. Los parámetros y la temperatura de procesamiento están bien establecidos para alcanzar un alto nivel de esterilización. Las autoclaves están disponibles en una variedad de tamaños y habilidades para lidiar con varias toneladas de desechos por hora de varios kilogramos. Si tiene precauciones para evitar la introducción de productos químicos peligrosos, sus emisiones son mínimas. El costo del capital es relativamente bajo en comparación con otras tecnologías contrarias a la combustión. Los fabricantes ofrecen muchas posibilidades, incluidas las autoclaves controladas por computadora, con diferentes parámetros y grabaciones de procesamiento, así como dispositivos complementarios para el transporte y desechos de trituración (MINSA, 2004).

Desventajas

Como desventajas se tiene que:

- La tecnología lo vuelve a residuos irreconocibles o reduce el volumen de residuos tratados a menos que sean confiables más adelante.
- Se generan olores dañinos que se minimizan con un manejo adecuado del equipo.
- Si se introducen sustancias peligrosas, como formaldehído, fenol, mercurio, residuos químicos, podrían generar en el medio ambiente residuos de aire, agua.

- Si la autoclave no tiene la capacidad de producir un secado de los residuos tratados, pueden volverse más pesados.
- La efectividad de la descontaminación puede verse afectada si hay una existe un ingreso de aire inadecuada, en el caso de ingreso de muchos residuos, presentan una conductividad térmica muy baja o están en contenedores herméticamente sellados. (MINSA, 2004).

Recomendaciones para la operación eficiente de autoclaves

De acuerdo con las determinaciones técnicas del equipo, se indica la carga de residuos y el tipo de ingreso, para lograr la máxima efectividad de la desinfección que utiliza una mortalidad de 6 log₁₀ de esporas bacterianas, como *StearotherMophilus* o *B. Subtilis* así como un control de esterilidad. Los operadores deben realizar un control a los tratamientos para definir que las condiciones óptimas que se usan de forma rutinaria y si es necesario, aumente el tiempo de tratamiento y las temperaturas para aumentar el margen seguro. La frecuencia de los controles biológicos es trimestral. Tienda de registros de pruebas con indicadores químicos o biológicos verticales, perfiles, tiempo y temperatura, actividades de mantenimiento y inspecciones periódicas (MINSA ,2004).

Tratamiento por incineración

Descripción del funcionamiento

El proceso de calcinación convierte a las sustancias de material orgánico en materiales inertes (cenizas) y gases. El sistema garantiza la eliminación de los agentes patógenos y alcanza una reducción física significativa, y por peso y volumen (MINSA 2004). Este método se utiliza para dar un tratamiento a los residuos de clase A y Clase B (excepto los desechos radiactivos), reduciendo el volumen al 90% para que no sean reconocibles e inertes. Los incinerados deben tener una cámara doble: primaria, las temperaturas alcanzan 600 ° C y 850 ° C; y con una sala secundaria con temperaturas de más de 1, 200 ° C; al filtro y el disco de gas. (MINSA, 2004).

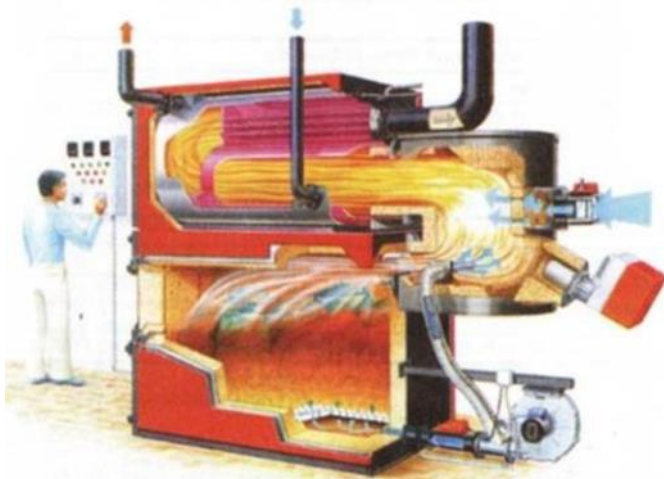
Especificaciones técnicas del equipo: Los incineradores pirolíticos presentan una cámara de acero primaria con resistencia a altas temperaturas; Esta cámara tiene está recubierta con materiales refractarios cuyo propósito es mantener el calor generado por los quemadores. Los quemadores consisten en una boquilla en la que el combustible se pulveriza en una mezcla con presión de aire, que aleación de una chispa generada por una parte del sistema eléctrico del dispositivo

La cámara secundaria, más pequeña que la primera, consiste en una estructura de acero recubierta con material refractario, que soporta temperaturas más altas.

En esta cámara, el producto de gas de combustión de residuos se quema por un quemador adicional. La temperatura accesible es mayor que 1200 ° C. (MINSAs, 2004) (Paredes, 2011).

Figura 3

Modelo de Incinerador de doble cámara convencional



Nota : (MINSAs 2004).

Tratamiento por microondas Descripción del funcionamiento:

El funcionamiento para este método se realiza con una radiación electromagnética de la longitud de onda corta a una frecuencia característica. Esta energía irradiada de la frecuencia esta influenciada exclusivamente en las

moléculas de agua que contienen sustancia orgánica, lo que causa la variación de sus niveles de energía causada por vibraciones de alta frecuencia, las moléculas de agua que especifican con cualquier otra fricción y producen calor al levantar la temperatura. De la temperatura causada por la desinfección de desechos (paredes, 2011). El uso de esta tecnología indica la manipulación y la trituración preventiva de los residuos incontaminados para mejorar la eficiencia del tratamiento; A continuación, el material se inyecta vapor de agua transportado automáticamente a la cámara de tratamiento, cada partícula está expuesta a una serie de generadores de microondas convencionales que producen el efecto mencionado anteriormente. (Paredes ,2011).

Especificaciones técnicas del equipo

El equipo consiste en: el sistema de carga automático, la unidad de trituración, los generadores de microondas y el transporte. El sistema de carga automático eleva una basura fija en una cámara en la parte superior del dispositivo, donde la caída se tritura previamente al proceso para tener una masa homogénea de basura (paredes, 2011). Estos se irradian con salarios de alta frecuencia durante 30 minutos. Las temperaturas de funcionamiento son de 95 ° C. (Paredes, 2011).

Aspectos técnico - operativos

Este tipo de tratamiento reduce los volúmenes de residuos incontaminados por medio de una trituradora del 60%. Sin embargo, la ausencia de emisiones peligrosas podría liberarse de la cámara de tratamiento de material volátil durante la operación. Hay una ausencia de descargas de líquidos y el producto final es irreconocible. En conclusión, los resultados que ofrecen son el impacto ambiental del tratamiento relativamente bajo. (Paredes, 2011).

Una desventaja, cuenta con una complejidad operativa, que requiere una trituradora y una batería de generadores de microondas, una elevación, un transportador final y una demanda de energía eléctrica (60 kW para un tratamiento de 100 kg/hora). En este caso los parámetros que deben

considerarse para este tipo de tratamiento son la temperatura, la presión y el tiempo para garantizar la esterilización completa de los residuos incontaminados. Los parámetros corregidos de acuerdo con las propiedades operativas y los tipos de patógenos que desea eliminar. Este método requiere un alto nivel de inversión económica para los costos de instalación, operación y mantenimiento. Que es solo su implementación en las instalaciones de salud del país (Paredes ,2011).

Figura 4

Desinfección por microondas para el tratamiento de residuos sólidos Hospitalarios



Nota: MINSA (1998).

Otras alternativas de tratamientos

Desinfección química. Durante años, la desinfección química se ha utilizado en servicios de salud. Usando estos sistemas, se consideran otros factores que pueden afectar la desinfección, como el pH, la temperatura y la presencia de otros productos químicos. De manera similar, se deben adoptar medidas de higiene y seguridad para proteger a los operadores durante los procesos de desinfección, lo que garantiza que los desagües de aguas residuales resultantes cumplan con las disposiciones reglamentarias aplicables. La desinfección causada por el uso de germicidas como el amonio cuaternario, el formaldehído, el glutaraldehído, los yodoforos, el yodopovidona, el peróxido de hidrógeno, el hipoclorito sodio y el calcio, entre otras cosas, en las condiciones, el medio ambiente y la salud humana no causan efectos negativos. (Paredes, 2011).

Tecnologías de desinfección sin cloro. Existen una variedad de sistemas de desinfección química que no utilizan cloro y pueden mantener los desechos sin cambios físicos o que cambian sus características físicas y químicas, que tienen la ventaja de no generar dioxinas u otros subproductos no intencionales que contienen cloro; las especificaciones de gestión son variables con el tipo usado, así como la clase de residuos (Gamarra y Vargas, 2017).

Nueva alternativa

a) Desinfección en hornos secos. El uso de hornos de aire seco para esterilizar los materiales y placas para las placas utilizadas en los consultorios médicos es tradicional y se ha extendido al tratamiento de residuos biológicos-infecciosos. Los tipos de residuos tratados con aire caliente de alta velocidad son los mismos que los tratados en autoclaves y hornos de microondas: (MINSA ,1998):

- Cultivos y cepas; Punzocortantes;
- Material contaminado con sangre y cantidades limitadas de fluidos;
- Residuos de laboratorio (excluyendo residuos químicos);
- Residuos blandos (como gasa, vendajes, conchas, hojas, etc.) de la atención al paciente.
- Residuos anatómicos humanos (siempre que no haya razones éticas, legales, culturales u otras que lo impidan y apliquen tiempos y temperaturas adecuadas (MINSA,1998)

Disposición final

Son los procesos para tratar y descartar los residuos sólidos en un lugar como la última fase de manejo permanente, sanitario y ecológico. El diseño final de basura fija tratada previamente se debe llevar a cabo en una infraestructura de desacuerdo definitiva (Rivera, 2018).

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Rellenos de seguridad: Infraestructura y/o instalación de seguridad que pueden contener residuos peligrosos para la salud de la población y el medio ambiente. También para la superficie e interior del suelo (OEFA, 2014).

Relleno sanitario: Instalación de seguridad de los residuos y salud ambientales en la superficie o el subsuelo, basado en los principios y métodos e ingeniería ambiental (MINSA/DIGESA, 2018).

Disposición final: Etapa donde se trata los residuos sólidos, se llevan a un relleno sanitario registrado y autorizado, que debe estar adecuadamente equipado y operativo para que pueda descartarse los residuos sanitarios y ecológicos (MINSA, 2012).

Botaderos: Los desechos sólidos se liberan sin usar un método de almacenamiento especial que evita la contaminación. En muchos casos, los lugares de reciclaje son invadidos para buscar objetos para reciclar y vender (Berrocal, 2009).

Contaminante: Se llama contaminantes a las sustancias puras o compuestas cuya presencia en el medio ambiente que funcionan o actúan en la atmósfera, el agua, el suelo, la flora, la fauna o en el elemento natural o cambie su composición y condición natural (Anon, 2011).

Residuos Peligrosos: Estos tipos de residuos son considerados como fuentes de riesgo para el medio ambiente y la salud pública. Estos desechos son generados a partir de actividades industriales, agrícolas, de servicios, como de actividades domésticas, las cuales constituyen un tema ambiental de gran importancia, en razón de su volumen, que cada vez va en aumento, como consecuencia del proceso de desarrollo económico (Gamarra y Vargas, 2017).

Residuos sólidos hospitalarios: Estos residuos son generados en procesos y actividades para la atención médica en establecimientos, son las sustancias, materiales o subproductos sólidos, líquidos o gaseosos, generados por una tarea productiva resultante de la actividad ejercida por el generador (Yance, 2015).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental porque la investigación se realizó sin manipulación deliberadamente variable, es decir, estos son estudios en los que las variables no varían intencionalmente para ver el efecto en otras variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo transversal y longitudinal porque se pretende medir o recoger información sin alterar o manipular de alguna manera en los generadores de residuos sólidos hospitalarios, la variable con la recolección de datos (las encuestas) se dará en un solo momento en un tiempo único y los datos sobre los residuos hospitalarios será de forma anual, con un propósito de describir las variables y analizar posteriormente según corresponda (Hernández et al., 2014).

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

La población estuvo conformada por la red asistencial de salud de Tacna, que engloba a los centros de salud que pertenece a la Microred Metropolitana, Cono norte y Cono sur. Las microrredes consideradas en este estudio de investigación se muestran en la Tabla 1 y la población de estudio está conformada por los profesionales que laboran en los centros de salud y se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1
Micro redes involucradas

Microrredes	Centros de salud
MICRORRED METROPOLITANA	C.S. BOLOGNESI
	P.S. HABITAT
	P.S. JESÚS MARIA
	C.S. AUGUSTO B. LEGUIA
	C.S. LEONCIO PRADO
	C.S. METROPOLITANO
	C.S. LA NATIVIDAD
	P.S. RAMON COPAJA
MICRORRED CONONORTE	C.S. ALTO DE LA ALIANZA
	P.S. CIUDAD NUEVA
	P.S. CONO NORTE
	P.S. INTIORKO
	P.S. JUAN VELASCO A.
	C.S. LA ESPERANZA
MICRORRED CONO SUR	P.S. 5 DE NOVIEMBRE
	P.S. LAS BEGONIAS
	C.S. SAN FRANCISCO
	P.S. VIÑANI

Nota: Dirección Regional de Salud

3.2.2 Muestra

La muestra está conformada por dos tipos de contextos, a saber:

- a) Muestra de residuos hospitalarios para su caracterización y cuantificación que conlleve a dar a conocer una propuesta de construcción de una planta de tratamiento de estos residuos en Tacna.
- b) Muestra para determinar la percepción que tienen todos los profesionales de la salud que trabajan en los centros hospitalarios considerados.

Muestra de residuos para caracterización y cuantificación

Por las características y denominación de estos residuos que se generan en los centros de salud que son denominados, residuos hospitalarios peligrosos, no ha sido posible muestrear estos, debido que no se tuvo permiso para tomar muestras para su caracterización, por lo que se ha optado a tomar datos de los reportes de cada centro hospitalario de las microrredes, que fue proporcionado.

Muestra para determinar la percepción

En la presente investigación se tomó una muestra de los establecimientos de salud de la Microrred de la Ciudad de Tacna, debido a que el total de trabajadores es de 674 profesionales (ver Tabla 1), de los que se realizó un muestreo aleatorio entre los profesionales de salud, como médicos, enfermeros, biólogos, obstetras, etc. Para determinar el tamaño de muestra (n), se realizó un muestreo aleatorio probabilístico para determinar la muestra tomada del universo dado en la Tabla 2, tomando como método la encuesta y el instrumento el cuestionario debidamente validado

Tabla 2
Población a estudiar

	Característica	Trabajadores
<i>PROFESIONALES</i>	<i>Médico</i>	118
	<i>Enfermero</i>	105
	<i>Obstetras</i>	69
	<i>odontólogo</i>	45
	<i>Otros Prof. Salud</i>	73
<i>TÉCNICOS</i>	Sub.total	410
	<i>Técnicos Enfermería</i>	160
	<i>Otros Técnicos</i>	104
	Sub-Total	264
	Total	674

Nota: Información del Ministerio de Salud, 2019.

Según la fórmula de determinación del tamaño de la muestra probabilística mencionada por de López-Roldán y Fachelli (2015) indican que se puede usar la siguiente formula, para una media poblacional:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q} \quad [1]$$

Donde:

N = población	674,00
Z = 1,96 (95% confianza estadística)	1,96
p = q = 0,5 (probabilidad de éxito y/o fracaso) 5%	0,50
E = 0,07 (error)	0,07

$$n = \frac{1,69^2 * 0,50 * 0,50 * 674,00}{0,07^2 * (674,00 - 1) + 1,69^2 * 0,50 * 674,00}$$

$$n = 152,01 \cong 152$$

Y por recomendación se agrega una cantidad adicional de 10 profesionales, por lo tanto, el tamaño de la muestra es de 162 profesionales de la salud a encuestar. Es decir:

N = 162 profesionales de la salud.

3.3 Variables y operacionalización de variables e indicadores

3.3.1 Variable

Variable independiente

Propuesta de instalación de planta de tratamiento de RSH

Variable dependiente

Reducción de la contaminación

3.3.2 Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables de este estudio de investigación se muestra a continuación.

Operacionalización de la variable independiente

Definición	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala
Instalación de Planta de Tratamiento. es una propuesta para solucionar la contaminación	Propuesta de instalación	Material tratado	t	Razón
		Disminución de contaminación	Escala	Razón

Operacionalización de la variable dependiente

Definición	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Razón
Reducción de la Contaminación: Eliminar los diversos tipos de contaminantes en los residuos hospitalarios	Ambiental.	Cantidad de residuo hospitalario eliminado adecuadamente	t	Razón

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS

A. Frecuencia de horario de obtención de datos

Primero se coordinó con los profesionales encargados y posteriormente se hizo una visita para la recolección de información, mediante la técnica de entrevista con especialistas, se entrevistó a expertos en el tema de residuos hospitalarios para recabar información acerca de los métodos de tratamiento de residuos y registro de datos en los centros de salud que se encuentran dentro de las micro redes en estudio, y la búsqueda de información sobre la generación de residuos sólidos peligrosos, se obtuvo el informe anual de generación de residuos hospitalarios de los establecimientos de salud.

Además, la situación de gestión actual se exploró a los residuos hospitalarios, y los santuarios internos y externos, también a la empresa prestadora de servicios DISAL presente en la ciudad de Tacna.

B. Descripción detallada del material

La técnica aplicada es la encuesta que se realizó (anexo 2), con el fin de obtener respuestas e interrogantes planteadas en el presente trabajo de investigación, estos fueron dados en formularios impresos, diseñados de manera adecuada, en la cual permita recoger la información escrita sobre la situación del manejo de residuos sólidos peligrosos.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos de las encuestas realizadas en el lugar de estudio, se trabajaron en el software office trial (Excel) para agruparlos y procesarlos y lograr una mejor comprensión con figuras, para luego proceder al análisis propiamente dicho por medio de medidas de frecuencia relativas (proporciones y porcentajes) y de tendencia central (promedios) (Hernández, 2001) y el Software Infostat para la prueba estadística de los datos

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 CUESTIONARIO APLICADO AL PERSONAL DE LA MICRORRED METROPOLITANO

El cuestionario se realizó a 162 trabajadores de las Centros de salud correspondientes a la Microrred metropolitana, Cono sur y Cono norte, dentro de ellos: Médicos, enfermeros y personal de salud. El mismo que se les realizó 8 preguntas (ver anexo 3), que a continuación se detalla con el desarrollo del cuestionario, como se observa desde la tabla 3 hasta la 9 y desde la figura 5 al 12, tal como se presenta a continuación.

Pregunta 1

¿Los residuos sólidos hospitalarios se deben caracterizar?

Objetivo: Caracterizar los residuos sólidos hospitalarios para determinar su tratamiento.

El resultado de la pregunta 1 se muestra en la tabla 3 y en la figura 5.

Tabla 3

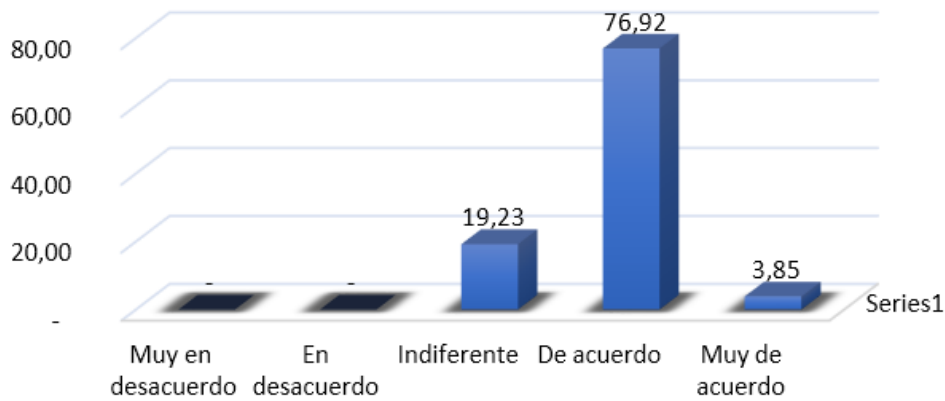
Los residuos sólidos hospitalarios se deben caracterizar

Categoría	N°	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
Indiferente	31	19,23
De acuerdo	125	76,92
Muy de acuerdo	6	3,85
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta , 2019

Figura 5

Los residuos sólidos hospitalarios se deben caracterizar



Nota: Información de la Encuesta ,2019

Según la Tabla 3 se puede observar que el mayor porcentaje de encuestados, es decir el 76,92 % está de acuerdo y un 3,85 % está muy de acuerdo que se debe caracterizar los residuos sólidos hospitalarios, mientras que el 19,23 % de encuestados son indiferentes o no están instruidos en la peligrosidad de los residuos que manipulan.

Pregunta 2

¿Se puede aprovechar los residuos sólidos hospitalarios?

Objetivo: Aprovechamiento de los residuos sólidos hospitalarios para la disminución de la contaminación.

El resultado de la pregunta 2 se muestra en la Tabla 4 y en la Figura 6.

