

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



VALORACIÓN DE LODOS SEDIMENTADOS GENERADOS EN
LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE EPSEL PARA USO
COMO ABONO ORGÁNICO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: BURGA RAFAEL ALBERTO FERNANDO

Chiclayo, Septiembre 2014

**“VALORACIÓN DE LODOS SEDIMENTADOS GENERADOS EN
LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE EPSEL PARA USO
COMO ABONO ORGÁNICO”**

POR:

BURGA RAFAEL ALBERTO FERNANDO

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santo Toribio de
Mogrovejo para optar el título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

MGTR. JOSÉ MANUEL GENARO LECAROS BARRAGÁN
PRESIDENTE

MGTR. SONIA MIRTHA SALAZAR ZEGARRA
SECRETARIO

ING. MARÍA LUISA ESPINOZA GARCÍA URRUTIA
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional en toda mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y la gran familia que tengo.

A mis padres por ser el pilar principal para poder culminar mis estudios.

A mi asesora Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia por su apoyo permanente en la realización de esta tesis y también a mis profesores por toda su enseñanza.

A los profesionales de la Empresa EPSEL S.A. quienes con su gran aporte, permitieron concretar el desarrollo de la misma y también a los diferentes ministerios que brindaron su relevante información en cada momento.

PRESENTACION

La realización de la presente tesis surgió en base a la necesidad que tiene la sociedad hoy en día respecto a la preservación del medio ambiente, la responsabilidad social es fundamental; ya que de esta manera es la única forma de lograr el desarrollo sostenible y estar en conformidad con la sociedad y el entorno.

En los últimos años la humanidad ha conseguido un sorprendente desarrollo científico y tecnológico, pero no menos real es que, la industrialización caracterizada desde siempre, por una eminente corriente capitalista, ha llevado al mundo a una necesaria reflexión sobre los daños y cambios climáticos producidos por la contaminación ambiental existente en nuestro medio local y en todo el planeta.

Hasta hace pocos años en las plantas de tratamiento de agua residual, solo se gestionaba el tratamiento del agua como tal, no prestando atención a los lodos que se generaban. Es por ello que se propone este estudio, para evaluar la viabilidad de una planta de compostaje a partir de lodos generados en las lagunas de estabilización de la empresa Epsel S.A.; para ello se estableció un análisis de la situación actual del mercado, para determinar la demanda del abono orgánico, caracterizando también a los lodos que son fuente de materia prima en laboratorios acreditados.

En la agricultura convencional, el suelo ha sido considerado como un soporte inerte-fuente de nutrientes donde se podía aplicar los agroquímicos sin ninguna consideración y la vida que alberga, estas prácticas han acelerado la degradación y afectado la fertilidad natural poniendo en peligro la productividad del suelo. De esta forma es que se presenta también el proceso óptimo para la valoración de lodos y su uso como abono orgánico, con la intención de reponer las características del suelo en el momento que se aplique sobre el mismo y otro episodio importante es el estudio económico para determinar la rentabilidad de este proyecto.

Es así como se planteó la tesis, dando a conocer las diferentes oportunidades que hay en el País, las cuales aún no se han dado cuenta por diversas razones, logrando así una buena propuesta de conocimiento de nuestros recursos naturales.

Los fundamentos de la presente tesis contienen información veraz de fuentes tanto nacionales e internacionales para su desarrollo, el cual se pudo realizar con el apoyo brindando por el asesor, los diversos ingenieros de la Escuela de Ingeniería Industrial y las instituciones del medio local.

El autor

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad la valorización de los lodos que se generan en las lagunas de estabilización de la empresa Epsel S.A., partiendo de la falta de tratamiento sobre estos lodos; debido a que este tipo de residuos son causantes de contaminación al ambiente, creando uno de los retos a los que la sociedad se enfrenta, en su preocupación por la disposición de lodos.

Así se plantea la valorización de lodos para obtener abono orgánico, por lo cual se analizó la situación actual del mercado de fertilizantes en la región de Lambayeque, encontrando una gran demanda sobre el uso de este producto. Se realizó la caracterización de los lodos para fijar y evaluar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas que posee, fijándose dentro de los parámetros para su uso como enmienda de suelos. Se estableció la metodología para obtener el abono orgánico a partir de los lodos, resultando el proceso de compostaje por pilas de volteo como el más viable; para la ubicación de la planta se tuvo en cuenta factores como disponibilidad de materia prima, teniendo un área de 3 483,23 m². Por último se determinó la viabilidad económica y financiera de la producción de abono a fin de establecer la factibilidad para la aplicación en suelos agrícolas de la región.