Tabla 4

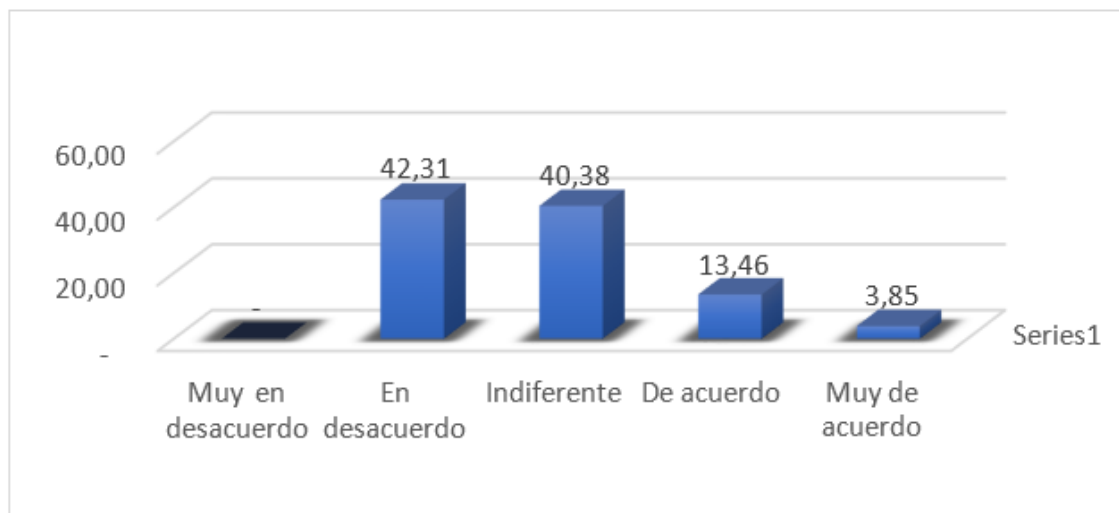
¿Se pueden aprovechar los residuos sólidos hospitalarios?

Categoría	Nº	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	69	42,31
Indiferente	65	40,38
De acuerdo	22	13,46
Muy de acuerdo	6	3,85
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta ,2019

Figura 6

Se pueden aprovechar los residuos sólidos



Nota: Información de la Encuesta ,2019

Según la Tabla 4, se puede observar que el 42,31 % se encuentra en desacuerdo, mientras que el 40,38 % son indiferentes en el reusó de los residuos sólidos peligrosos contra un 13,45 % que está de acuerdo y un 3,85 %, indicaron que están muy de acuerdo.

Pregunta 3

¿Recibe charlas sobre el manejo de residuos sólidos hospitalarios?

Objetivo: Recibir charlas para el manejo adecuado de los residuos sólidos hospitalarios. El resultado de la pregunta 3 se muestra en el Tabla 5 y en la Figura 7.

Tabla 5

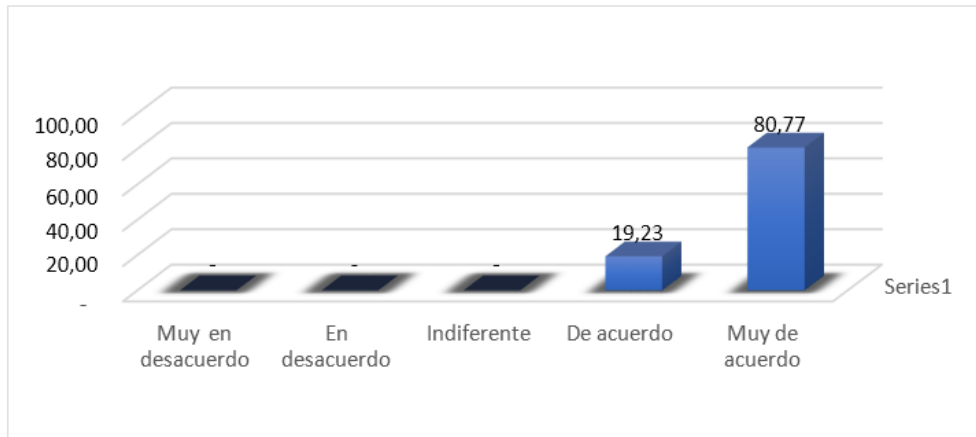
¿Recibe charlas sobre el manejo de residuos sólidos hospitalarios?

Categoría	N°	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
Indiferente	0	0
De acuerdo	31	19,23
Muy de acuerdo	131	80,77
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta ,2019

Figura 7

Recibir charlas sobre manejo de residuos sólidos hospitalarios



Nota: Información de la Encuesta ,2019

En la Tabla 5 se puede observar que el 19,23 % de los encuestados da como respuesta que está de acuerdo, con un alto porcentaje de 80,77 %, los encuestados afirmaron estar muy de acuerdo que se deben brindar charlas sobre el manejo de los residuos sólidos peligrosos en las entidades de salud.

Pregunta 4

¿Realiza un manejo adecuado de residuos sólidos hospitalarios?

Objetivo: Realizar un manejo adecuado de los residuos sólidos hospitalarios para determinar su tratamiento. El resultado de la pregunta 4 se muestra en la Tabla 6 y en la Figura 8.

Tabla 6

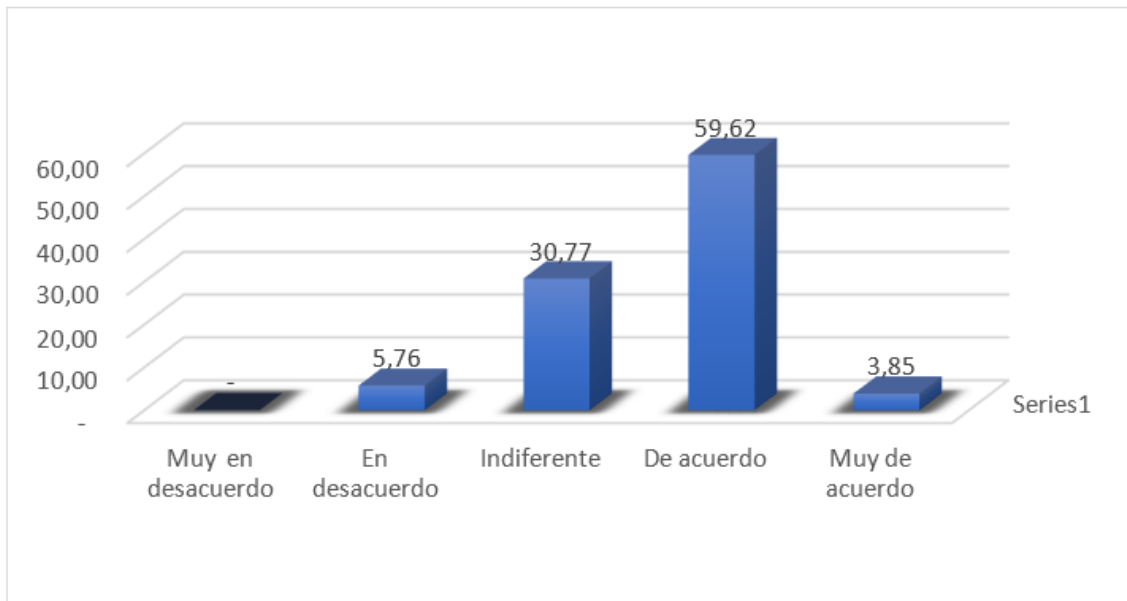
Manejo adecuado de residuos sólidos hospitalarios

Categoría	N°	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	9	5,76
Indiferente	50	30,77
De acuerdo	97	59,62
Muy de acuerdo	6	3,85
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta, 2019

Figura 8

Manejo adecuado de residuos sólidos hospitalarios



Nota: Información de la Encuesta ,2019

Según la Tabla 6 se puede observar que el mayor porcentaje constituido por el 59,62 % de los encuestados manifestaron que están de acuerdo y un 30,77 % son indiferentes, mientras que con el 5,76 % se encuentran en desacuerdo y un 3,85 % están muy de acuerdo en relación que realiza un manejo adecuado de los residuos sólidos hospitalarios. Necesita que se les capacite a todos en el manejo de estos residuos.

Pregunta 5

¿Los residuos sólidos hospitalarios contaminan el ambiente?

Objetivo: Determinar si los residuos sólidos hospitalarios contaminan el ambiente. El resultado de la pregunta 5 se muestra en la Tabla 7 y en la Figura 9.

Tabla 7

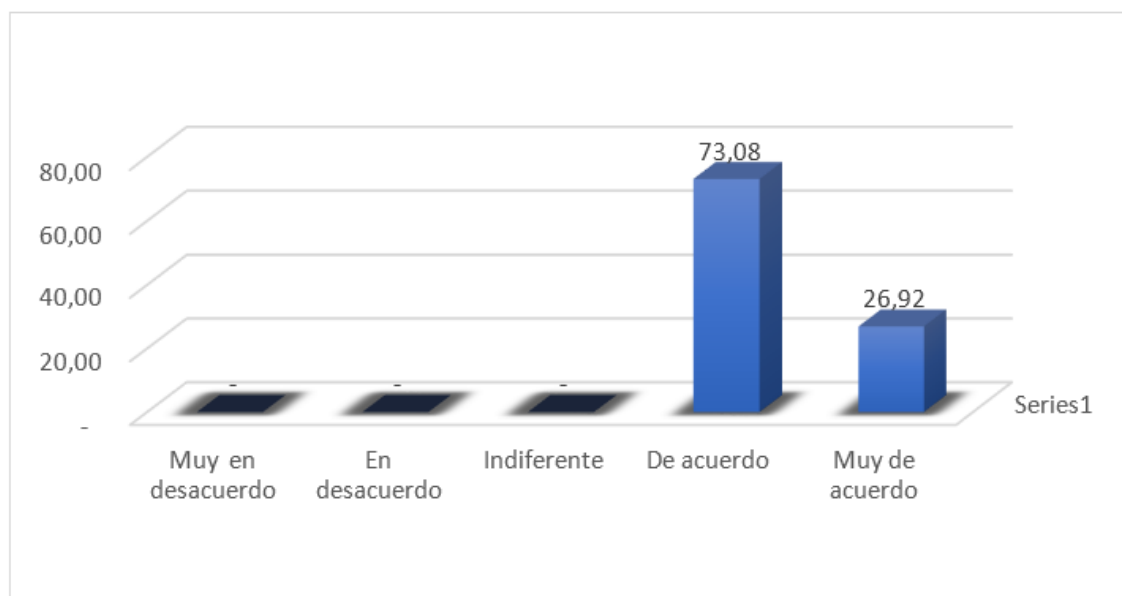
Los residuos sólidos hospitalarios, contaminan el ambiente

Categoría	N°	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo		0
Indiferente	0	0
De acuerdo	118	73,08
Muy de acuerdo	44	26,92
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta ,2019

Figura 9

Los residuos sólidos hospitalarios contaminan el ambiente



Nota: Información de la Encuesta ,2019

Según la Tabla 7 se puede observar que, en un mayor porcentaje, es decir, el 73,08 % de los encuestados está de acuerdo que los residuos hospitalarios contaminan el ambiente, mientras que el 26,92 % indican que están muy de acuerdo en que estos residuos peligrosos causan un daño al ambiente.

Pregunta 6

¿Con el tratamiento adecuado de los residuos sólidos hospitalarios se contribuye a la disminución de la contaminación ambiental?

Objetivo: Tratamiento adecuado de los residuos sólidos hospitalarios contribuye a la disminución de la contaminación ambiental. El resultado de la pregunta 6 se muestra en la Tabla 8 y en la Figura 10.

Tabla 8

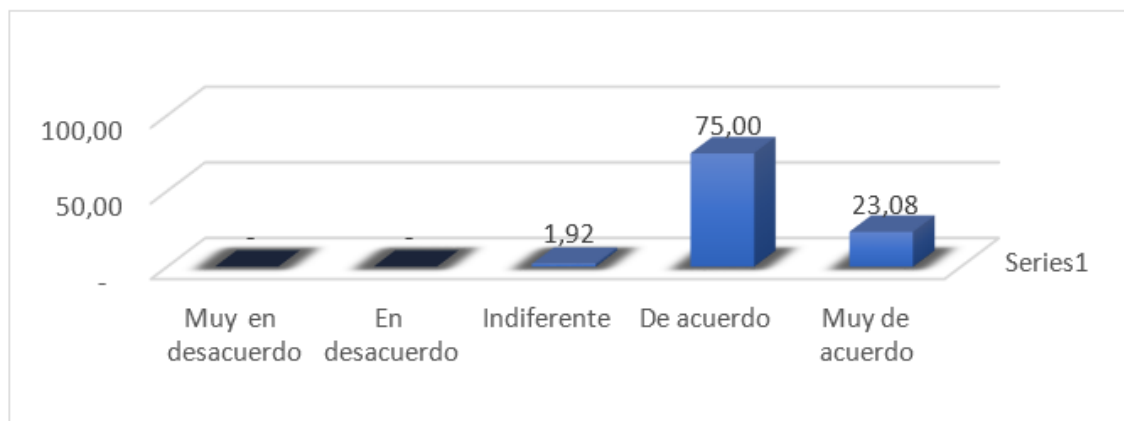
¿El tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios contribuye a la disminución de a la contaminación ambiental?

Categoría	N°	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
Indiferente	3	1,92
De acuerdo	122	75,00
Muy de acuerdo	37	23,08
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta ,2019

Figura 10

Tratamiento de los residuos hospitalarios contribuye a la disminución a la contaminación ambiental



Nota: Información de la Encuesta ,2019

Según la Tabla 8 se puede apreciar, que un alto porcentaje de los encuestados es decir el 75,00 %, está de acuerdo y un 23,08 % de encuestados menciona que están muy de acuerdo que el tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios contribuye en la disminución de la contaminación ambiental y un menor porcentaje de un 1,92 % es conocer indiferente a la pregunta dada.

Pregunta 7

¿Los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación?

Objetivo: Determinar si los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación. El resultado de la pregunta 7 se muestra en la Tabla 9 y en la Figura 11.

Tabla 9

¿Los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación?

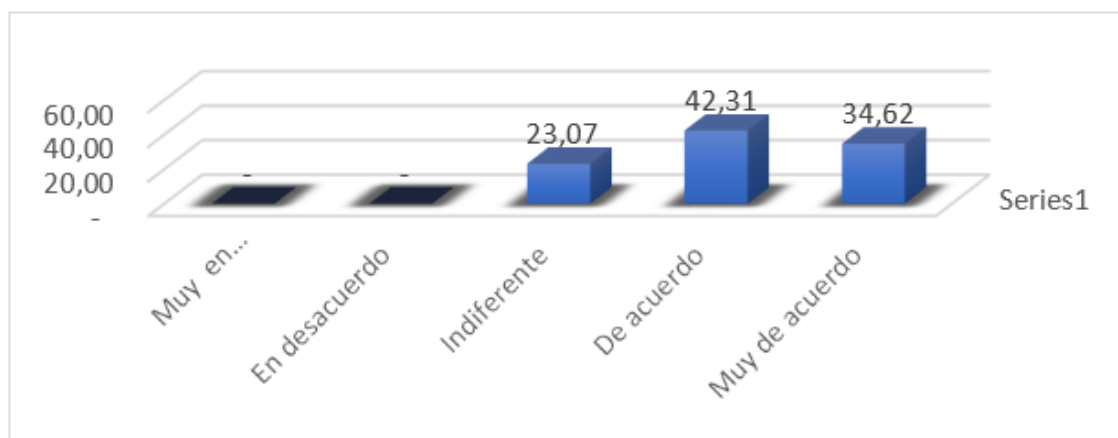
Categoría	N°	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
Indiferente	37	23,07
De acuerdo	69	42,31
Muy de acuerdo	56	34,62
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta ,2019

Según la Tabla 9 se puede apreciar que el mayor porcentaje de encuestados, es decir el 34,62 % está muy acuerdo y un 42,31 % están Desacuerdo en que los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación a diferencia y con un menor porcentaje el 23,07 % menciona que es indiferente a la pregunta dada.

Figura 11

Los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación



Nota: Información de la Encuesta ,2019

Pregunta 8

¿Usted está de acuerdo con la propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios?

Objetivo: Dar la propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios para la disminución de la contaminación. El resultado de la pregunta 8 se muestra en la Tabla 10 y en la Figura 12.

Tabla 10

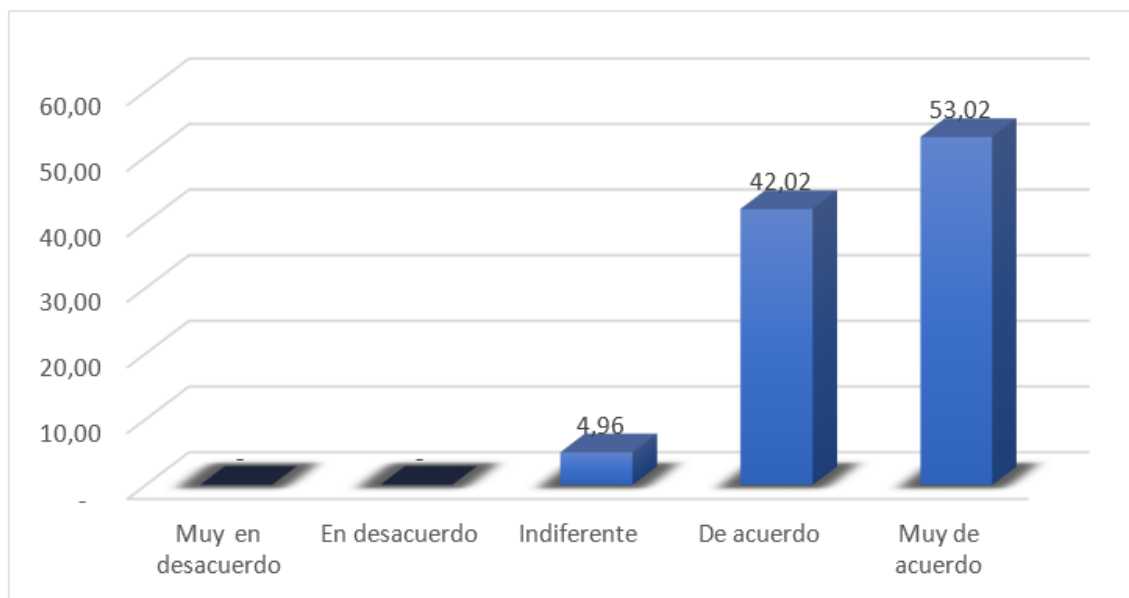
Propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios

Categoría	N°	%
Muy en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
Indiferente	18	4,96
De acuerdo	58	42,02
Muy de acuerdo	86	53,02
Total	162	100

Nota: Información de la Encuesta ,2019

Figura 12

Propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios



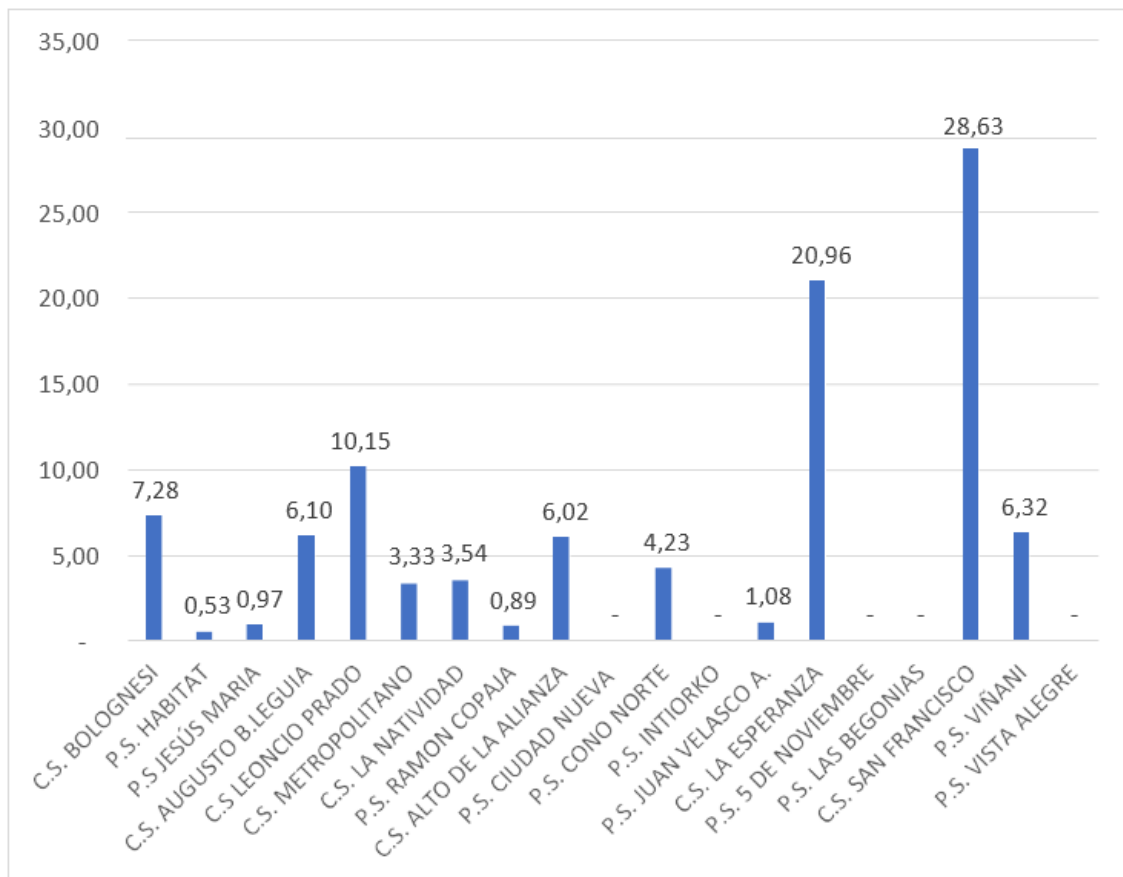
Nota: Información de la Encuesta ,2019

Según la Tabla 10 y Figura 12 se puede observar que el 53,02 % de los encuestados está Muy de acuerdo, mientras que el 42,08 %, menciona que está De acuerdo, con la propuesta de una planta de tratamiento de residuos hospitalarios, menor porcentaje de 4,96 % se muestra indiferente a la propuesta.

4.2 DATOS DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS

Figura 13

Producción en % de residuo solidos peligrosos hospitalarios



Nota: Diresa, 2016

Según la Figura 13, el C.S. San Francisco presenta un 28,63 % de producción de residuos sólidos hospitalarios, mientras que el C.S. la esperanza produce el 20,96 % de residuos sólidos peligrosos hospitalarios, a diferencia de la producción mínima del P.S. Hábitat con 0,53 %, P.S Jesús María con 0,97 % y P.S. Ramón Copaja con un 0,89 %.

Tabla 11

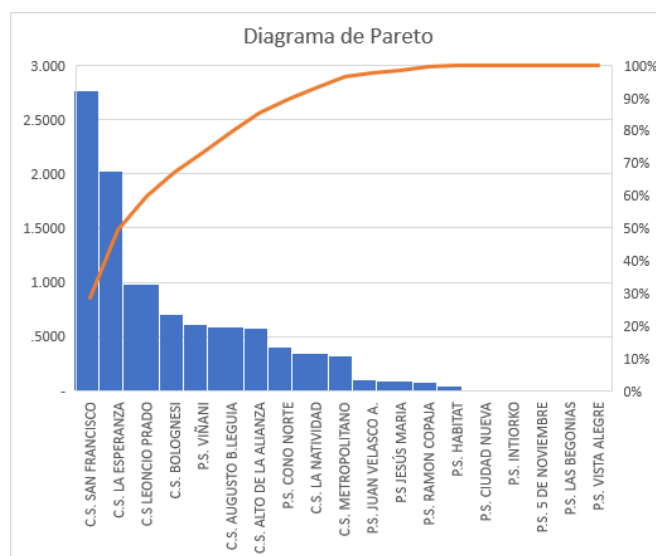
Microrred: metropolitano cono norte y como sur

	EE. SS/SMA públicoprivado	Residuos Sólidos en ton. métrica Peligrosos
MICRORRED METROPOLITANO	C.S. BOLOGNESI	0,70
	P.S. HABITAT	0,05
	P.S. JESÚS MARIA	0,09
	C.S. AUGUSTO B. LEGUIA	0,59
	C.S. LEONCIO PRADO	0,98
	C.S. METROPOLITANO	0,32
	C.S. LA NATIVIDAD	0,34
	P.S. RAMON COPAJA	0,09
	C.S. ALTO DE LA ALIANZA	0,58
MICRORRED CONO NORTE	P.S. CIUDAD NUEVA	
	P.S. CONO NORTE	0,41
	P.S. INTIORKO	
	P.S. JUAN VELASCO A.	0,10
	C.S. LA ESPERANZA	2,03
MICRORRED CONO SUR	P.S. 5 DE NOVIEMBRE	
	P.S. LAS BEGONIAS	
	C.S. SAN FRANCISCO	2,77
	P.S. VIÑANI	0,61
	P.S. VISTA ALEGRE	

Fuente: Adaptado en base de la Diresa, 2019

Figura 13

Diagrama de Pareto



Nota: Información de la Encuesta ,2019.

Según la Tabla 11 y Figura 14 se puede apreciar que el porcentaje de producción de residuos sólidos hospitalarios de los diferentes centros de salud de producción que se tiene frente a 5 postas de salud que no reportan la producción.

Según la Tabla 12 se puede observar que se tiene una mayor generación de residuos sólidos de Pañales con un 24,94 % seguido por Papel/Otros con 17,45 % y 10,45 % de restos de comida.

Tabla 12

Composición física de los residuos sólidos generados en los servicios del Hospital

SERVICIO	CONSULTORIOS EXTERNOS	CIRUGÍA	EMERGENCIA	GINECOLOGÍA	NEONATOLOGÍA	UCI	MEDICINA	SALA DE PARTOS	LABORATORIO	BANCO DE SANGRE	NEUMOLOGÍA	TOTAL /SEMANA(£)	TOTAL /SEMANA (Kg)	TOTAL %
Algodón y Gasas	10300	27000	10300	9800	6700	7900	22950	17550	2500	600	3400	119000	119	9,33
Poliuretano (vias, etc.)	0	8400	9850	9650	4500	3700	17400	4800	10700	2000	1500	72500	72,5	5,68
Tela	1600	0	1200	0	0	1500	0	50	0	0	1900	6250	6,25	0,49
Restos de comida	16700	23650	18800	23800	8700	5350	19500	9500	1000	0	6300	133300	133,3	10,45
Papel/Otros	23900	26000	38000	35800	17300	9400	33910	19100	8600	1500	9100	222610	222,61	17,45
Pañales	6600	50900	26400	82500	16500	19800	85400	13400	0	0	16700	318200	318,2	24,94
Guantes	2100	800	4400	800	1200	3350	300	5950	1000	0	2300	22200	22,2	1,74
Bolsas con sangre y otros	0	2700	100	2100	0	4300	2000	0	1700	0	4200	17100	17,1	1,34
BIOCONTAMINADOS														
Papel y cartón	32900	14850	12500	14900	3600	8700	18100	10150	3500	1300	3600	123900	123,9	9,71
Vidrio	1100	7700	2100	4350	0	150	6050	50	1100	1000	100	23700	23,7	1,86
Plásticos	15450	29450	27280	38120	11750	11400	56200	13080	5750	700	8100	217280	217,28	17,03
COMUNES														

Nota: Adaptado en base a Diresa, 2019

4.3 TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO

Tabla 13

*Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Tratamiento más usadas
Tecnologías de Tratamiento más usadas*

Tecnologías de Tratamiento	Ventajas	Desventajas
Incineración	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye la masa en un 90%: - Elimina los patógenos y funciona con un alto grado de eficacia - Elimina los tipos de material que contiene carbón orgánico. - Uso para cualquier tipo de residuo. - Los desechos son irreconocibles y u no se pueden reciclar. - Brindan un tratamiento adecuado para los restos de cirugía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos del combustible. - Costos altos de mantenimiento. - Riesgo de posibles emisiones y sustancias tóxicas en la atmósfera.
Autoclave	<ul style="list-style-type: none"> - Efectividad en alto grado. - Las emisiones gaseosas no peligrosas - No brinda riesgos, operación simple. - Efluentes estériles 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesita un tratamiento adicional para hacer un desperdicio no visible. - Requiere la línea de vapor. - Reducción mínima de volumen de desechos tratados causando malos olores. - Uso de bolsas especiales y contenedores para este tipo de tratamiento.
Microondas	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del volumen en un 60% - Presenta emisiones gaseosas no peligrosas. - No genera un grado de aguas residuales y es eficiente para disminuir contaminación ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo de inversión. - Costo de alto mantenimiento. - Requiere personal capacitado para su operación. - No todos los parásitos y bacterias de esporas son destruidos. - No es apropiado tratar 800 y 1000 kg de residuos.
Ecosteryl Serie 125	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo consumo de energía - Proceso automático - Sin operador especializado - Espacio mínimo de espacio - Cero vapores - Cero emisiones - Cero olores 	<ul style="list-style-type: none"> - - Alto costo de Piezas
Relleno Sanitario - Enterramiento Controlado	<ul style="list-style-type: none"> - No genera contaminación al medio ambiente. - Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> - - Existen pocos rellenos en las diferentes ciudades del país

Nota: Adaptado en base de Gobierno regional de Arequipa (2011).

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS

5.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Nombre del estudio

Propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios, para la reducción de la contaminación.

Ubicación geográfica de la Ciudad de Tacna

Figura 14

Ubicación de la Ciudad de Tacna



Noma: El grafico representa la ubicación de la zona de estudio, 2018

5.2 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios se propone implementarla en la Provincia de Tacna, cuya ubicación es en el Botadero Municipal, que, en el futuro según la Municipalidad Provincial de Tacna, se construirá el relleno sanitario ubicado a 7 km de la vía Tacna - Tarata.

Ubicación política

Región : Tacna
Provincia : Tacna
Distrito : Tacna

De acuerdo al Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, esta norma indica que cualquier La ubicación de la planta de tratamiento de residuos debe estar en áreas de zonificación industrial y la industria de la luz, en áreas de zonificación. semirústicas o agropecuarias. Además, la misma norma indica que la Una planta debe estar ubicada a una distancia de un radio de 1 km de los centros educativos, hospitales, centros religiosos, concentración y mercados públicos.

Dado el hecho de que el servicio propuesto consiste en recolección, desperdicios peligrosos de diferentes hospitales y clínicas, es necesario tener un centro de recolección temporal que reúna una condición ubicación estratégica, de modo que permita estar lo más cerca posible a las instalaciones de salud que entregarán sus residuos sólidos.

Residuos a tratar

Los residuos a tratar en la planta, según la clasificación, serán.

- **Residuos biocontaminados:**
Infecciosos Punzantes o cortantes
- **Especiales:**
Productos químicos y farmacéuticos
- **Residuos comunes**

Caracterización de la generación

Los residuos sólidos a tratar podrán ser recopilados de los centros de salud correspondientes de los Generadores Microrredes metropolitano, Cono norte y Cono sur, otras instalaciones de salud, Hospital Hipólito Unanue, que en esta oportunidad sirvió como referente para contar con una caracterización de estos residuos, teniendo en cuenta que en cada centro hospitalario manejan los mismos recursos, por lo tanto, generan los mismos tipos de residuos.

Tabla 14

Caracterización en porcentajes según consultoría médica de residuos sólidos en el Hospital Hipólito Unanue, 2016

Consultorios médicos	1 día (%)	2 día (%)	3 día (%)	4 día (%)	5 día (%)	6 día (%)	7 día (%)	Promedio %
Psiquiatría	4,75	1,27	0,00	0,00	2,07	4,38	14,82	3,94
Consultorios externos	0,44	10,74	0,87	0,00	0,00	17,69	7,52	4,7
Of. Administrativa	1,01	3,05	6,62	2,81	2,57	3,72	2,60	3,25
SOP	17,34	5,30	5,31	6,76	0,00	0,00	7,52	6,04
Cirugía	16,67	7,64	14,10	9,42	10,26	10,99	7,29	10,7
Emergencia	6,77	20,54	5,36	6,26	11,89	0,00	4,69	8,37
Ginecología	29,39	2,75	15,79	16,57	16,48	0,00	5,99	12,62
Neonatología	2,78	2,70	4,25	6,90	4,24	0,00	6,41	4,21
Serciquem	6,61	0,00	9,68	8,09	7,01	17,93	7,71	7,63
UCI	0,70	6,11	4,83	5,28	4,10	0,00	6,13	4,24
Medicina	12,34	20,88	15,91	13,41	13,82	0,00	15,60	13,98
Sala de partos	1,20	6,75	3,86	6,26	0,00	23,64	2,74	5,4
Pediatría	0,00	2,29	3,48	3,60	8,27	0,00	2,67	3,18
Sala del 3er. Piso	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
Laboratorio	0,00	1,93	0,00	7,30	3,40	0,00	0,00	1,96
Ecografía	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,08
Farmacia	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	,00	0,28	0,09
Banco de sangre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90	0,31
Neumología	0,00	7,74	0,00	0,00	8,14	9,59	0,97	3,48
GO	0,00	0,00	7,73	7,35	7,20	12,07	5,18	5,47

Nota: Adaptado en base a Canahuire (2016)

Tabla 15

Caracterización en porcentajes según consultoría médica de residuos sólidos de las Microrredes 2016 Regional Hipólito

MICRORED	Algodón Y Gasas	Poliuretano (vias, etc.)	Tela	Restos de comida	Papel/Otros	Pañales	Guantes	Bolsas con sangre y hemoderivados	Papel Y cartón	Vidrio	Plásticos	TOTAL /DIA (g)	TOTAL /DIA (kg)
MICRORED METROPOLITANO	267,63	26,71	9,55	233,20	378,24	534,36	102,70	6,51	198,02	40,17	374,11	2.171,20	2,17
	19,35	1,93	0,69	16,86	27,35	38,64	7,43	0,47	14,32	2,90	27,05	157,00	0,16
	35,76	3,57	1,28	31,16	50,54	71,40	13,72	0,87	26,46	5,37	49,99	290,11	0,29
	224,28	22,38	8,01	195,42	316,97	447,80	86,07	5,46	165,95	33,66	313,52	1.819,52	1,82
	373,34	37,26	13,33	325,31	527,64	745,42	143,27	9,09	276,24	56,04	521,88	3.028,79	3,03
	122,50	12,22	4,37	106,74	173,12	244,58	47,01	2,98	90,64	18,39	171,24	993,78	0,99
	130,14	12,99	4,65	113,40	183,93	259,85	49,94	3,17	96,29	19,53	181,93	1.055,82	1,06
	32,65	3,26	1,17	28,45	46,15	65,19	12,53	0,79	24,16	4,90	45,64	264,90	0,26
MICRORED CONO NORTE	221,41	22,09	7,90	192,92	312,91	442,07	84,96	5,39	163,82	33,23	309,50	1.796,22	1,80
	155,57	15,52	5,55	135,56	219,87	310,62	59,70	3,79	115,11	23,35	217,47	1.262,11	1,26
	39,56	3,95	1,41	34,47	55,92	79,00	15,18	0,96	29,27	5,94	55,31	320,97	0,32
	770,85	230,15	27,52	671,68	1.089,45	1.539,11	295,81	75,05	570,37	115,70	1.077,57	6.463,25	6,46
MICRORED CONO SUR	1.052,33	314,19	37,57	916,94	1.487,26	2.101,12	403,83	102,45	778,63	157,95	1.471,04	8.823,30	8,82
	232,46	23,20	8,30	202,56	328,54	464,14	89,21	5,66	172,00	34,89	324,96	1.885,91	1,89

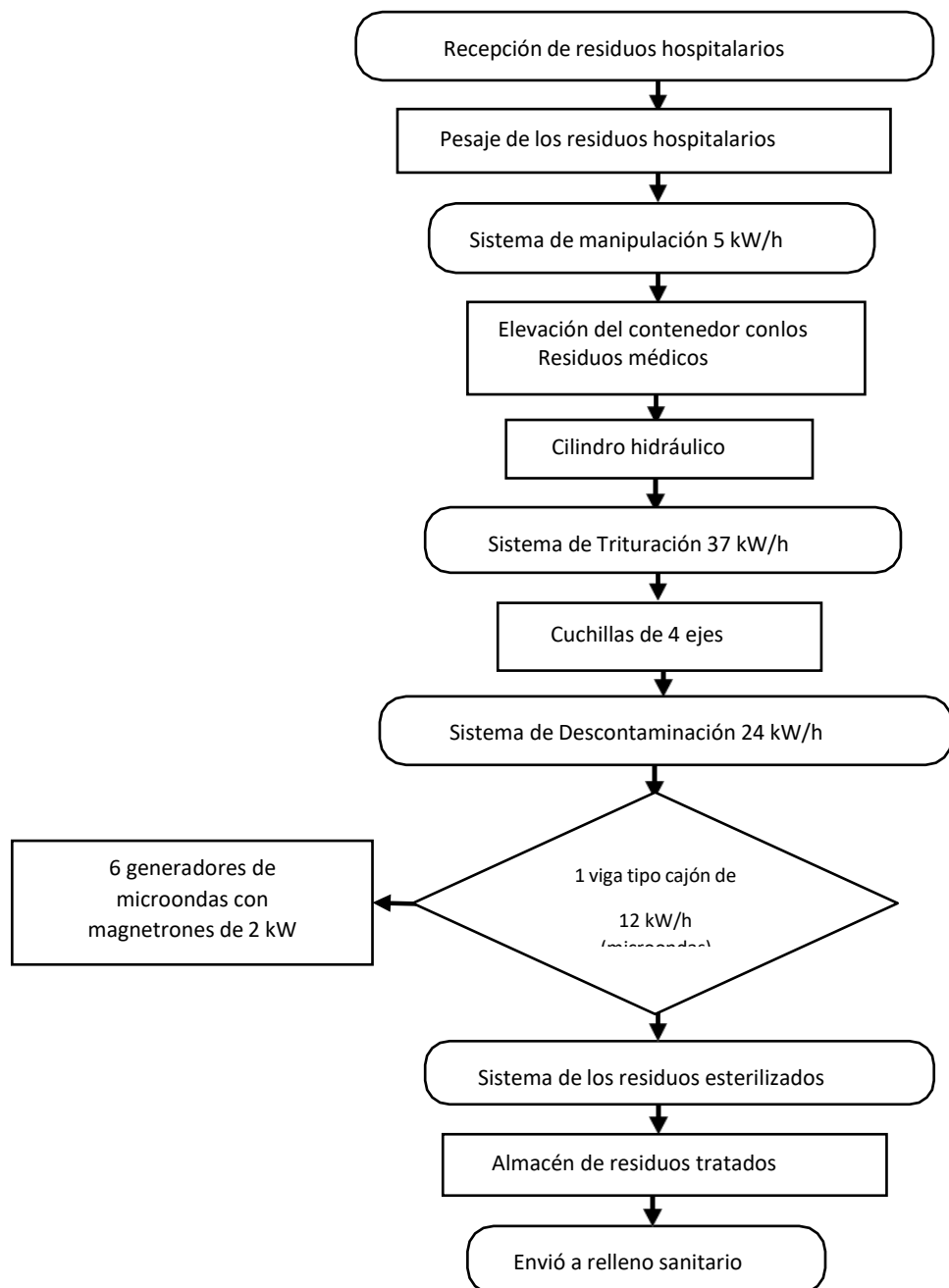
Nota: Adaptado en base a Diresa, 2019

5.3 FLUJOGRAMA

Para el acopio, transporte y almacenamiento de residuos a la Planta de Tratamiento de Residuos Hospitalarios, se sigue el siguiente flujoograma:

Figura 15

Flujoograma de la planta de RSH propuesta



Nota: Grafico que representa la propuesta a ejecutar, 2019.

5.4 CAPACIDAD DE LA PLANTA

En Tacna la producción de residuos sólidos hospitalarios es de 716,44 kg al día. Además, la demanda insatisfecha es de aproximadamente 232,12 t. al año para residuos hospitalarios. Por esta razón, se da como propuesta de implementar una planta de tratamiento que contará con equipos con una capacidad de brindar un tratamiento no menor de 175 kg/h de residuos al día, debido a que esta cantidad irá aumentando cada año, según las proyecciones vistas en la Tabla 18, se tiene como referente, la demanda proyectada. En esta propuesta se da como opción un equipo con capacidad de tratar 840 kg/d, escogiendo entre este rango 140 kg/h, en un solo turno de lunes a sábado. La capacidad del sistema a través del proyecto mencionado, se observa en la siguiente Tabla:

Tabla 16

Dimensión de Planta

Características	Capacidad
Máximo	175,00 kg/h
Mínimo.	100,00 kg/h
Día	840,00 kg/d

Nota: Esta tabla muestra la dimensión de la Planta, 2019

Tabla 17

Proyección de Residuos Hospitalarios

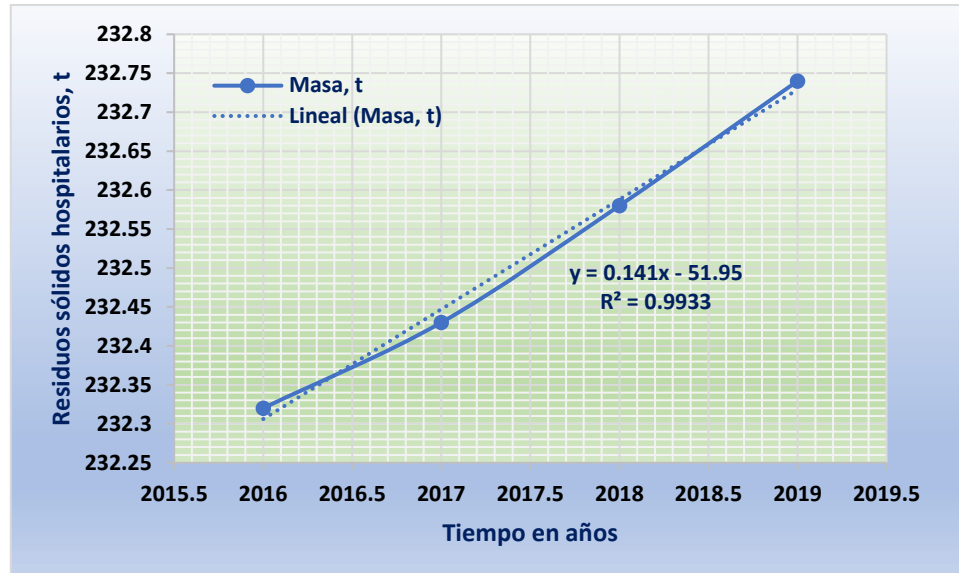
N°	Año	Masa, t
1	2016	232,32
2	2017	232,43
3	2018	232,58
4	2019	232,74

Nota: Esta tabla muestra la proyección de residuos, 2019.

Según la Tabla 17 se puede observar que en el año 2016 hubo una producción de residuos sólidos hospitalarios de 232,32 t

Figura 16

Producción de residuos sólidos hospitalarios



Nota: El grafico representa la producción de residuos sólidos hospitalarios , 2019

Haciendo una proyección al año 2030, se tiene una producción pronosticada anual, la que se muestra en la Tabla 20 y Figura 17.