De esta manera se pretende reducir la contaminación ambiental y contribuir con el desarrollo sustentable de Lambayeque, para lo cual se establece una propuesta de manejo adecuada de lodos para la planta de tratamiento de aguas residuales de Epsel S.A.

PALABRAS CLAVES: *aguas residuales, lagunas de estabilización, compostaje, abono orgánico.*

ABSTRACT AND KEY WORDS

This paper aims recovery of sludge generated in the stabilization ponds Epsel S.A. company, based on the lack of treatment of sewage sludge , because this type of waste is causing pollution to the environment , creating one of the challenges facing society , in their concern for sludge disposal.

So the valuation arises sludge for compost, so the current situation of the fertilizer market in the region of Lambayeque was analyzed, finding a high demand on the use of this product. Sludge characterization was performed to establish and evaluate the physicochemical and microbiological conditions having being fixed within the parameters for its use as a soil amendment. Methodology was established to obtain the organic fertilizer from the sludge, resulting from the composting process dump piles as the most viable, for the location of the plant took into account factors such as availability of raw material, having an area of 3 483,23 m². Finally the economic and financial viability of composting in order to establish the feasibility for application in agricultural soils of the region was determined.

This approach is intended to reduce environmental pollution and contribute to sustainable development of Lambayeque, for which a proposal suitable for handling sludge treatment plant wastewater Epsel set SA

KEY WORDS: *residual waters, lagoons of stabilization, compostaje, organic credit.*

ÍNDICE

CARATULA	i
CARATULA CON JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
PRESENTACION	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE	viii
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	19
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	19
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	21
2.2.1 AGUAS RESIDUALES	21
2.2.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	21
2.2.2.1 Características físicas del agua residual	21
- Sólidos totales	21
- Olores	22
- Temperatura	22
- Color	22
- Turbidez	22
2.2.2.2 Características químicas del agua residual	22
- Materia orgánica	22
- Medida del contenido orgánico	23
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	23
- Materia inorgánica	23
- Gases	24
2.2.2.3 Características biológicas	24
- Microorganismos	24
- Organismos Patógenos.	24
2.2.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CHICLAYO	23
2.2.3.1 Sistema de tratamiento	25
- <i>Aguas residuales</i>	25
- <i>Canal de ingreso de las aguas residuales</i>	25
- <i>Cámara de rejás</i>	25
- <i>Lagunas anaeróbicas primarias</i>	25
- <i>Lagunas facultativas secundarias</i>	25
- <i>Canal de descarga de aguas tratadas</i>	25

- Canal de riego de los agricultores	25
2.2.3.2 Parámetros de control para el tratamiento de aguas residuales	26
2.2.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	27
2.2.5 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE SAN JOSÉ - EPSEL	27
2.2.6 LODOS DE DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS	28
2.2.7 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE LODOS	29
2.2.7.1 Estabilización del lodo	29
- Digestión aeróbica	30
- Digestión Anaeróbica	30
- Tipos de digestores anaerobios	30
2.2.7.2. Espesado	32
- Espesado por gravedad o sedimentación	32
- Espesado por centrifugación	32
- Espesado por flotación	33
2.2.8 COMPOSTAJE	33
2.2.8.1 Factores físicos y químicos que influyen en el proceso de compostaje	34
- Sustrato	34
- Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	34
- Humedad	34
- El pH	35
2.2.8.2 Tipos de compostaje	35
- Proceso de pila estática aireada	35
- Proceso en hileras o pilas de volteo	36
- Sistemas cerrados	37
2.2.8.3 Ventajas y desventajas de los tipos de compostaje	37
- Pilas estáticas aireadas	37
a. Ventajas	37
b. Desventajas	37
- Pilas de Volteo o hilera	37
a. Ventajas	37
b. Desventajas	38
- Reactor	38
a. Ventajas	38
b. Desventajas	38
- Fase latente	38
- Fase mesófila	38
- Fase termófila	38
- Fase de enfriamiento	38
- Fase de maduración	39
2.2.9 COMPOST	39
2.2.9.1 Definición	39
2.2.9.2 Beneficios del compost	39
2.2.10 NORMATIVA ASOCIADA A LA APLICACIÓN DE LODOS EN SUELOS	40
- Normativa EEUU (40 CFR, Part 503)	41
2.2.11 RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL Y MEDIO AMBIENTE	41
III. RESULTADOS	42
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO PARA EL USO DE ABONO ORGÁNICO	42
3.1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO	42