Tabla 18

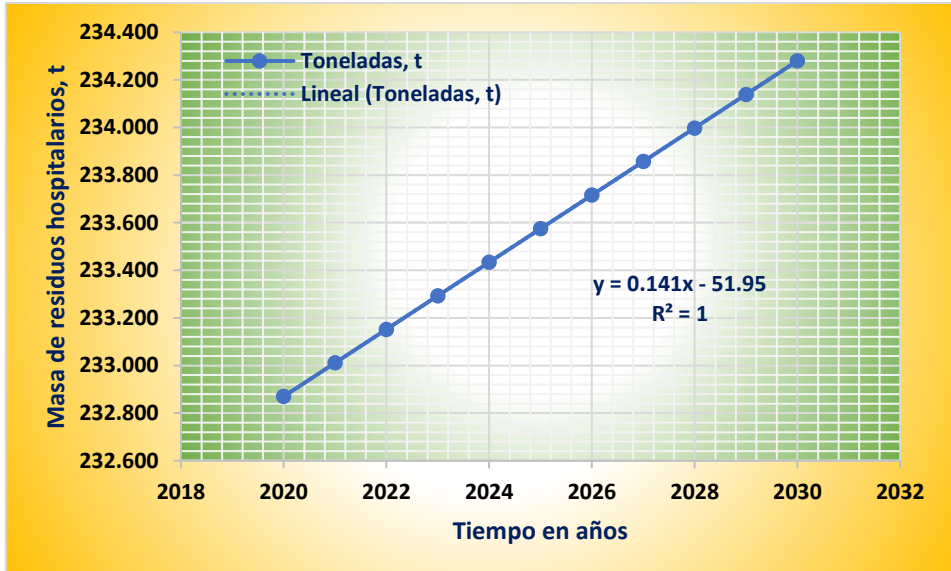
Proyección de la producción de RSH al 2030

Nº	Años	Toneladas
1	2020	232,87
2	2021	233,011
3	2022	233,152
4	2023	233,293
5	2024	233,434
6	2025	233,575
7	2026	233,716
8	2027	233,857
9	2028	233,998
10	2029	234,139
11	2030	234,28

Nota: El grafico representa la proyección de residuos sólidos hospitalarios, 2019

Figura 17

Proyección de la producción de residuos sólidos hospitalarios



Nota: El gráfico representa la producción de residuos sólidos hospitalarios, 2019

5.5 DISTRIBUCIÓN DEL TERRENO

La distribución del terreno a emplear se podrá permitir observar las áreas de operación y las áreas de administración, a fin de evitar la congestión del personal ajeno a los ambientes y a la planta. El área destinada a la construcción será de 3 425,17 m² y perímetro 5574 m, que será la distribución del Botadero Municipal actual, en el caso para la construcción y la distribución de la Planta de Tratamiento contará con un, área total 1 008,116 m² y perímetro 234,24 m, constará de un solo nivel.

Para agrupar los procesos similares en un área común, se propone su diseño por funciones.

5.6 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

Sobre el análisis económico de la propuesta se muestra el costo actual de una empresa encargada de la recolección, traslado y tratamiento de los residuos hospitalarios que a continuación se observa:

5.6.1 Costo de la empresa Disal

En la Tabla 18 y en la Tabla 19 se presenta los costos de disposición final de los residuos sólidos comunes y peligrosos respectivamente dados por la empresa Disal.

Tabla 19

Costos de disposición final de residuos comunes por la empresa Disal

Costos por Servicio	Costos de EPS-RS	Costos por Servicio	Costos de EPS-RS
Costo de recolección y Transporte por tonelada		(S/.) * 250.00	
Costo de disposición en relleno sanitario por tonelada		(S/.) * 30.00	
Costo de tratamiento		(S/) 500.00	
Total			S/. 780,00

*Nota: En la tabla representa los costos de acuerdo a cotización brindada por EPS-RS DISAL

Tabla 20

Costos por disposición de residuos peligrosos por la empresa Disal

Costos por Servicio	Costos de EPS-RS	Costos por Servicio	Costos de EPS-RS
Costo de recolección y Transporte por tonelada		(S/.) * 850,00	
Costo de disposición en relleno sanitario por tonelada		(S/.) * 420,00	
Costo de tratamiento		(S/) 800,00	
			S/. 2070,00

Nota: *En la tabla representa los Costos de acuerdo a cotización brindada por EPS-RS DISAL.

5.7 PROPUESTA DE COSTO DE TRATAMIENTO

En la tabla 21 y 22 se presenta la propuesta del costo del tratamiento, recolección y eliminación de los residuos sólidos comunes y hospitalarios respectivamente, por tonelada en la ciudad de Tacna.

Tabla 21*Propuesta de costos de disposición final de residuos comunes – Tacna*

Costos por Servicio	Costos de EPS-RS	Costos por Servicio	Costos de EPS-RS
Costo de recolección y Transporte por t.		(S/.)	200.00
Costo de disposición en relleno sanitario por t.		(S/.)	20.00
Costo de tratamiento		(S/)	180.00)

Nota: La tabla representa la propuesta de costos de disposición final de residuos comunes

Tabla 22*Propuesta gastos por disposición de residuos hospitalarios-Tacna*

Costos por Servicio de EPS-RS	Costos en soles (S/.)	Costos en dólares (\$)
Costo de recolección y Transporte por tonelada	650,00	180,06
Costo de disposición en relleno sanitario por Tonelada	300,00	83,10
Costo de tratamiento	397,10	110,00
Total	1 347,10	373,16

Nota: La tabla representa la propuesta de gastos por disposición de residuos hospitalarios ,2019

De este análisis se deduce que el MINSATACNA tendría un ahorro de 722,9 nuevos soles por tonelada métrica tratada, lo cual, justifica su instalación en esta ciudad.

Dada esta posibilidad de hacer realidad esta propuesta, el proyecto tiene como principal objetivo de brindar una solución integral al tratamiento adecuado, para la disposición final de los residuos hospitalarios, luego se provee una posible expansión hacia los residuos veterinarios (laboratorios, clínicas, consultorios) y además dar servicio de tratamiento a los centros de salud de Tacna no considerados en este estudio y a los centros y hospitales de la Región Moquegua.

La planta estará provista de:

- Un equipo Ecosteryl serie 125, que brindara un tipo de tratamiento con tecnología de desinfección por tratamiento microondas, su tipo de proceso

continuo y automático, con capacidad para procesar 175 kg/h de residuos hospitalarios.

- Equipamiento para el lavado y desinfección de contenedores
- Planta de tratamiento para los efluentes generados en el proceso de lavado de contenedores y de la instalación en general.
- Lavadero de camiones y estacionamiento, el que contará con el sistema de colección y tratamiento de las aguas de lavado.

5.8 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

5.8.1 Infraestructura

Los materiales utilizados para la construcción de la propuesta de planta, se seleccionarán según los requisitos mínimos estipulados en la normativa dada por el MINSA. Para la instalación de la planta de tratamiento de los RSH se contará con un local que consta de un área de 3 425,17 m² y un perímetro de 234,23 m, un cerco perimetral que brindara impedir la visión desde el exterior de la planta, se colocaran avisos de identificación y de seguridad de la zona.

Para la construcción de las paredes, se edificará una combinación de ladrillos y cemento. Por otro lado, las cubiertas de techo contarán con cemento y fibra de madera, que brindaran una estructura sólida. Además, son impermeables para aislar las superficies de la planta y neutralizar los posibles efectos causados en la superficie de las instalaciones. Mientras tanto, la forma de la estructura del techo del tipo de armadura de para evitar la acumulación de escombros, agua de lluvia u otro tipo de material. Las áreas administrativas y de trabajo estarán marcadas adecuadamente y tienen información sobre la ubicación de todas sus instalaciones y zonas de seguridad. Asimismo, la planta tendrá la iluminación adecuada, ya que contará en todas las áreas de la fábrica, luz blanca fluorescente, áreas de administración. Para garantizar la seguridad del personal, se contará con un sistema de ventilación, que estará protegido con mallas que eviten los ingresos de los roedores o insectos atraídos por los desperdicios. El área de recepción, permitirá la entrada y salida de los vehículos

que se encargaran de transportar los residuos peligrosos, en la cual se implementará una puerta de entrada con las siguientes características: Una plataforma que se encontrara a la altura de la caja del camión, así como las rampas de acceso para facilitar el transporte de contenedores con residuos. La instalación tendrá dos ambientes que almacenan temporalmente los desechos que esperan ser tratados, y el otro, almacenará los residuos tratados que estén listos a ser llevados al relleno sanitario.

Ambos estarán cubiertos y contarán con paredes de 5 metros, que llegan al techo, y estarán cubiertas con pisos blancos, cerámica y de concreto para una fácil limpieza. Los suelos del área de tratamiento y los ambientes, contarán con una pendiente de un grado, de modo que el agua utilizada para lavar y desinfectar los entornos se dirige a las canaletas y luego al sistema de aguas residuales. Por medidas de seguridad, los residuos sólidos se colocarán a 0,2 metros del nivel del suelo. La planta tendrá servicios de higiene, lavandería, duchas, inodoros y casilleros. Además, se instalará una cabina de monitoreo y un comedor. Las rampas se ubicarán en las carreteras de acceso para facilitar el transporte de equipos que ingresan o ingresarán en almacenes y áreas administrativas. Al mismo tiempo, se incluirá con acceso iluminado y de señales, para dar facilidad al transporte de contenedores de desechos. De manera similar, las puertas del tipo giratorio se instalarán en cada uno de los entornos de la planta, para obtener ingresos y salidas fáciles, como baños, oficinas, almacenes, entre otros.

5.8.2 Materia prima

Residuos sólidos hospitalarios: La materia prima con la que se trabajará son los residuos sólidos hospitalarios recolectados de las microrredes y establecimientos de salud de la Región Tacna.

5.9 EQUIPO PRINCIPAL

La Planta compacta AMB Ecosteryl serie 125 es ideal para residuos médicos regulados y proveedores de residuos peligrosos. Su proceso continuo le permite administrar de 100 a 175 kg/h. Este tipo de maquinaria se adquirirá a la compañía AMB ECOSTERYL - VISION GLOBAL DE LAS SOLUCIONES, ubicada en Bélgica y una subsidiaria en Canadá. Esta Planta ensamblada en una sola unidad tiene las siguientes características. (Ver tabla 26).

Tabla 23

Características Ecosteryl serie 125

Características	Descripciones
Dimensiones	7m de longitud x 3m de ancho x 5.5m de alto(23' x 10' x 18')
Peso	10 toneladas (20 000 libras)
Tipo de tratamiento	Pretriturado con tecnología de desinfección por tratamiento microondas
Tipo de proceso	Proceso continuo automático
Emisiones	Cero emisiones
Vida útil del triturador	Hasta 1500 toneladas - depende de los tipos de residuos
Liberación de residuos	Recolectados en un contenedor con un transportador de tornillo o de salida
Salida	Posibilidad de recuperar y reciclar los residuos
Consumo de energía	45 kWh
Conexión eléctrica	Conexión Trifásica - 380V + neutro – 160 amperios
Frecuencia de las microondas	2.450 MHZ
Eficacia	Más de 6log10 de desinfección (99,999%)
Espacio mínimo requerido para instalación	15m x 10m (6m de altura) (28 m ²)
Requerimientos de personal	Sin operador especializado
Montaje y arranque	Un día de montaje – arranque y entrenamiento con ingenieros
Capacidad del Proceso	Hasta 175 kg/h

Nota: Adaptación de la Ficha técnica ecosteryl 125

Figura 18

Equipo principal Amb ecosteryl series 125



Nota: El grafico representa el equipo Amb ecosteryl, tomada de Gamarra and Vargas (2017)

Figura 19

Detalle de la Trituradora de eje



Nota: El Grafico representa el detalle de la trituradora de eje , tomada de Gamarra and Vargas (2017)

Tabla 24*Residuos a tratar por el equipo Ecosteryl serie 125*

CLASE DE RESIDUO	TIPO DE RESIDUO
Residuos sanitarios específicos de riesgo o de tipo III	Gasas, mechas, apósitos, algodones, drenes, vendajes, guantes, sondas, medios de cultivo, coronoides, torundas, aplicadores, compresas, jeringas, laminillas, tubos de ensayo, sangre y hemoderivados en forma líquida. Todos estos insumos o instrumentos son utilizados durante la ejecución de los procedimientos de asistencia que se encuentran en contacto con la materia orgánica, como la sangre o los fluidos corporales del paciente humano o animal. Residuos anatómicos: cualquier residuo anatómico humano que pueda ser reconocido como tal. Sangre y hemoderivados en forma líquida: contenedores que contienen sangre o hemoderivados de sangre, u otros líquidos biológicos
Elementos metálicos, plásticos y telas	Riñoneras, bandejas, cuchillas, restos de ampollitas, pipetas, contenedores, instrumental o canastas, tachos, cauchos de succión, jeringas, ropas desechables y accesorios, agujas, pipetas, hojas de bisturí, portaobjetos, cubreobjetos, escalpelos, capilares. Excepto elementos de titanio y grandes piezas de metal.

Nota : Esta tabla muestra los residuos a tratar por el equipo

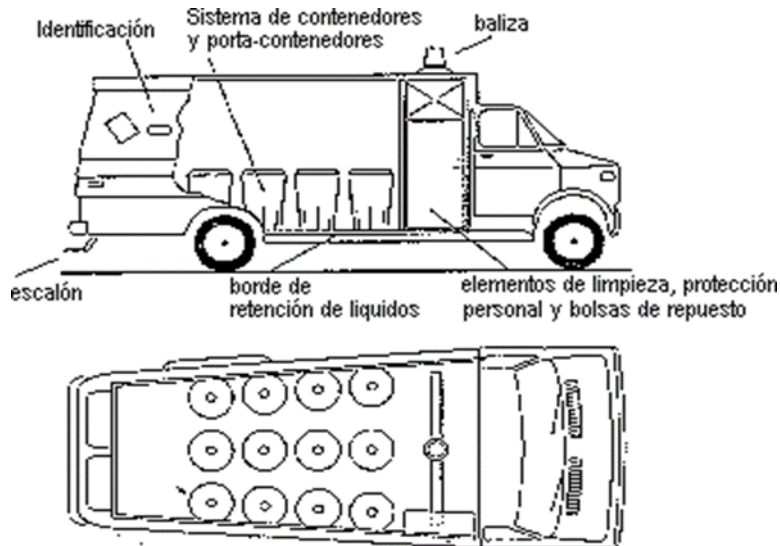
5.10 MAQUINARIAS Y EQUIPO

5.10.1 Vehículos de transporte

Se usarán de 1 a 2 vehículos para trasladar los residuos sólidos del hospital a la planta y posteriormente al relleno sanitario, que será blanco el cual se colocaran una identificación con el logo y nombre de la empresa, también se colocara el símbolo de bioseguridad (ver figura 22), el cual se ubicara en ambos lados del camión. Los vehículos contarán con un compartimento de carga hermético y se recubrirán con placas de hierro u otro material similar. El interior estará equipado con tiras de seguridad para evitar el movimiento o la caída de los contenedores durante el transporte, para evitar fugas de desechos; mientras que la parte superior del compartimento de carga se cerrará con tapas de metal garantizadas.

Figura 20

Características del camión transportador de RSH.



Nota: El grafico representa las características del camión transportador , tomado de Berrocal (2009)

5.11 INSTALACIONES

5.11.1 Requerimiento del servicio de energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica será proporcionado por la empresa Electro sur, para la instalación del servicio eléctrico, ver tabla 27.

Tabla 25

Requerimiento de servicio de energía eléctrica de los equipos de proceso

Equipo principal auxiliares y otros	Potencia eléctrica		Cantidad	Horas de consumo	Días de consumo en un Mes	Consumo mensual en kW	Consumo en soles por mes
	Watts	kW					
AMB Ecosteryl 125	70000	70,0	1	4,0	8	2240,0	623,22
Campana extractora	500	0,5	1	4,0	8	16,0	4,45
Compactadora	1000	1	1	0,2	8	1,6	0,45
Lavador de contenedores	7500	7,5	1	2,0	8	120,0	33,39
Otros	1500	1,5	1	6,0	8	72,0	20,03
TOTAL						2 449,6	681,54

Nota: La tabla representa el requerimiento de servicio de energía eléctrica

5.11.2 Requerimiento del servicio de agua

El servicio de agua potable será proporcionado por la empresa EPS, para la instalación del servicio de agua y desagüe, ver Tabla 28.

Tabla 26

Requerimiento del servicio de agua

Consumo de agua	
Días trabajados	6,00
Personas	78,00
Mantenimiento y limpieza	100,00
Consumo diario total (litros/día)	178,00
Imprevistos (%)	89,00
Costos por consumo(m ³)	269,83

Nota: La tabla representa el requerimiento del servicio de agua

5.11.3 Elementos del proyecto

La propuesta de implementar una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios, tiene como principal objetivo brindar una solución integral para el manejo adecuado y la disposición final de los residuos hospitalarios, ampliar el rubro hacia la gestión de los medicamentos vencidos generados en los centros de salud, en farmacias y en industrias. Luego se prevé una posible expansión hacia los residuos veterinarios (laboratorios, clínicas, consultorios, otros).

La capacidad de almacenamiento de los vehículos es 360 kilogramo de desperdicio, porque cada compartimiento de camiones puede almacenar 12 contenedores de 30 kilos cada uno (Figura 21). Según normativa de seguridad los vehículos contarán con un botiquín de primeros auxilios.

Figura 21

Símbolo de bioseguridad



Nota: El grafico representa los símbolos de bioseguridad , tomado de Berrocal (2009)

Servicios higiénicos

Para los servicios higiénicos se contará con tres ambientes destinados para el uso del personal, distribuidos como: uno para caballeros, otro para damas y un tercero para uso exclusivo de las gerencias, el cual será mixto y adaptado para ser usado por una sola persona a la vez.

Equipos de protección

Con la finalidad de garantizar la seguridad del personal así como su salud y bienestar, se adquirirán equipos de seguridad tales como extintores para incendios, detectores de humo, luces de seguridad.

Figura 22

Equipos de protección



Fuente: El grafico representa los equipos de protección , tomada de Berrocal (2009)

5.12 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución de la planta empleada le permitirá diferenciar las áreas de operación y las de la administración para evitar el tráfico del personal fuera de estos entornos. El área construida de las instalaciones se suministra con 454 m² y consiste en un solo nivel de un área total de 300 m². Para agrupar procesos similares en un área común, la distribución de la planta fue diseñada por funciones.

En el anexo 4, se puede observar en los planos, la distribución de la planta y sus características.

5.13 REQUERIMIENTO DEL PROCESO

Materia Prima: Residuos Sólidos Hospitalarios

La materia prima con la que se trabajará son los Residuos Sólidos Hospitalarios provenientes de las micro-redes de la ciudad de Tacna, Hospital, Seguro y otras instalaciones de salud.

- a. **Pesaje y supervisión:** se inspeccionará RSH para verificar que las bolsas no tengan roturas donde se filtran los líquidos o cualquier tipo de material. La cinta aislante se utilizará para sellar temporalmente la rama o el orificio de la bolsa; Luego, las bolsas se pesan a partir de una balanza que tomará cada camión y cada formato donde los pesos, las cantidades y el tipo de bolsa que pesen (rojo o amarillo) será grabado.
- b. **Transporte a la planta:** La transferencia de residuos se realiza tan pronto como se depositan en los contenedores, cerrados adecuadamente y se colocan en la parte posterior del camión. Posteriormente, son nombrados en la zona llamada el área hospitalaria en el área de descarga de contenedores ubicada en la planta.
- c. **Descarga de los residuos:** Para esta operación, se tendrá un transporte que tenga una plataforma de elevación, utilizada para transportar contenedores de desechos. Esta plataforma se ubicará al mismo nivel de la caja de camiones, para facilitar una descarga adecuada, que será

realizada por el mismo personal encargada del transporte de residuos peligrosos en la planta de tratamiento.

- d. Transporte a zona de tratamiento:** En esta zona se verificará si el transporte está lleno, los residuos se llevarán a la zona de tratamiento, para un mejor flujo de material, en la cual se adjuntará a la zona de descarga.
- e. Tratamiento de los residuos:** Para el tratamiento de los residuos, estos ingresarán por la puerta, que se encuentra en la parte superior de la maquina (Figura 24), en la cual permitirá que el vapor de alta temperatura en la cubierta exterior, logré calentar los residuos en la superficie interior. Mientras tanto, un sistema de ejes y pellets se convertirá en orden a los residuos de fragmentos. La humedad de los residuos se utilizará para la cocción del vapor y presurizar la cámara interna; Pero en el caso de que no haya suficiente humedad, se agrega una pequeña cantidad de vapor hasta que se alcanza la presión deseada.

La temperatura se mantendrá constante en 132 °C.

Figura 23

Equipo para tratamiento RSH por microondas



Nota : La figura representa el equipo para tratamiento de Residuos hospitalarios por microondas , tomada de Berrocal , 2010

- f. Descarga de los residuos tratados:** Los residuos tratados serán descargados para trasladarlos al almacén final. La planta compacta Ecoesteryl serie 125, tiene un mecanismo de descarga automático para facilitar la labor de los operadores. Esta descarga facilita que las bolsas negras y luego se colocaran en los contenedores previamente lavados anteriormente. La persona a cargo de esta tarea es el mismo operario que se encargara de las máquinas.
- g. Control de calidad de los residuos tratados:** es la acción de verificar la calidad de la esterilización, los indicadores químicos y biológicos de los residuos. El primero consiste en utilizar unas tiras de papel de impresión con tinta química que servirán como indicador, que dará un color blanquecino y cambiara a marrón oscuro o negro, según los residuos que se esterilizan con éxito, mientras que los indicadores biológicos consisten en una tira de muestra de bacillus stearrotermophilus 43 y una ampolla de medio de cultivo, al final del tratamiento se rompe y permitirá el contacto de las esporas con los residuos tratados, luego seguirá con el proceso de incuba , la muestra se encontrara a una temperatura de 56 ° C, si la muestra se vuelve amarilla púrpura, significa que la esterilización fue exitosa.
- h. Transporte al almacén final:** Estos residuos serán colocados en los contenedores previamente lavados; estos se transportarán al área de almacenamiento final, donde se esperará hasta que sea hora de cargarlos en el camión transportador. El transporte de contenedores al almacén final se llevará a cabo mediante otros carros de transporte; que tendrán una capacidad aproximada para almacenar alrededor de nueve contenedores. Estos contenedores se utilizan para facilitar el manejo de residuos y reducir el riesgo de accidentes manipulándolos manualmente. Esta tarea es llevada a cabo por los operadores de las máquinas de tratamiento.
- i. Almacenamiento de los RSH tratados.** Tan pronto como se complete el tratamiento, los residuos se depositan en el almacén de residuos

tratados, donde esperaran que se carguen al camión para su traslado al futuro relleno sanitario de Tacna.

En un registro documentado de todas los ingresos y salidas de residuos disponibles, que contienen el tiempo de transferencia y la salida de las bolsas con desechos y varias cantidades de bolsas, el cual contara con la información relevante del peso de los residuos. La persona responsable de los registros es el encargado de almacenamiento y el operador de la planta.

- j. Carga de los vehículos de transporte con los residuos tratados:** Los residuos tratados se cargarán manualmente en vehículos, para el transporte a la descarga sanitaria correspondiente. Los contenedores deben ser pesados para transportar y llevar los desechos que salen de la empresa y verificar la cantidad de residuos registrados en la descarga sanitaria.
- k. Transporte al relleno sanitario:** Los residuos sólidos hospitalarios después de ser tratados, serán trasladados al relleno sanitario previa selección. Debido al tratamiento recibido, los restos pesarán el 50% de lo que pesan al principio, y tendrá un volumen aproximado del 20% con respecto al volumen inicial, en la cual se visualizará un cambio. El transporte se ejecutará al final de los cambios o, si es necesario, cuando el almacén con residuos tratados está a su capacidad máxima. Después de que el desecho se transportó al relleno sanitario, los registros pertenecientes a la planta de tratamiento y los responsables de las instalaciones llenarán los registros, acreditando que la misma cantidad de residuos, que salió de la planta, fue lo que ingreso.

5.14 PRESUPUESTO

5.14.1 Costo de la propuesta de Planta de tratamiento

Tabla 27

Requerimientos y costos de personal

ID	Personal	Cantidad	Monto
1	Jefe de planta	1	1000,00
2	Chofer	1	1000,00
3	Operador	2	850,00
4	Total	4	3700,00

Nota: Esta tabla muestra los requerimientos y costos de personal

Tabla 28

Costos de Inversión: Maquinaria y equipos

ID	Maquinarias o equipos	Costo	Unidad de medida	Costo unitario	Total
1	AMB Ecosteryl 125	1 020000,00	und	1	1 020 000,00
2	Lavador de contenedores	1 500,00	und	1	1 500,00
3	Campana extractora	3 000,00	und	1	3 000,00
4	Estructura de contenedores	4 000,00	und	2	8 000,00
5	Balanzas	1 800,00	und	2	3 600,00
6	Contenedores	1.250,00	und	14	17 500,00
7	Bolsas plásticas	350,00	und*millar	2	700,00

Nota: Esta tabla muestra los costos de inversión de las maquinarias y equipos

Tabla 29

Costos de inversión: Mobiliario

ID	Descripción	Costo unitario	Unidad de medida	Cantidad	Costo total
1	Escritorio	350	und	2	700,00
2	Sillas	150	und	2	300,00
3	Estante	300	und	2	600,00
4	Armario	600	und	2	1200,00
5	SSH	400	und	2	800,00
6	Computadora	1500	und	1	1500,00
7	Impresora	400	und	1	400,00

Nota: Esta tabla muestra los costos de inversión del mobiliario

Tabla 30*Costos total de inversión*

COSTOS DE INVERSIÓN:	MONTO S/.
Maquinaria y equipos	1054300,00
Mobiliario	5 500,00
Costos por instalación	1 800,00
COSTO SUB TOTAL	106 1600,00
Costo por mano de obra y construcción 20 %	212 320,00
Costo de Instalación 7 %	743 120,00
Costo de Ingeniería y supervisión 10 %	106 160,00
COSTO TOTAL	2 123 200,00

Nota: Esta tabla muestra los costos total de inversión

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el estudio realizado se llegaron a los siguientes resultados e interpretaciones: Según las encuestas realizadas se tiene que los resultados muestran que existe una tendencia positiva de marcación en la que el personal de salud considera que es necesario que los RSH sean caracterizados, de dicha tendencia se sustenta en un 3,85 % de encuestados que indicaron estar Muy de acuerdo con la premisa y otro 76,92 % que indicaron estar De acuerdo y con respecto al indicador “Manejo”, correspondiente a la dimensión “Generación”, para la variable Reducción de la contaminación. Los resultados muestran que existe una tendencia negativa de marcación en la que el personal de salud considera que no se puede reutilizar los residuos sólidos hospitalarios y esto está plasmado en los siguientes resultados donde el 43,31 % de encuestados respondieron estar conjuntamente con el 40,38 % que es Indiferente.

Se evaluó el ítem “Recibir capacitación sobre manejo adecuado de residuos sólidos hospitalarios”, que permite medir el indicador “Charlas informativas”, correspondiente a la dimensión “Controles”, para la variable Reducción de la contaminación, los resultados muestran que existe una tendencia positiva de marcación en la que el personal de salud considera que es importante recibir charlas relacionadas al manejo de los residuos sólidos hospitalarios, con un 80,77 % que está muy de acuerdo frente a un 19,23 % que está de acuerdo y esto se podrá plasmar en un futuro el nivel de capacitación que tendrán el personal. Se recomienda la capacitación continua del personal de salud sobre el ciclo de residuos sólidos hospitalarios, con énfasis en la segregación en la fuente, es uno de los procedimientos fundamentales para la gestión adecuada (Kurnia ,2017).

Con respecto al manejo de los RSH adecuado se evaluó el ítem “El tratamiento de los RSH contribuye a la disminución a la contaminación ambiental”, que permite medir el indicador “Tratamiento como medio de disminución”, correspondiente a la dimensión “Controles”, para la variable Reducción de la contaminación en el cual se tiene un 59,62 % está de acuerdo frente a un 30,77 % que se encuentra indiferente. Según MINSA/DIGESA, 2010, para el manejo adecuado el personal debe estar debidamente capacitado sobre el manejo de residuos sólidos, los mismos que deben cumplir, según la norma establecida. La adecuada gestión de los residuos hospitalarios y similares, son normados por los principios básicos de la bioseguridad, la gestión integral, la disminución de la cultura de residuos y no arrojarlos en cualquier zona, la precaución y la prevención (MinSalud 2015), al respecto, están orientados no solo para controlar el riesgo, evaluar la disminución de estos residuos, desde el punto de origen, para minimizar el impacto ambiental, de sus actividades en el ambiente y en la población general. Entendiendo que la gestión de residuos sólidos es un sistema de seguridad de salud. (Arrieta et al, 2012)

Se evaluó el ítem “Los residuos sólidos hospitalarios contaminan el ambiente”, que permite medir el indicador “contaminación del medio ambiente”, correspondiente a la dimensión “consecuencias”, para la variable reducción de la contaminación en el cual se encontró los siguientes resultados, con un 73,08 % de acuerdo y el 26,92 % muy de acuerdo del se puede decir desde un punto de vista que tengan como destino final los vertederos en los cuales Se genera la propagación de seres vivos como, microorganismos y productos en descomposición, que contaminan gravemente el suelo, el aire e incluso las aguas superficiales. Otros problemas son malos olores, efectos del paisaje y posibles incendios, que liberarían vapores tóxicos al aire contaminando la zona (Romero-Sánchez, 2007) y con mención al ítem “los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación” tenemos que el 30,77 % está de acuerdo y un 63,46 % está muy de acuerdo en que los RHS son peligrosos debido a su reacción contagiosa, el combustible radiactivo. Según los estudios realizados, aproximadamente un 40% de características infecciosas, pero debido a su uso

inadecuado, presentan el 60 % restante, aumentaron los costos de los tratamientos, los efectos, la salud y los riesgos ambientales, (MinSalud 2015).

Figura 24

Vista panorámica de las bolsas contenidas de residuos sólidos hospitalarios



Nota: Adaptación de Canahuire, (2016)

Según el ítem “el tratamiento de los RSH contribuye a la disminución a la contaminación ambiental”, que permite medir el indicador “reducción”, correspondiente a la dimensión “tratamiento”, para la variable reducción de la contaminación se obtuvo que el 70,00 % está de acuerdo y un 23,08 % está muy de acuerdo. El tratamiento de estos residuos contribuiría en gran parte para evitar la contaminación de medio ambiente puesto que estos residuos antes de llegar a su destino final pasarían a un tratamiento que los convertiría en residuos no peligrosos podrían reducir la contaminación a otros restos de residuos sólidos y de esa forma aumentar el material biocontaminado. Lo ideal sería el tratamiento de los residuos bio-contaminados y especiales para luego llevarlos al relleno sanitario (Berrocal, 2009).

Según lo considerado “propuesta de implementación de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios”, que permite medir el indicador “percepción de la proposición”, correspondiente a la dimensión “propuesta”, para la variable reducción de la contaminación se obtuvieron los siguientes resultados, con un 48,08 % sí están de acuerdo y un 34,62 % está muy de acuerdo,

esto indica que la mayoría está de acuerdo y considera que es necesario que se brinde una propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos biocontaminados es para la aplicación de leyes y reglas actuales, y la implementación de actividades vinculadas a todas las fases de la gestión sólida del hospital al aumentar el bienestar, salud, evitando posibles peligro de trabajadores y a la comunidad. Trabajo para la salud pública, a través del control, cuidado de infecciones y mejorar la calidad del medio ambiente y, por lo tanto, disminuya la contaminación (Chacón, 2012).

6.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

6.2.1 Contratación de la hipótesis principal

“La propuesta de una Planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna influye en la reducción de la contaminación”.

H₀ = La propuesta de una Planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna influye en la reducción de la contaminación.

H_a = La propuesta de una Planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna no influye en la reducción de la contaminación.

En concordancia con los resultados obtenidos en la evaluación de la percepción de los trabajadores de salud y resultando que es viable la instalación de una planta de tratamiento de RSH en Tacna, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula.

CONCLUSIONES

1. Se da como propuesta, como alternativa el diseño de una Planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios, a fin de disminuir la contaminación en la ciudad de Tacna.
2. Se determina que el nivel de sensibilización de la Microred Metropolitano, cono norte y cono sur, es alto con un 98,08 %, donde los encuestados están de acuerdo y muy de acuerdo con reducir la contaminación por residuos sólidos hospitalarios.
3. Se identificó tres microrredes; Metropolitano, Cono norte y Cono sur, constituidos por 19 centros de salud, y los residuos sólidos hospitalarios son: El de mayor producción es el C.S. San francisco con 28,63 % y con la menor producción es el P.S. Hábitat con 0,53 %.
4. Se determina viable la propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de Tacna debido a que produce un ahorro de 723 nuevos soles por tonelada tratada y depositada, en relación al sistema actual empleado.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar el involucramiento de las autoridades encargadas y personal del sector salud, para promover la práctica del cuidado del medio ambiente y fomentar el uso de tecnologías más limpias de tratamiento de residuos, dando así la segregación adecuada de residuos hospitalarios desde su origen hasta su disposición final.
2. Incluir en las actividades sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos, conferencias, visitas técnicas y planes de gestión interna, centrados en la producción más limpia de nuevas tecnologías como por ejemplo el equipo Ecosteryl 125.
3. Se da como propuesta continuar desarrollando varios proyectos. en relación a los residuos hospitalarios, de manera conjunta con entidades como el Ministerio de salud, Diresa y las diferentes entidades públicas y privadas para el mejoramiento del manejo de estos residuos y constantes capacitaciones sobre el uso adecuado de los mismos.
4. Se recomienda para la construcción del futuro relleno sanitario en la Ciudad de Tacna, que la Municipalidad encargada contemple en la propuesta del diseño tome en cuenta las celdas de seguridad, para la disposición final de las cenizas y otros tipos de residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anon. (2011). *Departamento de Ingeniería Industrial*. Ingeniería e Investigación 0(47):151–56.
- Arrieta, M., Rivera, Y., Rueda, and J. Toro. (2012). *Manual Para La Gestión Integral de Residuos Hospitalarios Centro Carcelario y Penitenciario de Bellavista Del Municipio de Bello (Antioquia)*". (Tesis de Especialización). Universidad CES. Medellín, Colombia.
- Berrocal, W. (2009). *Estudio de Pre-Factibilidad para la Instalación de Una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios Bio- Contaminados y Especiales En La Provincia de Lima*. (Tesis Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Blanco, J. A., and F. G. Briceño. (2005). *Diseño de Una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios y Similares en el Municipio de Arauca, Capital*. (Tesis de Pregado). Universidad Nacional de Colombia. Arauca, Colombia.
- Blanco, J., and F. Briceño. (2005). *Diseño de Una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios y Similares En El Municipio de Arauca, Capital*. (Tesis de Pregrado). Universidad nacional de Colombia. Arauca, Colombia.
- Canahuire, E. (2016). *Caracterización de los Residuos Sólidos Generados en el Hospital Regional Hipólito Unanue En La Provincia de Tacna, 2013*. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Peru.

- Chacón, H. (2012). *Plan de Mejoras Para El Manejo de los Desechos en el Servicio Médico Odontológico en el Cuerpo de Bomberos del 'Distrito Capital*. (Tesis de Especialización). Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.
- Díaz, F., y Romero. M. (2016). *Estrategias para Mejorar la Gestión de Residuos Sólidos Hospitalarios. Servicio de Emergencia. Hospital Regional Docente Las Mercedes. Chiclayo 2015*. Universidad Señor de Sipán. Lambayeque, Peru.
- Gamarra, C., and E. J. Vargas. (2017). *Estudio de Factibilidad Técnico - Económico de Diseño e Instalación de Una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios en La Ciudad de Chiclayo*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Peru.
- Hernández, R., C. Fernández, and P. Baptista. 2014. *Metodología de La*
- Linarez, I. (2011). *Evaluación de Los Desechos Patológicos Generados en el Quirófano del Complejo Hospitalario Universitario Ruíz y Páez. Ciudad Bolívar. Estado Bolívar*. (Tesis de Pregrado).” Universidad De Oriente. Ciudad Bolívar, Venezuela.
- López, P., and S. Fachelli. (2015). *Metodología de La Investigación Social Cuantitativa*. Barcelona. España.
- Marco, Carrillo , and Sifuentes. (2017) *Tesis para optar el Grado de Maestro En Ciencias en Gestión Ambiental*. 80.
- MINSA/DIGESA. (2010). *Norma Técnica de Salud: Gestión y Manejo de Residuos Sólidos En Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo a Nivel Nacional*. Norma Técnica de Salud N° N° 096-MINSA/DIGESA-V.01 1:63.

- MINSA/DIGESA. (2018). *Norma Técnica de Salud: Gestión Integral y Manejo de Residuos En Establecimientos de Salud, Servicios Medicos de Apoyo y Centros de Investigación.*
- MINSA. (1998). *Tecnologías de Tratamiento de Residuos Sólidos de Establecimientos de Salud Programa de Fortalecimiento de Servicios de Salud.* Lima, Peru.
- MINSA. (2004). *Norma Técnica: Procedimientos para el Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios.* Perú
- MINSA. (2012). NTS N ° 096-MINSA/DIGESA V.01 Norma Técnica de Salud de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo. Perú
- MinSalud. (2015). *Manual De Procedimientos Para La Gestión Integral De Residuos Hospitalarios Y Similares En Colombia MPGIRH.* Ministerio de Salud, Ministerio Del Medio Ambiente.
- OEFA. (2014). *La Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos.* Lima, Perú: Billy Víctor Odiaga Franco.
- Paredes, M. (2011). *Mejoramiento de La Gestión Integral de Los Residuos Sólidos Hospitalarios Bio Contaminados – Distrito de Arequipa, Provincia Arequipa – Región Arequipa (PERFIL SNIP 175987).*
- Quispe, M. (2017). *Diseño del Sistema de Gestión para el Manejo Adecuado de Los Residuos Hospitalarios Según La NTS 096- MINSA/DIGESA En El Centro de Salud N° 03 Chalhuanca – Apurímac, 2016 (Tesis de Pregrado).* Universidad Tecnológica de los Andes. Apurímac - Perú.
- Rivera, M. (2018). *Evaluación del Manejo de Residuos Sólidos en el Hospital de Apoyo de La Provincia de Junín Según Norma Técnica Del MINSA-DGSP, I*

Semestre, 2018. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Peru.

Romero, A. (2007). *Planta de Incineración de Residuos Sólidos Urbanos Con Recuperación de Energía.* 291.

Romero, A. (2007) *Planta de Incineración de Residuos Sólidos Urbanos Con Recuperación de Energía (Proyecto Fin de Carrera).* Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España.

Vera, J., y. Romero, E. (2017). *Caracterización Del Manejo de Desechos Hospitalarios Infecciosos a Través de Una Auditoría Ambiental Inicial y Propuesta de Un Modelo de Gestión Para Su Segregación, Transporte, Almacenamiento y Disposición Final En El Hospital Teodoro Maldonado Carbo Del.* Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador.

Yance, C. (2015). *Plan de Manejo de Residuos Sólidos En El Hospital Departamental de Huancavelica.* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1

EE.SS/SMA público privado		Producción Mensual de Residuos Sólidos Hospitalarios (Kg/mes)																								Residuos Sólidos en TM			
		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Set		Oct		Nov		Dic		Anual		Peligrosos	Común
		Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común	Peligroso	Común		
MICRORED METROPOLITANO	C.S. BOLOGNESI	0	0	47	161	55	180	71	181	78,5	190	72	200	73	185	64,5	190	66,5	190	62,5	200	67	225	46,5	215	703,5	21,17	0,7035	2,117
	P.S. HABITAT	58	44	69	53	69	2	3,51	8	0,8	6	3,2	5	4,6	4,6	7,8	8,5	3,3	4	4,2	4,3	3	5,6	2,5	8	50,87	58,97	0,05087	0,05897
	P.S. JESÚS MARIA	6	10	5	9	5	9	5	10	6	11	7	12	7	13	8	10	12	11	10	8	11	7	12	9	94	119	0,094	0,119
	C.S. AUGUSTO B. LEGUIA	7,25	20	8,65	21,5	0,3	66,5	2,55	66,5	0,5	84,5	5,3	28,8	2,9	05,5	7,3	83,3	57	230	72,8	214,5	29	180	46	155,5	589,55	2156,65	0,58955	2,15665
	C.S. LEONCIO PRADO	07,6	36	9,9	10	0,6	66,9	0,38	50	71	69,1	2,8	60	7,49	74,4	9,9	28,9	125,6	240	64,1	230	51,3	264,7	120,7	316,3	981,37	3106,4	0,98137	3,1064
	C.S. METROPOLITANO	7,5	72	12	65	17	70	29	73	8,5	78	37	76	24	58	40	63	27	60	39	66	18	70	13	69	322	820	0,322	0,82
	C.S. LA NATIVIDAD	8,45	2,3	5,2	4,15	1,4	3,5	1,65	5,65	3,5	4,95	7,65	1,25	3,25	5,2	25	3,05	25,6	46,95	34,9	56,5	27,2	54,7	28,3	58,75	342,1	626,95	0,3421	0,62695
	P.S. RAMON COPAJA	,93	30	5,82	28	4,8	30	4,6	31	4,5	35	1,5	32	,91	33	,67	38	3,8	30	8,5	28	153	30	6,5	32	85,83	377	0,08583	0,377
MICRORED CON NORTE	C.S. ALTO DE LA ALIANZA	47	56	45	55	48	56	51	55	49	56	48	56	52	55	53	56	45	55	49	56	47	55	48	56	582	667	0,582	0,667
	P.S. CIUDAD NUEVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P.S. CONO NORTE	7,18	00,2	3,33	5,84	7,79	7,02	2,05	15,1	6,19	4,67	4,25	05,36	7,89	9,13	5,07	03,7	35,15	102	45,01	99,82	33,08	104,5	31,95	101,1	408,94	1168,53	0,40894	1,16853
	P.S. INTIORKO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	P.S. JUAN VELASCO A.	8	0	8	0	9	0	9	0	10	0	8,2	0	8	0	8	0	8	0	9,8	0	9	0	9	0	104	0	0,104	
	C.S. LA ESPERANZA	148,7	1875	153,8	176	155,9	215,5	148,3	121,5	15,4	190,5	145,7	189,5	158,9	182	198,4	190,1	177,7	183,6	198,73	241,6	164,4	214,2	220,75	235,2	2026,68	2327,2	2,02668	2,3272
MICROREDCON O SUR	P.S. 5 DE NOVIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P.S. LAS BEGONIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C.S. SAN FRANCISCO	25	460	209	40	24	40	22	37	23	30	23	360	17	34	260	38	17	37	24	33	21	29	30	352	2768,2	4406,5	2,7682	4,4065

ANEXO 2

CUESTIONARIO

Propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios para la disminución de la contaminación en la Ciudad de Tacna, 2016.

- Favor de leer cuidadosamente los enunciados y marque con una X solo una alternativa que cree por conveniente.

ITEMS	CALIFICACION				
	Muy desacuerdo	Desacuerdo	Indiferente	Deacuerdo	Muy deacuerdo
1. ¿Los residuos sólidos hospitalarios se deben caracterizar?					
2. ¿Se puede aprovechar los residuos sólidos hospitalarios?					
3. ¿Recibe charlas sobre el manejo de residuos sólidos hospitalarios?					
4. ¿Realiza un manejo adecuado de residuos sólidos hospitalarios?					
5. ¿Los residuos sólidos hospitalarios contaminan el ambiente?					
6. ¿Con el tratamiento adecuado de los residuos sólidos hospitalarios se contribuye a la disminución de la contaminación ambiental?					
7. ¿Los residuos sólidos hospitalarios son un peligro para la contaminación?					
8. ¿Usted esta deacuerdo con la propuesta de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios?					

ANEXO 3

ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DE LA PROVINCIA DE TACNA

MICRORED METROPOLITANO	C.S. BOLOGNESI
	P.S. HABITAT
	P.S. JESÚS MARIA
	C.S. AUGUSTO B. LEGUIA
	C.S. LEONCIO PRADO
	C.S. METROPOLITANO
	C.S. LA NATIVIDAD
MICRORED CONO NORTE	P.S. RAMON COPAJA
	C.S. ALTO DE LA ALIANZA
	P.S. CIUDAD NUEVA
	P.S. CONO NORTE
	P.S. INTIORKO
	P.S. JUAN VELASCO A.
MICRORED CONO SUR	C.S. LA ESPERANZA
	P.S. 5 DE NOVIEMBRE
	P.S. LAS BEGONIAS
	C.S. SAN FRANCISCO
	P.S. VIÑANI
MICRORED FRONTERA	P.S. VISTA ALEGRE
	P.S. CALANA
	P.S. CAPLINA
	P.S. HIGUERANI
	P.S. PACHIA
	P.S. PALCA
	C.S. POCOLLAY
	P.S. TOQUELA
MICRORED LITORAL	P.S. VILAVILANI
	P.S. 5 Y 6 LA YARADA
	C.S. 28 DE AGOSTO
	P.S. BOCA DEL RIO
	C.S. ITE
	P.S. LOS OLIVOS
	P.S. LOS PALOS
P.S. PAMPA BAJA	

	P.S. SANTA ROSA
	P.S. VILA VILA
MICRORED JORGE BASADRE	P.S. BOROGUEÑA
	P.S. CAMBAYA
	P.S. CORUCA
	P.S. HUANUARA
	C.S. ILABAYA
	P.S. INCLAN
	P.S. LAS YARAS
	C.S. LOCUMBA
	P.S. MIRAVE
MICRORED TARATA	P.S. CHIPISPAYA
	P.S. CHUCATAMI
	P.S. ESTIQUE PAMPA
	P.S. SITAJARA
	P.S. SUSAPAYA
	P.S. TALABAYA
	C.S. TARATA
	P.S. TARUCACHI
	P.S. TICACO
	P.S. YABROCO
MICRORED CANDARAVE	P.S. ANCOCALA
	P.S. ARICOTA
	P.S. CAIRANI
	P.S. CAMILACA
	C.S. CANDARAVE
	P.S. CURIBAYA
	P.S. HUAYTIRI
	P.S. QUILAHUANI
	P.S. SANTA CRUZ
	P.S. TOTORA
MICRORED ALTOANDINO	C.S. ALTO PERU
	P.S. ANCOMARCA
	P.S. CHILUYO
	P.S. CONCHANCHIRI
	P.S. CORACORANI
	P.S. RIO KAÑO

ANEXO 4

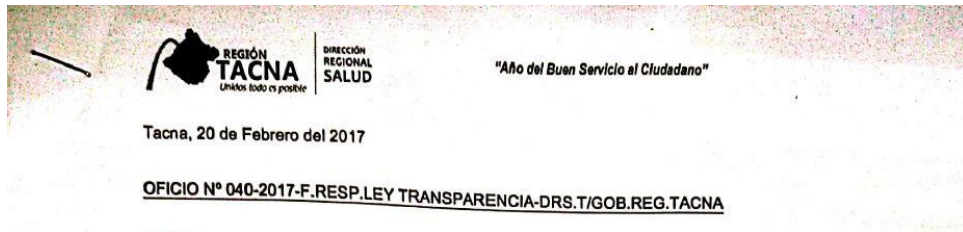
RELLENOS DE SEGURIDAD EN EL PERÚ

Denominación de la infraestructura de disposición final	Operador	UBICACIÓN			
		Celdas de seguridad	Departamento	Provincia	Distrito
Planta de tratamiento de residuos sólidos y relleno de seguridad en Lomas de Huatiana	Tower and Tower S.A., Chincha, Ica	x	Ica	Chincha	Chincha Alta
Infraestructura de disposición final de residuos sólidos del ámbito de la gestión no municipal (residuos peligrosos)	ARPE E.I.R.L., La Brea, Talara, Piura	x	Piura	Talara	La Brea
Relleno de Seguridad de Servicios y Relleno Sanitario Beraca E.I.R.L.	Servicios y Relleno sanitario Beraca EIRL, Pariñas, Talara, Piura	x	Piura	Talara	Pariñas
Relleno de Seguridad de BA Servicios Ambientales SAC	BA Servicios ambientales SAC, Pariñas, Piura	x	Piura	Talara	Pariñas
Infraestructura de disposición final de residuos sólidos no municipales de Are Yaku Pacha SAC	Are Yaku Pacha S.A.C.	x	Piura	Piura	Catacaos
Planta de tratamiento y Relleno de Seguridad de Befesa Perú S.A.	TARIS S.A. (antes Befesa Perú S.A.), Chilca, Cañete, Lima	x	Lima	Cañete	Chilca

Nota: Adaptación de Minam, (2019).

ANEXO 5

DOCUMENTO DE LA DIRESA



Tacna, 20 de Febrero del 2017

OFICIO N° 040-2017-F.RESP.LEY TRANSPARENCIA-DRS.T/GOB.REG.TACNA

SEÑORA

MARILU HILDA MANCHEGO COLQUE

CIUDAD.-

ASUNTO : REMISIÓN DE INFORMACIÓN
REFERENCIA : SOLICITUD REGISTRO N° 1269-2017-E.T.T.DOC.

Es grato dirigirme a usted, para saludarla cordialmente y según documento de la referencia, cumplir con remitir la información solicitada para vuestro conocimiento y fines pertinentes:

- o RESIDUOS SOLIDOS HOSPITALARIOS DE LA PROVINCIA DE TACNA DEL 2016

Dicho documento fue hecho llegar mediante Memorando N° 0057-2017-EEPASO-DESA-DRS.T/GOB.REG.TACNA, los mismos que trasladamos de conformidad con lo dispuesto por la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Sin otro particular, válgame de la ocasión para manifestarle mi mayor consideración y especial deferencia.

Atentamente,

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD TACNA

REG. MARCO ANTONIO DÍAZ ZÁVEDRA
FUNCIONARIO RESPONSABLE LEY N° 27806
LEY DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

C. c. Archivo
MADS/fchv

ANEXOS

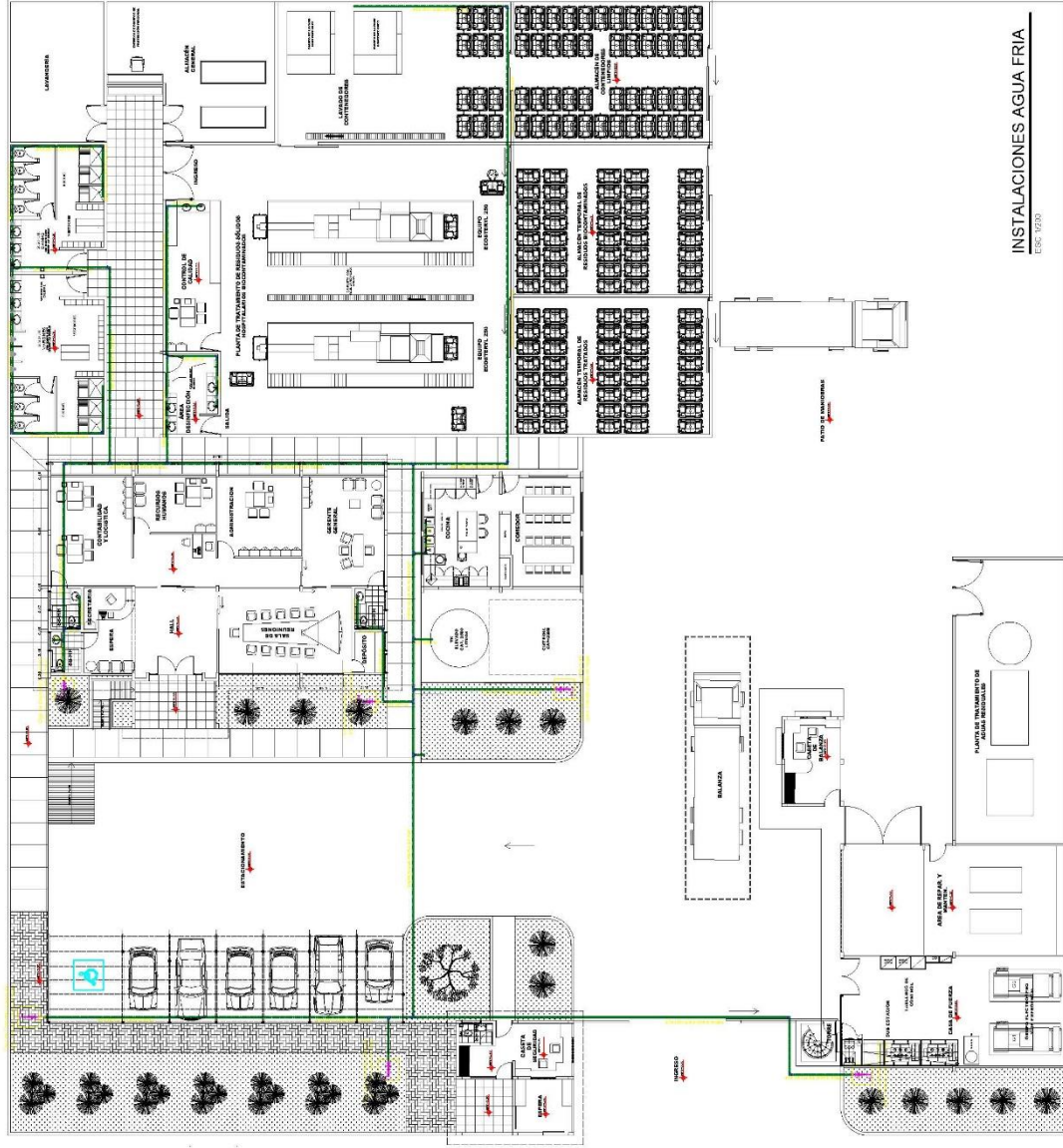
PLANOS

ESPECIFICACIONES TECNICAS AGUA

- 1.- LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE AGUA FRIA , SERAN DE PVC SAL (TIPO PESADO) CLASE 10 Kg/cm2 SIMPLE PRESION
- 2.- LOS ACCESORIOS PARA PUNTOS DE SALIDA , SERAN DE FIG° 3
- 3.- LAS VALVULAS DE COMPUERTA EN PARED SE INSTALARAN ENTRE DOS UNIONES UNIVERSALES Y EN NICHOS ADECUADAMENTE CONSTRUIDOS
- 4.- EL USO DE PESAMENTO DEBE SER ADECUADO EN CALIDAD Y CANTIDAD PARA GARANTIZAR IMPERMEABILIZACION EN LAS UNIONES

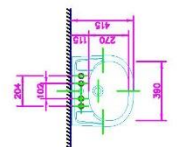
LEYENDA-AGUA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	MEDIDOR DE AGUA
	VALVULA DE RETENCION (CHEK) DE 3/4"
	VALVULA DE COMPUERTA EN TUB. HORIZONTAL ENTRE DOS UNIONES UNIVERSALES
	VALVULA DE COMPUERTA EN TUB. VERTICAL ENTRE DOS UNIONES UNIVERSALES
	REDUCCION CONCENTRICA DE 3/4" a 1/2"
	CODO DE 90°
	CRUCE DE TUBERIA SICONEXION
	CRUZ SANITARIA
	TEE SANITARIA
	TEE SANITARIA QUE SUBE
	TEE SANITARIA QUE BAJA
	CODO DE 90° QUE SUBE
	CODO DE 90° QUE BAJA
	UNION UNIVERSAL
	GRIFO DE RIEGO
	SALIDA DE AGUA INODOORO Y LAVABO h=0.30 m. y h=0.80 m.
	TUBERIA DE AGUA FRIA PVC-SAP

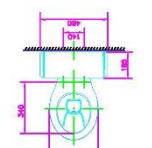


DET. DE SALIDAS DE AGUA EN SANITARIOS

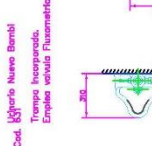
LAVATORIO ESCALA 1:25



INODOORO BABY ESCALA 1:25



URinario BABIBI ESCALA 1:25



Con: Ujieria Nuevo Bambii
Trompa Incorporado.
Empuje vertical Fluoromatico e Angular

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN

ESCUOLA DE POST GRADO

AUTOR: MSC MARILÚ HILDA MANCHEGO COLQUE

FECHA: OCTUBRE 2019

ESCALA: INDICADA

PLANO No. IS - 01

TITULO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS Y SIMILARES PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LA PROVINCIA DE TACNA, 2015

INSTALACIONES SANITARIAS - AGUA FRIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DESAGUE

- 1.- LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE DESAGUE SERAN DE PVC TIPO LIVIANO PARA DESAGUE TIPO : ESPIGA CAMPANA
- 2.- LOS ACCESORIOS PARA SUMIDERO Y REGISTRO ROSCADO, SERAN DE BRONCE E INSTALADOS A NIVEL DE PISO TERMINADO
- 3.- LAS CAJAS DE REGISTRO, SERAN CON MEDIA CAÑA EN LA BASE, PUEDE SER DE ALBAÑILERIA O DE CONCRETO PREFABRICADO EN AMBOS CASOS CON TARRAJEO PULIDO
- 4.- EL SISTEME DE VENTILACION DEBE PRESION ATMOSFERICA EN CADA APARATO SANITARIO Y PROTEGER CON SELLO DE AGUA
- 5.- LA PENDIENTE MINIMA PARA RAMALES Y COLECTORES SERA DE 2%

LEYENDA-DESAGUE

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJA DE REGISTRO 0.30 m x 0.60 m
	CAJA CIEGA DE REGISTRO 0.30 m x 0.60 m
	TUBERIA DE VENTILACION SUBE 90°
	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE EN PISO DE 1" 2
	TRAMPA P DE 2"
	SUMIDERO DE 2"
	YEE SIMPLE 45° DE 4" a 2"
	CODO DE 45° DE 4" a 4"
	CODO DE 90° LLEGA MONTANTE
	CODO DE 90° QUE SUBE
	CODO DE 90° QUE BAJA
	SUBE TEE SANITARIA PVC-SAL
	REDUCCION DE 4" a 2"
	TUBERIA DE DESAGUE PVC-SAL
	TUBERIA DE VENTILACION PVC-SAL

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN

ESCUELA DE POST GRADO

AUTOR: MSC MARILÚ HILDA MANCHEGO COLQUE

FECHA: OCTUBRE 2019

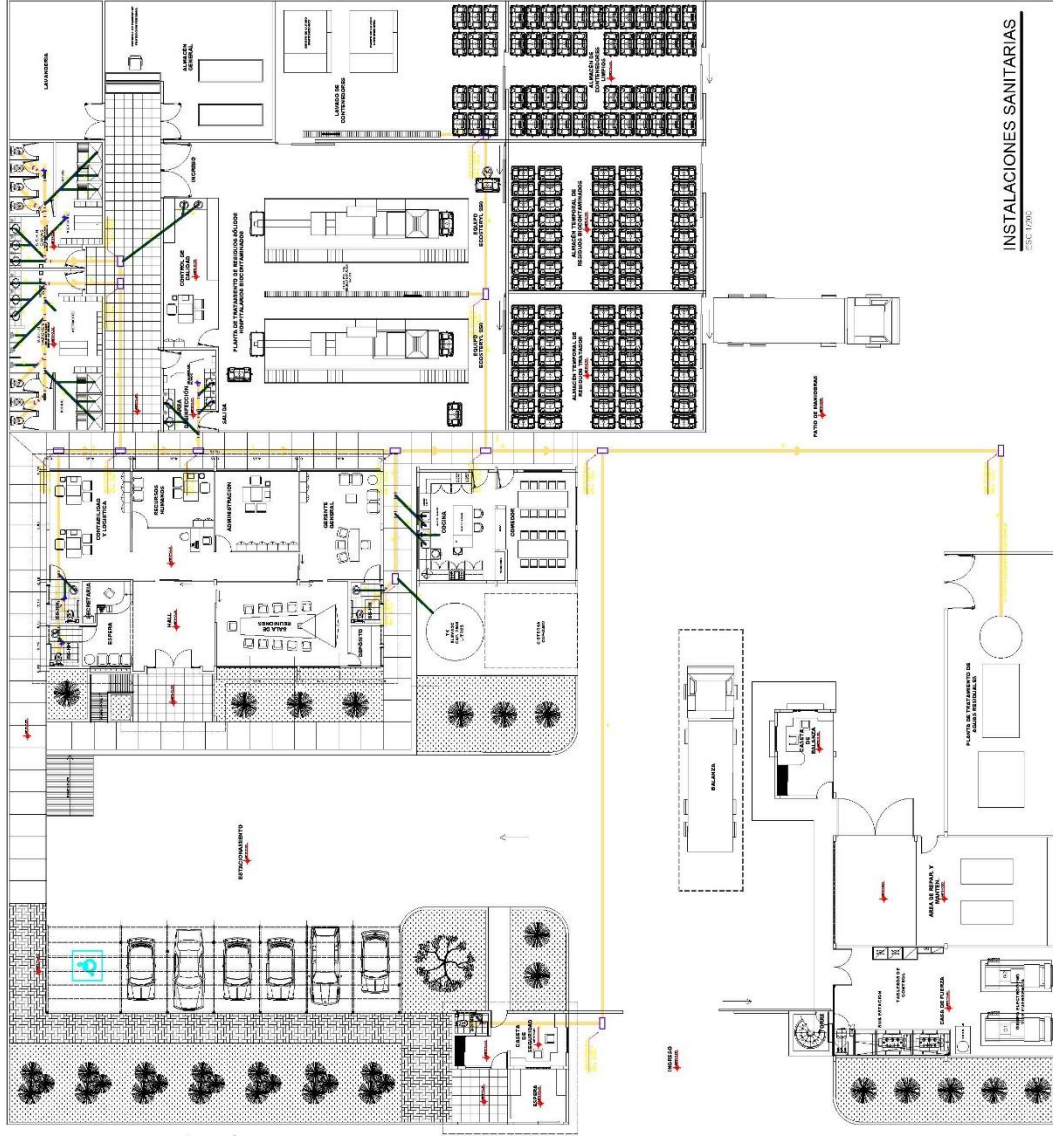
ESCALA: INDICADA

PLANO No.

IS - 02

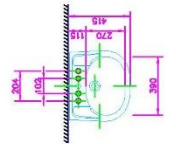
TITULO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS Y SIMILARES PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LA PROVINCIA DE TACNA, 2015

INSTALACIONES SANITARIAS - DESAGUE

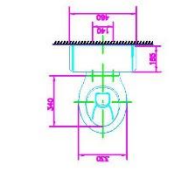


DET. DE SALIDAS DE DESAGUE EN SANITARIOS

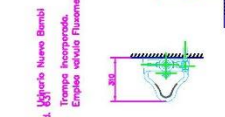
LAVATORIO ESCALA: 1/20



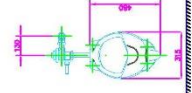
INODORO BABY ESCALA: 1/20

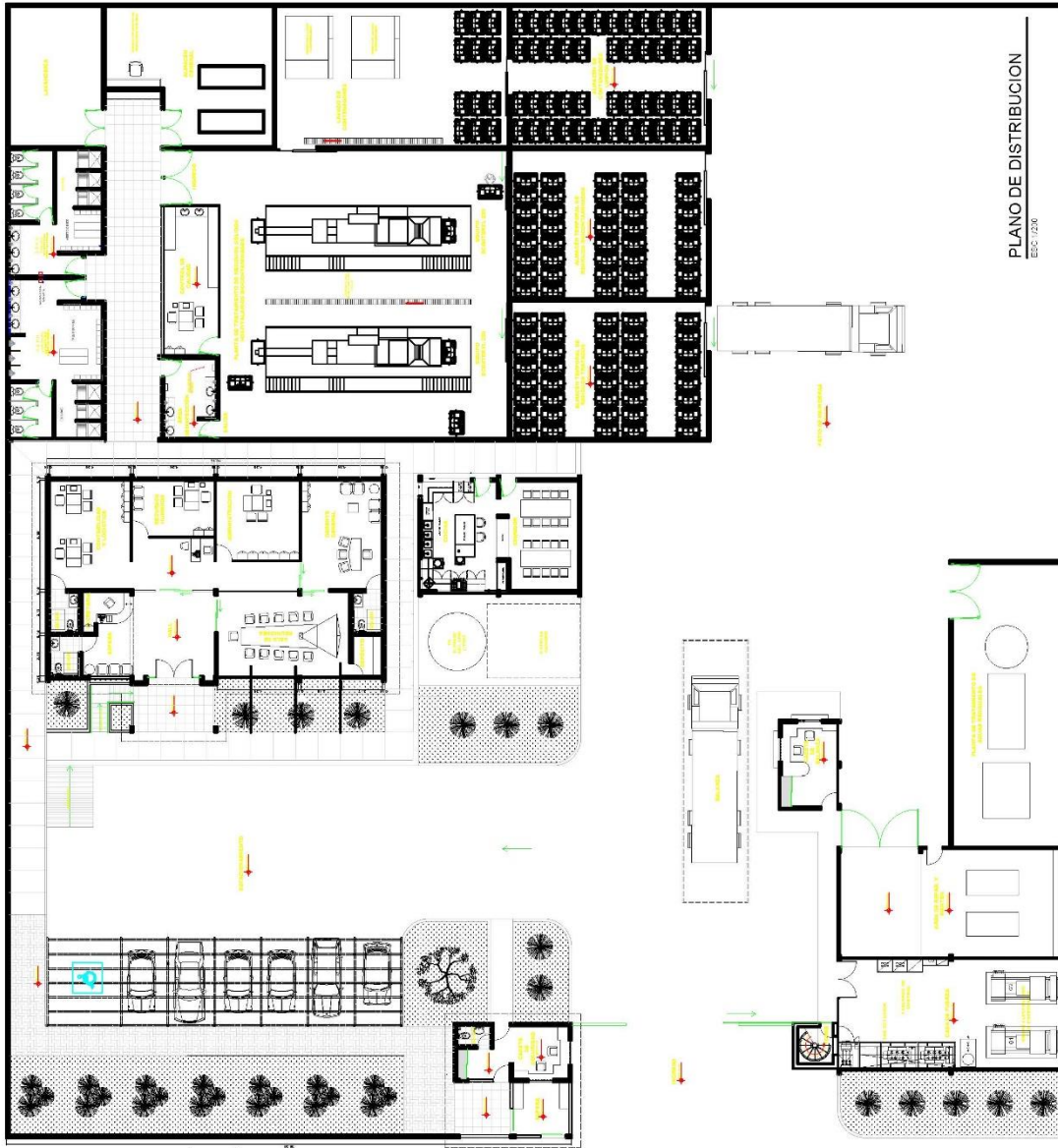


URRIBARIO BAMBÚ ESCALA: 1/20

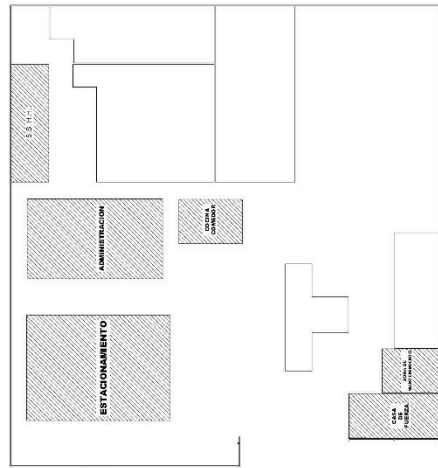
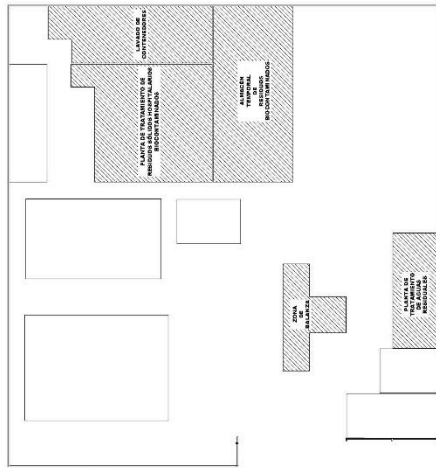


Cost. Urribario Nuevo Bambú
Trampa incorporado.
Empuje vehícle fluxométrico e Angular





PLANO DE DISTRIBUCION
ECP / 230



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN	
ESCUELA DE POST GRADO	
AUTOR:	MSC MARILÚ HILDA MANCHEGO COLQUE
TITULO:	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS Y SIMILARES PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LA PROVINCIA DE TACNA, 2015
FECHA:	OCTUBRE 2019
ESCALA:	INDICADA
PLANO N°:	DG - 01
INSTALACIONES ELECTRICAS	

ANEXO
ARTÍCULO CIENTÍFICO

CAPÍTULO IV

FITOEEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS

Jesús Diones G. (jdiosesg@hotmail.es)

Lourdes Pari Percca (lpp7766@hotmail.com)

Marilyn Manchego Colque (maryluna_20_10@hotmail.com)

4.1. Introducción

4.2. Objetivo

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Contaminación del medio ambiente

4.3.2. Métodos convencionales

4.3.3. Métodos de innovación

4.3.4. Plantas hiperacumuladoras

4.4. Conclusiones

4.5. Literatura citada

FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS

Jesús Dioses G. (jdiosesg@hotmail.es)

Lourdes Pari Percca (lpp7766@hotmail.com)

Marilú Manchego Colque (maryluna_20_10@hotmail.com)

Doctorado en Ciencias Ambientales de la Escuela de Posgrado Universidad Nacional Jorge
Basadre Grohmann – Tacna

Resumen

Este capítulo es sobre la fitoextracción de metales pesados, donde se describe la peligrosidad de los metales pesados, contaminación que causa al medio ambiente y los efectos sobre salud del ser humano. También se tocan aspectos relacionados a los métodos convencionales y de innovación que se viene aplicando en la actualidad para prevenir, reducir y eliminar suelos contaminados, que por acción antropogénicas se viene vertiendo al ambiente efluentes con altas concentraciones de metales pesados. De igual manera se describe la importancia del uso de plantas verdes denominadas hiperacumuladoras, que son utilizados en la fitoextracción, considerado como tecnología barata y de fácil uso, que cada vez toma mayor fuerza para ser utilizados en la remediación de suelos contaminados.

Los metales de mayor biodisponibilidad para la absorción por las plantas acumuladoras son el Cd, Ni, Zn, As, Se y Cu; con un comportamiento moderado están el Co, Mn y Fe, mientras que el Pb, Cr y U prácticamente no son biodisponibles.

Palabras clave: Ecosistema, efluentes, contaminación, fitoextracción, hiperacumuladores, metales pesados, rizosfera, tecnologías, contaminados.

4.1. Introducción

En la actualidad el medio ambiente viene sufriendo alteraciones debido al desarrollo tecnológico que con lleva la explotación masiva e indiscriminada de los recursos naturales (Sobre 2012), donde la actividad minera, son considerados un problema toxicológico permanente para los ecosistemas y la salud humana (Marchiol et al. 2004, Komárek et al. 2007). Debido a que constantemente se vierten efluentes con grandes concentraciones de metales pesados (Hernández et al. 2010; Clabeaux et al. 2013 y Luo et al. 2005), se está contaminando de forma progresiva al aire, agua y suelo, que afecta negativamente el funcionamiento de los organismos vivos (Carpena y Bernal 2007, Wu et al. 2006 y Cao et al. 2007), provocando numerosos efectos perjudiciales sobre la salud y el equilibrio de los ecosistemas (Sobre 2012, Salati et al. 2010, Chen et al. 2004 y Ma et al. 2013).

En respuesta a la creciente necesidad de reducir y remediar la contaminación del medio ambiente, particularmente la contaminación del suelo, muchas tecnologías se han desarrollado para remediar suelos contaminados (Liu et al. 2011), las que demandan altos y bajos costos (Li et al. 2014). Estas tecnologías permiten recuperar ambientes contaminados, sin embargo; la más recomendable es la aquella tecnología barata, como es la fitoextracción, por utilizar plantas con significancias estéticas, económicas y técnicas (Chen et al. 2007 y Hsiao et al. 2007), las mismas que son capaces de acumular y tolerar cantidades de metales pesados dentro de sus tejidos y biomasa aérea (González et al. 2011 y Llugany et al. 2007). Por ello, en las últimas décadas surgieron tecnologías basadas en el empleo de organismos vivos para descontaminar suelos o emplazamientos contaminados y recuperar los ecosistemas afectados (Carpena y Bernal 2007). La fitoextracción es una técnica muy interesante para recuperar suelos contaminados haciendo uso de plantas que pueden extraer y trastocar contaminantes a las partes cosechables, esta opción sólo es viable en lugares sin contaminación grave (Marchiol et al. 2004).

Según Sobre (2012), la definición de fitoextracción incluye cualquier proceso biológico, químico o físico inducido por las plantas, que ayuda en la absorción de los contaminantes, ya sea por las plantas mismas y/o por los microorganismos que se desarrollan en la rizosfera. Actualmente hay investigación de métodos para mejorar la biodisponibilidad de metales pesados en los suelos y aumentar la eficiencia de fitoextracción en acumuladores potenciales (Hseu et al. 2013, Raskin et al. 1997; Narasimha et al. 2003 y Halim et al. 2003). Según Meers et al. (2007) y Dickinson y Pulford (2005), los árboles son candidatos posibles para ser aplicados en la fitoextracción, ya que se viene obteniendo resultados muy alentadores (Carpena et al 2007).

4.2. Objetivo

- Dar a conocer los aspectos más relevantes de los artículos científicos analizados, referentes a la “fitoextracción de metales pesados”, con el fin de integrar los conocimientos a la práctica profesional, basados en los hallazgos de estudios científicos.

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Contaminación del medio ambiente por metales pesados

Para entender la contaminación del ambiente con metales pesados es necesario conocer que estos constituyen un grupo de 65 elementos con una densidad mayor de 5 g/cm^3 y poseen diversas características físicas, químicas y biológicas (Sobre 2012). Sin embargo Sánchez y Darío, (2010); señalan que la densidad es superior a 6 g/cm^3 y que el contenido de metales pesados en suelos no contaminados es bajo, no obstante pueden convertirse en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas.

Sobre (2012), indica que las altas concentraciones de metales pesados en el suelo pueden provocar cambios evolutivos, debido a sus efectos dañinos. Tal condición representa una amenaza no sólo para el medio ambiente sino también para la salud humana, con una serie de condiciones negativas como daños en el sistema neurológico y respiratorio, cáncer al pulmón, riñón y dermatitis entre otros, asociado a la exposición, ingestión o inhalación de metales pesados (Sánchez y Darío 2010).

Según Sánchez y Darío (2010), dentro del grupo de contaminantes se encuentra el As, Cd, Hg, Pb, Tl y U, y la acumulación de estos elementos está asociado al suelo, el aire y la contaminación del agua alrededor el mundo. Otros nueve metales han sido definidos como posibles elementos peligrosos: Ba, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Sn; su peligrosidad es potencial y deben mantenerse bajo control. Todos estos, excepto el manganeso, son metales traza, y todos, excepto el Bario, son metales pesados (Sobre 2012).

Es conveniente indicar que la exposición a los metales pesados conlleva a una amenaza latente para la salud de los seres vivos, teniendo en cuenta que los metales pesados no pueden ser destruidos, porque no es posible un cambio en la estructura nuclear del elemento, solamente es transformado de un estado de oxidación o complejo orgánico a otro (Sobre, 2012).

4.3.2. Métodos convencionales

Según Salati et al. (2010), los métodos están basados en técnicas de ingeniería civil como lavado, solidificación/estabilización u oxidación/reducción química de los contaminantes. Según Luo et al. (2005) la absorción de Cu, Pb, Zn y Cd en los suelos, es a través de tratamientos electrocinéticos, excavado, uso de quelantes químicos aplicación de EDTA, EDDS.

Asimismo, para acelerar el proceso de absorción también se utiliza el ácido cítrico y quelatos biodegradable - ácido metilglicindiacético (González et al. 2011). Sin embargo Liu et al. (2011) señala que el uso de estos productos químicos puede llevar a la contaminación secundaria del suelo y de las aguas subterráneas.

Estas técnicas convencionales son caras y viables sólo para áreas contaminadas relativamente pequeñas (Kidd et al 2007). Muchas de estas técnicas son costosas y de moderada eficacia, a la vez que exigen largos períodos de desarrollo e investigación, por lo que se ha trabajado intensamente en la búsqueda de alternativas nuevas y mejoradas que sustituyan a las actuales estrategias de saneamiento (Sobre 2012).

4.3.3. Métodos de innovación

De la información recopilada, se resalta que los investigadores a nivel mundial han realizado una serie de estudios para aplicar técnicas que permita disminuir la concentración de metales pesados en los suelos, conllevando al desarrollo de alternativas que se basan en el empleo de organismos, como es la utilización de plantas que constituyen una alternativa económica (Kidd et al. 2007), para eliminar, prevenir o restaurar contaminantes del suelo, provocados por acciones antropogénicas que alteran la estabilidad de los diferentes ecosistemas.

El uso de plantas y microorganismos rizosféricos puede ser una estrategia de saneamiento ambiental factible en cualquier país (Sobre 2012). Según Hseu et al. (2013) el uso de plantas es rentable en comparación a las técnicas químicas.

Se estima que el costo de las técnicas de fitoextracción, es entre 10 y 1000 veces menor que las técnicas tradicionales. En la actualidad existe todo un conjunto de técnicas en el campo de la fitoextracción que son aplicables tanto a contaminantes orgánicos como inorgánicos (Kidd et al. 2007). Citamos como ejemplo, el caso de la técnica de plantas hiperacumuladoras de níquel; el cual ha identificado hiperacumuladoras, distribuidas entre familias, (Baker et al. 2000; McGrath y Zhao. 2003).

Tabla 4.1. Umbrales de concentración de metal en planta utilizados como criterio de hiperacumulación, y número de taxones y familias de plantas hiperacumuladoras (Kidd et al. 2007).

Metal	Criterio (% en peso seco de hoja)	Nº taxones	Nº familias
Cadmio	>0,01	1	1
Cobalto	>0,1	28	11
Cobre	>0,1	37	15

Plomo	>0,1	14	6
Manganeso	>1,0	9	5
Níquel	>0,1	317	37
Cinc	>1,0	11	5

Las hiperacumuladoras de Ni son mucho más numerosas que las de otros metales. Se conocen al menos 317 especies que hiperacumulan Ni. (tabla 4.1) .

El desarrollo de nuevas tecnologías de fitorremediación representa una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de ambientes afectados por contaminantes naturales y antropogénicas (Kidd et al. 2007).

Tabla 4.2. Comparación de tipos de tratamiento en función a los costos.

Tipo de Tratamiento	Dólares/m ³	Tiempo requerido(meses)	Gastos Adicionales	Problemas de seguridad
Solidificación	90-200	6-9	Transporte , excavación y monitoreo a largo plazo	Lixiviados
Relleno sanitario	100-400	6-9	Monitoreo a largo plazo	Lixiviados
Extracción química	250-500	8-12	Reciclaje de sustancias químicas	Disposición de residuos
Fito extracción- Fito remediación	15-40	18-60	Tiempo, confinamiento del lugar e incineración	Disposición de residuos

Fuente: Schnnor (1997).

Los problemas de contaminación que existen actualmente requieren de tecnologías costo-efectivas, ambientalmente amigables y que puedan aplicarse a gran escala, tal es el caso de la fitoextracción. Existen varias técnicas aplicables a suelos contaminados con metales pesados (García y Reyes 2009).

- a) **La Biorremediación:** Tecnologías que consisten en el uso de sistemas biológicos naturales o mejorados genéticamente para degradar, transformar o eliminar sustancias peligrosas orgánicas e inorgánicas presentes en los suelos, aguas y aire (García y Reyes 2009). Es de bajo costo en comparación con otros métodos de limpieza y aceptación del público como una tecnología verde (Sánchez y Darío 2010).
- b) **Fitoextracción ó fitoacumulación:** Uso de plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos, para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las

partes cosechables (García y Reyes 2009). Según Sobre (2012) y Van et al. (2007), la absorción y translocación de los metales se realiza desde las raíces hasta las partes aéreas de las plantas. También, Sobre (2012) sostiene que las partes aéreas de las plantas se cortan y se incineran o son acumuladas con el objetivo de reciclar los metales. Los investigadores creen que las plantas utilizadas para la fitorremediación deben acumular metales sólo en las raíces. Varias especies acuáticas tienen la capacidad de eliminar los metales pesados del agua, como las lentejas de agua (Narasimha et al. 2003)

La planta ideal para el uso en fitoextracción debe tener las siguientes características: (i) la capacidad para acumular los metales destinada a ser extraído, preferiblemente en el partes aéreas; (ii) la tolerancia a las altas concentraciones de metales en los suelos; (iii) el crecimiento rápido y alta acumulación biomasa; (iv) de fácil cultivo como cultivo agrícola y totalmente aprovechable (Marchiol et al. 2004).

El éxito de fitoextracción depende mayormente de la identificación de plantas adecuadas no sólo para concentrar metales a niveles altos, sino también producir biomasa abundante (Sánchez y Darío 2010). La fitoextracción puede proporcionar una técnica eficaz para la eliminación de metales pesados de suelos contaminados (Marchiol et al. 2004), y la ventaja competitiva que ofrece una tecnología de remediación a base de plantas (Raskin et al. 1997), la que podría convertirse en una solución prometedora para la recuperación de suelos (Hseu et al. 2013).

Parece claro que todavía hay muchas posibilidades de mejora de la fitoextracción natural. En este sentido, para el desarrollo de sistemas efectivos de fitoextracción, será clave la combinación de la información generada en numerosos campos: bioquímica, fisiología de la planta, agronomía, edafología e ingeniería (Kidd et al. 2007).

La fitoextracción es eficaz en suelos contaminados por metales pesados, depende de su disponibilidad para captación de las plantas a su vez, puede estar influenciada tanto por el humus del suelo existente o una materia húmica exógena. Se ha propuesto en los últimos años como una estrategia útil para reducir rápidamente la contaminación del suelo por metales pesados. (Halim et al. 2003).

- c) **Fitoestabilización:** uso de plantas para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el entorno, mejorando las propiedades físicas y químicas del medio. (Kidd et al. 2007).
- d) **Fitodegradación:** uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes orgánicos a través de las enzimas de las plantas. Marchiol et al. 2004).
- e) **Fitovolatilización:** uso de plantas para eliminar los contaminantes del medio, mediante su volatilización, y para eliminar contaminantes del aire. También se basa en el uso de plantas tolerantes a los metales para inmovilizarlos a través de su absorción y acumulación en las raíces

o precipitación en la rizosfera, y disminuir su movilidad y biodisponibilidad para otras plantas o microorganismos en suelos donde la gran cantidad de contaminantes imposibilita la fitoextracción. (Kidd et al. 2007).

- f) **Fitoimmobilización:** las raíces de las plantas sirven como fijación o inmovilización de los contaminantes en el suelo y así mejorar las características físicas, químicas del suelo. (Narasimha et al. 2003).
- g) **Rizofiltración:** uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua y de otros efluentes acuosos. (Narasimha et al. 2003).
- h) **Fitorrestauración:** está referida a la reforestación de áreas contaminadas con especies resistentes de rápido crecimiento, que previenen la migración de partículas contaminantes y la erosión de los suelos (Kidd et al. 2007)

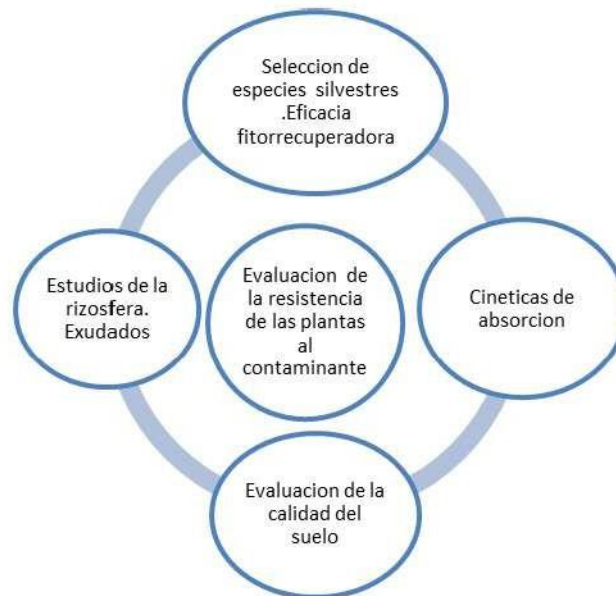


Figura 4.1. La Eficacia fitorrecuperadora de especies silvestres y evaluación de la calidad del suelo.

En la figura se observa los factores claves de la fitoextracción como la producción de biomasa y la concentración de metal de plantas, a su vez algunas características de resistencia de las plantas a los contaminantes de los suelos.

Existen enormes posibilidades de descubrir nuevas plantas tolerantes a metales o metalofitas (Kidd et al. 2007). En estas condiciones se desarrolla una comunidad vegetal singular, generalmente rica en taxones raros y/o endémicos, que han desarrollado mecanismos fisiológicos extremadamente especializados para resistir, tolerar y prosperar en estos medios tóxicos e infértiles, denominada flora serpentinítica o metalofita (Kidd et al. 2007).

Según Hernández et al. (2011), existe dos estrategias básicas, mediante las cuales las plantas superiores pueden tolerar altas concentraciones de metales pesados en el suelo. La primera, es la

exclusión mediante el cual el transporte de metales está restringido y la cantidad de metales en los brotes se mantiene en un amplio rango de concentraciones en el suelo. La segunda es la acumulación de metales por el que se acumulan en las partes superiores de la planta a ambas concentraciones altas y bajas de metales pesados (Liu et al. 2011).

4.3.4. Plantas hiperacumuladoras

Hiperacumulación: son plantas desarrolladas en campo capaces de acumular $>1.000 \text{ mg Ni kg}^{-1}$ de materia seca en algún tejido de su biomasa aérea (Brooks et al. 1977).

En la actualidad, se han identificado especies hiperacumuladoras, distribuidas entre 45 familias, lo que representa sólo el 0,2% de las angiospermas (Kidd et al. 2007). A esto Sobre (2012), señala que el empleo de plantas vasculares (flora arbórea, arbustiva, herbácea) y algas tienen la capacidad de almacenar y eliminar sustancias tóxicas mediante sus procesos metabólicos, principalmente metales pesados, denominadas plantas hiperacumuladoras. El objetivo original de investigar sobre plantas hiperacumuladoras ha sido identificar nuevos yacimientos minerales y aportar nuevas características fenotípicas para la identificación de especies. El uso de plantas hiperacumuladoras ha dado lugar a la técnica conocida como fitoextracción natural (Kidd et al. 2007). Las hiperacumuladoras de metales se han multiplicado por su potencial utilidad para el hombre como herramienta en la limpieza de suelos contaminados. Se han propuesto distintas hipótesis entre las que destaca la ventaja adaptativa de estas plantas frente al estrés biótico. Esta propuesta es una de las más atractivas para explicar la "razón de ser" de estas especies hiperacumuladoras.

En los últimos años se viene realizando muchas investigaciones con el afán de identificar plantas que tengan gran capacidad de hiperacumular altas concentraciones de metales pesados. La *Salicornia sp.* es capaz de crecer en relaves puros y llega a acumular altos niveles de componentes como Cu, Hg, Pb y As, sin sufrir fitotoxicidad (Pavez y Tapia 2012). La especie *Viguiera. dentata* pueden crecer en suelo contaminado con 10.224 mg As/kg y puede contener hasta 95 mg As/Kg (Hernández et al. 2010). Los metales de mayor biodisponibilidad para la absorción por las plantas acumuladoras son el Cd, Ni, Zn, As, Se y Cu; con un comportamiento moderado están el Co, Mn y Fe, mientras que el Pb, Cr y U prácticamente no son biodisponibles (Sobre 2012).

Hernández et al. (2010) indican que las concentraciones de Pb deben ser $> 1000 \text{ mg/kg}$ para ser considerarlos como hiperacumuladoras. La especie *Ambrosia artemisifolia*, podría ser utilizados para remediar suelos contaminados con Zn, S y la especie *Asclepias amplexicaulis* utilizados para suelos con Cu. Sin embargo, el Trébol japonés (*Lespedeza spp.*), acumula grandes cantidades de Cd en brotes y raíces (Liu et al. 2011). Algunas especies, como el maíz (*Zea mays*), girasol (*Helianthus*

annuus) y el tabaco (*Nicotiana tabacum*), tienen un potencial considerable para la extracción de contaminantes metálicos del suelo (Liu et al. 2011).

Tabla 4.3. Especies de plantas que hiperacumulan Zn, Ni, Se, Cu, Co, y Mn en más del 1% del metal en el tejido joven (en peso seco), en muestras colectadas en campos (aproximadamente 100 veces más altos que los niveles tolerados por cultivos normales).

Elemento	Especie de planta	Mg metal/kg tejido seco (hojas)	Lugar
Zn	<i>Thlaspi calami</i>	39,600	Alemania
Cd	<i>Thlaspi caerulescens</i>	1,800	Pennsylvania
Cu	<i>Aeollanthus biformifolius</i>	13,700	Zaire
Ni	<i>Phyllanthus serpentinus</i>	36,100	Nueva Caledonia
Co	<i>Haumaniastrum robertii</i>	10,200	Zaire
Se	<i>Astragalus racemosus</i>	14,900	Wyoming
Mn	<i>Alyxia rubricaulis</i>	11,500	Nueva Caledonia

Fuente: Chaney et al. 1999

Las hiperacumuladoras alcanzan concentraciones de metales en hojas entre 10 y 100 veces las concentraciones “normales” (Chaney et al. 2000). Actualmente se utiliza el término hiperacumuladora de metales para designar plantas que acumulan $>10\ 000\ \text{mg kg}^{-1}$ de Mn y Zn, $>1.000\ \text{mg kg}^{-1}$ de Co, Cu, Pb, Ni, As y Se y $>100\ \text{mg kg}^{-1}$ de Cd.

El patrón de la concentración de Cd en el tejido de la planta sugiere que las plantas examinadas absorben Cd muy activamente durante sus primeras etapas de crecimiento, lo que resulta en la acumulación temprana de este metal en sus tejidos. Sin embargo, a medida que continúa el desarrollo de la planta, se detiene la absorción de Cd a través de un efecto de dilución aparente, la concentración de Cd disminuida en los tejidos vegetales (Sánchez y Darío 2010). Las plantas de alta biomasa pueden llegar a ser efectivas acumuladoras de metales pesados en función de cada área (Sánchez y Darío 2010). El caso de la hiperacumuladora de Cadmio el mejor conocido es el *T. caerulescens* (Kidd et al. 2007).

La absorción de metales pesados y translocación desde la zona radicular a los tallos y las hojas de plantas, son impulsados por la transpiración, el estado de las aguas de los tejidos de las plantas y la humedad del suelo (Marchiol et al. 2004). Las cantidades más altas de metales en los brotes, generalmente se encuentra en plantas que muestran mayor concentración de metales en las raíces (Hernández et al. 2010). Normalmente la raíz es el órgano prioritario de entrada y acumulación (Sobre, 2012), sin embargo; Hernández et al.(2010) encontraron que la cantidad de metales era generalmente más alta en raíces y brotes de las plantas que crecen en los suelos más contaminados y el más bajo en el suelo menos contaminado.

Pavez y Tapia (2012) señala que la especie *Salicornia sp.*, es capaz de crecer en relaves puros y llega a acumular altos niveles de componentes como Cu, Hg, Pb y As sin sufrir fitotoxicidad.

Tabla 4.4. Formas de fitoextracción, aplicaciones y demostraciones de campo

Localización	Aplicación	Plantas	Contaminantes	Función
CHERNOBYL Ucrania	Rizo filtración, están que cercano al desastre nuclear.	Girasol, <i>Helianthus annuus</i>	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr	Reducción en un 90% en 2 semanas.
Ashtabula, Ohio	Rizofiltración residuos en la producción de energía.	Girasol <i>Helianthus annuus</i>	U	95 % de remoción en 24 horas de 350 ppb a < 5ppb
Trenton, Nueva Jersey	Fito extracción	Mostaza India <i>Brassica juncea</i>	Pb	Programa de limpieza Pb a niveles bajos en una cosecha
Rocky Flats, Colorado. Año 1997	Rizo filtración lixiviados de un relleno sanitario.	Girasoles y mostaza	U y nitratos	Programa de limpieza (comenzando)
Dearing, Kansas	Fito estabilización suelo estéril de una fundidora abandonada.	Álamo <i>Populus spp</i>	Pb, Zn, Cd Concentraciones >20,000 ppm para Pb y Zn.	50% de sobrevivencia después de 3 años. El sitio ha sido replantado sucesivamente
Whitewood Dakota del Sur	Fito estabilización suelo con residuos de mina	Álamo <i>Populus spp</i>	As, Cd.	95 % de árboles murieron por inclemencias del tiempo, venados en la zona de fitotoxicidad.
Pensylvania Año 1995	Fito extracción suelo con residuos de mina.	<i>Thalaspia caerulescens.</i>	Zn, Cd	Absorción rápida dificultad para descontaminar el suelo.
San Francisco, California	Fito volatilización suelos con petroquímicos y suelos con mal manejo agrícola.	<i>Brassica sp.</i>	Se	El Se es absorbido y volatilizado en baja proporción por lo que se presenta dificultad para descontaminar el suelo.

Fuente: Schnnor (1997).

Muchas especies toleran elevadas concentraciones de metales en el suelo porque restringen su absorción y/o translocación hacia las hojas, lo que les permite mantener concentraciones constantes

y relativamente bajas en la biomasa aérea, independientemente de la concentración metálica del suelo en un intervalo amplio. Sin embargo, otras absorben los metales activamente a partir del suelo y los acumulan en formas no tóxicas en su biomasa aérea (estrategia acumuladora). Una respuesta intermedia es la que presentan las plantas indicadoras, cuya concentración metálica refleja la del suelo.

Entre las acumuladoras se han reconocido diferentes grados de acumulación metálica, desde pequeñas elevaciones sobre el nivel de fondo hasta concentraciones excepcionalmente elevadas de metales pesados como el Ni, Zn y Co en su biomasa aérea sin mostrar ningún síntoma visible de toxicidad (Kidd et al. 2007).

El aumento de la capacidad de fitoextracción de las plantas hiperacumuladoras de Ni podría conseguirse a través de: (1) el cultivo y reproducción de especies hiperacumuladoras seleccionadas; (2) la optimización de las prácticas de manejo del suelo y la cosecha; (3) la manipulación de las condiciones de la rizosfera y (4) el desarrollo de plantas de crecimiento rápido y alta biomasa, con capacidad de absorción mejorada, a través de la ingeniería genética. Esta última medida podría conseguirse a través de la identificación y clonación de los genes responsables de la hiperacumulación de los metales pesados y su transferencia a plantas de cultivos de elevada productividad. Hasta la fecha, la aplicación más exitosa de la ingeniería genética ha sido la transformación de plantas con el gen bacteriano mera modificado, el cual trasfiere las características para destoxificar Hg (II). Sin embargo, las objeciones ecológicas, sociales y legales a estos procedimientos son numerosas (Kidd et al. 2007).

En la mayoría de los casos no se trata de especies raras, sino de cultivos bien conocidos, tal es el caso del girasol (*Heliantus annus*) capaz de absorber grandes cantidades de uranio depositado en el suelo y el maíz (*Sea mays*) con un gran potencial para la acumulación de cadmio y plomo (Sobre 2012). Asimismo, tenemos las hiperacumuladoras de Cd y Zn con un alto grado de concentración en tallos y hojas de las especies vegetales: Lactuca sativa (lechuga) identificada por su alta asimilación de cadmio, Helianthus annus (girasol) y Cucurbita moschata (calabacín). (Chaney et al. 1999, Chaney et al. 2000).

Tabla 4.5. Concentraciones de Cd y Zn (mg de metal /Kg de tejido vegetal seco) en la etapa terminal en las diferentes partes de la planta.

Especie Vegetal	Parte de la Planta	Suelo con Cd		Suelo con Cd + Zn		Suelo "Testigo "(con concentraciones de fondo)	
		(mg Cd/Kg de tejido seco)	(mg Cd/Kg de tejido seco)	Zn (mg Zn/Kg de tejido seco)	Cd (mg Cd/Kg de tejido seco)	Zn (mg Zn/Kg de tejido seco)	Cd (mg Cd/Kg de tejido seco)

			tejido seco)	tejido seco)	tejido seco)	tejido seco)
Lechuga (<i>Lactica Sativa</i> <i>var. longifolia</i>)	Raíz	210,4	156,3	342,1	5,4	108,2
	Tallo	126,1	143	198,74	4,1	40,2
	Hoja	203,7	166,2	255,1	5,0	53,6
	Totales	540,2	465,9	795,9	14,5	202
Lechuga (<i>Lactica sativa</i> <i>var. crispata</i>)	Raíz	318,9	378,1	430,2	1,7	109,7
	Tallo	211,6	267,1	458,9	ND	141,4
	Hoja	126,9	110,6	412,2	1,5	47,9
	Totales	657,4	755,8	1301,3	3,2	299,0
Calabacín (<i>Cucúrbita</i> <i>moshata</i>)	Raíz	357,3	421,3	556,1	17,2	133,4
	Tallo	101,7	139,5	248,5	1,9	50,0
	Hoja	66,3	140,7	274,1	1,8	85,1
	Flor	18,4	13,6	194,9	0,4	14,5
	Fruto	11,8	10,9	93,4	0,7	88,3
	Totales	555,5	726,0	1367,0	22,0	371,3
Girasol (<i>Helianthus</i> <i>annus</i>)	Raíz	81,3	116,0	253,4	10,3	123,2
	Tallo	140,5	27,9	107,3	0,2	33,2
	Hojas	34,4	64,0	358,6	ND	77,8
	Flor	14,1	47,5	323,6	ND	12,8
	Totales	270,3	255,4	1042,9	10,5	247,0

Vemos en la tabla 4.5 la capacidad de las plantas hiperacumuladoras de Cd y Zn; la especie más tolerante a la presencia del Cd es el calabacín, seguido por la lechuga y finalmente el girasol.

Chaney y sus colaboradores han evaluado la variabilidad genética de la especie *Alysson murale* y *Alysson corsicum* tras la recolección de semillas de un gran número de individuos, consiguieron concentraciones de Ni en hoja de hasta 22,000 mg /kg y producción de biomasa de hasta 20 Mg/ ha. en condiciones de campo (Li et al. 2003). En base a estos resultados y usando datos de precios de mercado del Ni, estimaron un beneficio neto para un cultivo anual.

Estos resultados responde a los procesos de hiperacumulación de metales pesados por plantas superiores que se desarrollan en varias etapas: a) bioactivación de metales pesados en la rizosfera, b) transporte de metales a través de la membrana plasmática de las células radiculares, c) traslocación de metales a través del xilema, d) detoxificación y secuestro metales por la planta (Yang X., Feng Y., He Z., Stoffella, p.j.).

Los experimentos de campo con seis cultivares perfumadas *Pelargonium*, realizadas en suelos calcáreos y contaminada-Pb, revelaron un crecimiento vigoroso de las plantas, sin síntomas de fitotoxicidad -a pesar de los altos niveles de acumulación de Pb (Arshad et al. 2008). Se han distinguido tres tipos de mecanismos fisiológicos relacionado con este proceso: acumulación, indicador y exclusión. Estos mecanismos le permiten tolerar altos valores de elementos metálicos que son tóxicos para otras especies vegetales (Sobre 2012).

La finalidad de la titoextracción es maximizar el crecimiento de las hiperacumuladoras (Kidd et al. 2007). La acidificación del suelo favorece la hiperacumulación de Cd o Zn, aunque un exceso de acidez puede inducir fitotoxicidad de Al o Mn. Por el contrario, la absorción y acumulación de Ni aumenta con el aumento de pH (Li et al. 2003) y (Kidd et al. 2007).

La acumulación de metales puede beneficiar a las plantas en su capacidad de reproducción ya que reduce las mordidas de insectos y de organismos dañinos. La tabla 6 presenta especies hiperacumuladoras de metales pesados, las cuales alcanzan a concentrar más del 1% del metal en el tejido joven cuando crecen en suelos contaminados (Chaney et al. 1999) y la estimación de la remoción de Cd, Co, Cu, Pb, Mg, Ni, Se, Ta y Zn en la biomasa de cosechas de cultivo en un promedio anual por hectárea.

Tabla 4.6. Especies de plantas hiperacumuladoras e hipertolerantes a los metales pesados.

Nº	ESPECIE	METAL PESADO	CONCENTRACIÓN (mg/kg, peso seco)	BIOMASA (Ton/ha/año)
01	<i>Thlaspi caerulescenes</i>	Cadmio	3000	4
02	<i>Haumaniastrum robertii</i>	Cobalto	10200	4
03	<i>H. katangense</i>	Cobre	8356	5

04	<i>T. rotundifolium</i>	Plomo	8200	4
05	<i>Macadamia neurophylla</i>	Manganeso	55000	30
06	<i>Alyssum bertolonii</i>	Níquel	13400	9
	<i>Berkheya coddii</i>		17000	18
07	<i>Astragalus pattersoni</i>	Selenio	6000	5
08	<i>Iberis intermedia</i>	Talio	3070	8
09	<i>T. Calaminare</i>	Zinc	1000	4

El conocimiento completo de la tolerancia de la planta al metal, será esencial para desarrollar estrategias para incrementar genéticamente la habilidad de las plantas para la acumulación de metal. Esto tendrá significativas implicancias para la fitoextracción, dado que la mayoría de las especies hiperacumuladoras conocidas, crecen lentamente y tiene biomasa pequeña, expresando sus genes acumuladores de metales en el crecimiento rápido, elevada biomasa de plantas, es una prometedora aproximación para desarrollar plantas que puedan ser utilizadas en la tecnología de fitoextracción.

4.4. Conclusiones

Los metales pesados se convierten en una amenaza para el ecosistema y la vida en nuestro planeta, cuando las concentraciones sobrepasan los límites permisibles, por lo tanto; la fitoextracción resulta ser una técnica barata y fácil de usar, para prevenir, reducir y eliminar los metales pesados, que se incorporan en concentraciones altas a los factores ambientales como aire, suelo y agua, significando una alternativa muy alentadora a mediano plazo y ser utilizadas en diversas especies de plantas. Por la gran capacidad de hiperacumular altas concentraciones de metales pesados, las mismas que podrían ser utilizadas para lugares que han sido contaminados por efluentes industrializados, existiendo métodos convencionales que se vienen practicando en la actualidad resultan económicamente caros cuando el área de intervención es grande, significando un riesgo cuando se hace uso de productos químicos.

4.5. Literatura citada

Arshad, M., Silvestre, J., Pinelli, E., Kallerhoff, J., Kaemmerer, M., Tarigo, a, ... Dumat, C. (2008). A field study of lead phytoextraction by various scented Pelargonium cultivars. *Chemosphere*, 71(11), 2187–92. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.02.013

- Cao, A., Carucci, A., Lai, T., La Colla, P., & Tamburini, E. (2007). Effect of biodegradable chelating agents on heavy metals phytoextraction with *Mirabilis jalapa* and on its associated bacteria. *European Journal of Soil Biology*, *43*(4), 200–206. doi:10.1016/j.ejsobi.2007.02.002
- Carpena, R. O., & Bernal, M. P. (2007). Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos, *16*(2), 1–3.
- Chen, Y., Li, X., & Shen, Z. (2004). Leaching and uptake of heavy metals by ten different species of plants during an EDTA-assisted phytoextraction process. *Chemosphere*, *57*(3), 187–96. doi:10.1016/j.chemosphere.2004.05.044
- Chen, Y.-H., Mao, Y., He, S.-B., Guo, P., & Xu, K. (2007). Heat stress increases the efficiency of EDTA in phytoextraction of heavy metals. *Chemosphere*, *67*(8), 1511–7. doi:10.1016/j.chemosphere.2006.12.016
- Clabeaux, B. L., Navarro, D. a, Aga, D. S., & Bisson, M. a. (2013). Combined effects of cadmium and zinc on growth, tolerance, and metal accumulation in *Chara australis* and enhanced phytoextraction using EDTA. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *98*, 236–43. doi:10.1016/j.ecoenv.2013.08.014
- Dickinson, N. M., & Pulford, I. D. (2005). Cadmium phytoextraction using short-rotation coppice *Salix*: the evidence trail. *Environment International*, *31*(4), 609–13. doi:10.1016/j.envint.2004.10.013
- Franco-Hernández, M. O., Vásquez-Murrieta, M. S., Patiño-Siciliano, a, & Dendooven, L. (2010). Heavy metals concentration in plants growing on mine tailings in Central Mexico. *Bioresource Technology*, *101*(11), 3864–9. doi:10.1016/j.biortech.2010.01.013
- García, R., & Reyes, A. (2009). Fitorremediación de metales pesados y microorganismos. *Ama.redciencia.cu*, (16), 1–6. Retrieved from <http://ama.redciencia.cu/articulos/16.02.pdf>
- González, I., Cortes, A., Neaman, A., & Rubio, P. (2011). Biodegradable chelate enhances the phytoextraction of copper by *Oenothera picensis* grown in copper-contaminated acid soils. *Chemosphere*, *84*(4), 490–6. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.03.015
- Halim, M., Conte, P., & Piccolo, a. (2003). Potential availability of heavy metals to phytoextraction from contaminated soils induced by exogenous humic substances. *Chemosphere*, *52*(1), 265–75. doi:10.1016/S0045-6535(03)00185-1

- Hseu, Z.-Y., Jien, S.-H., Wang, S.-H., & Deng, H.-W. (2013). Using EDDS and NTA for enhanced phytoextraction of Cd by water spinach. *Journal of Environmental Management*, *117*, 58–64. doi:10.1016/j.jenvman.2012.12.028
- Hsiao, K.-H., Kao, P.-H., & Hseu, Z.-Y. (2007). Effects of chelators on chromium and nickel uptake by *Brassica juncea* on serpentine-mine tailings for phytoextraction. *Journal of Hazardous Materials*, *148*(1-2), 366–76. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.02.049
- Kidd, P. S., Castro, C. B., Lestón, M. G., & Monterroso, C. (2007). Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural : el género *Alyssum* L., *16*, 1–18.
- Komárek, M., Tlustos, P., Száková, J., Chrástný, V., & Ettler, V. (2007). The use of maize and poplar in chelant-enhanced phytoextraction of lead from contaminated agricultural soils. *Chemosphere*, *67*(4), 640–51. doi:10.1016/j.chemosphere.2006.11.010
- Li, Z., Wu, L., Hu, P., Luo, Y., Zhang, H., & Christie, P. (2014). Repeated phytoextraction of four metal-contaminated soils using the cadmium/zinc hyperaccumulator *Sedum plumbizincicola*. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, *189*, 176–83. doi:10.1016/j.envpol.2014.02.034
- Liu, L., Li, Y., Tang, J., Hu, L., & Chen, X. (2011). Plant coexistence can enhance phytoextraction of cadmium by tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) in contaminated soil. *Journal of Environmental Sciences*, *23*(3), 453–460. doi:10.1016/S1001-0742(10)60430-5
- Llugany, M., Tolrà, R., Poschrieder, C., & Barceló, J. (2007). Hiperacumulación de metales : ¿ una ventaja para la planta y para el hombre ?, *16*, 1–6.
- Luo, C., Shen, Z., & Li, X. (2005). Enhanced phytoextraction of Cu, Pb, Zn and Cd with EDTA and EDDS. *Chemosphere*, *59*(1), 1–11. doi:10.1016/j.chemosphere.2004.09.100
- Ma, Y., Rajkumar, M., Luo, Y., & Freitas, H. (2013). Phytoextraction of heavy metal polluted soils using *Sedum plumbizincicola* inoculated with metal mobilizing *Phyllobacterium myrsinacearum* RC6b. *Chemosphere*, *93*(7), 1386–92. doi:10.1016/j.chemosphere.2013.06.077
- Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., & Zerbi, G. (2004). Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, *132*(1), 21–7. doi:10.1016/j.envpol.2004.04.001

- Meers, E., Vandecasteele, B., Ruttens, a., Vangronsveld, J., & Tack, F. M. G. (2007). Potential of five willow species (*Salix* spp.) for phytoextraction of heavy metals. *Environmental and Experimental Botany*, *60*(1), 57–68. doi:10.1016/j.envexpbot.2006.06.008
- Monsant, a C., Tang, C., & Baker, a J. M. (2008). The effect of nitrogen form on rhizosphere soil pH and zinc phytoextraction by *Thlaspi caerulescens*. *Chemosphere*, *73*(5), 635–42. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.07.034
- Narasimha, M., Prasad, V., Maria, H., & Freitas, D. O. (2003). Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology, *6*, 285–321.
- Pavez, O., & Tapia, M. (2012). FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS DESDE RELAVES, *28*, 20–26.
- Raskin, I., Smith, R., & Salt, D. (1997). Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Current Opinion in Biotechnology*, *8*(2), 221–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9079727>
- Salati, S., Quadri, G., Tambone, F., & Adani, F. (2010). Fresh organic matter of municipal solid waste enhances phytoextraction of heavy metals from contaminated soil. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, *158*(5), 1899–906. doi:10.1016/j.envpol.2009.10.039
- Sánchez, S., & Darío, R. (2010). BIOMASS PRODUCTION AND HEAVY METAL ABSORPTION BY FOUR PLANTS GROWN AT THE MORAVIA DUMP ,.
- Sobre, A. (2012). Redalyc.Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental, *46*, 52–61.
- Van Nevel, L., Mertens, J., Oorts, K., & Verheyen, K. (2007). Phytoextraction of metals from soils: how far from practice? *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, *150*(1), 34–40. doi:10.1016/j.envpol.2007.05.024
- Wu, Q., Deng, J., Long, X., Morel, J., & Schwartz, C. (2006). Selection of appropriate organic additives for enhancing Zn and Cd phytoextraction by hyperaccumulators. *Journal of Environmental Sciences (China)*, *18*(6), 1113–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17294951>