3.1.2. EL PRODUCTO EN EL MERCADO	43
- Producto principal	43
- Características y propiedades	43
- Composición	43
- Usos	44
- Productos sustitutos	44
3.1.3. ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	45
- Factores que determinan el área de mercado	45
- Área de mercado seleccionada	45
3.1.4. DEMANDA DE FERTILIZANTES A NIVEL NACIONAL	45
- Situación actual de la demanda.	46
- Método de proyección de la demanda	49
- Proyección de la demanda	50
3.1.5. OFERTA DE FERTILIZANTES A NIVEL NACIONAL	51
- Evaluación y características actuales de la oferta.	51
- Oferta histórica de crecimiento.	51
- Oferta actual.	51
- Método de proyección de la oferta	52
- Proyección de la Oferta	53
3.1.6. DEMANDA INSATISFECHA	54
- Determinación de la demanda insatisfecha	54
3.1.7. DEMANDA DEL PROYECTO	54
3.1.8. PRECIOS	56
- Precio del producto en el mercado.	56
- Precio de productos sustitutos.	56
- Precio histórico nacional de la urea	57
- Precio histórico nacional del guano de isla	58
- Modelo de proyección para el precio del guano de la isla	59
- Proyección para el precio del guano de isla	59
- Políticas de precios.	60
3.1.9. PLAN DE VENTAS	60
3.1.10. COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO	61
3.2. MATERIAS PRIMAS Y SUMINISTROS	62
3.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS LODOS SEDIMENTADOS	
3.2.1.1. Caracterización del lodo sedimentado de las lagunas de estabilización de San José-Epsel	62
3.2.2. REQUERIMIENTOS DE MATERIALES E INSUMOS	64
3.2.2.1. Plan de Producción y requerimientos de Materiales	64
3.2.2.2. Disponibilidad de materias primas.	65
3.2.2.3. Producción de agua potable de Epsel S.A.	65
3.2.2.4. Producción de agua residual de Epsel S.A.	65
3.2.2.5. Producción de lodos	66
3.3. LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO	67
3.3.1. MACROLOCALIZACIÓN	67
3.3.1.1. Aspectos Geográficos	67
- Superficie	67
- Ubicación	67
- Relieve	68
- Climatología	69
- Hidrografía	69

- Evolución de la actividad productiva	70
- Agropecuaria	71
3.3.1.2. Aspectos Socioeconómicos	71
- Población	71
- Estructura productiva	71
- Economía	72
- Turismo	73
3.3.1.3. Infraestructura	73
- Servicios de telecomunicaciones	73
- Electrificación	73
- Transporte	75
3.3.2. FACTORES BÁSICOS QUE DETERMINAN LA LOCALIZACIÓN	77
3.3.2.1. Análisis de los mercados de consumo	77
3.3.2.2. Disponibilidad y costo	78
- Trabajo	78
- Costo de Construcción	79
3.3.2.3. Estudio de disponibilidad de materias primas	79
3.3.2.4. Impacto ecológico y ambiental	80
3.3.3. MICROLOCALIZACIÓN	81
3.3.4. TAMAÑO	82
- Tamaño – Mercado	82
- Tamaño – Tecnología	82
- Tamaño – Materia prima	82
- Tamaño – Financiamiento	82
3.4. INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	82
3.4.1. PLAN PARA EXTRACCIÓN DE LODOS	82
- Desvío de afluente y su impacto en el sistema	83
- Drenaje de las lagunas facultativas	83
- Secado de lodos	83
- Extracción de lodos	83
- Transporte de lodos a planta	83
3.4.2. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ABONO ORGÁNICO	83
3.4.2.1. Proceso Global	84
- Recepción y pesado	84
- Compostaje	84
- Recogida de lixiviados	84
- Tamizado	84
- Envasado	85
- Almacenamiento	85
3.4.2.2. Diagrama de Flujo	85
3.4.2.3. Diagrama de procesos de la producción de abono	86
3.4.2.4. Cálculo de la productividad para la planta de compostaje	87
3.4.3. TECNOLOGÍA	87
3.4.3.1. Maquinaria y Tecnología	87
✓ <i>Capacidad de producción</i>	87
✓ <i>Costos</i>	88
✓ <i>El proveedor</i>	88
✓ <i>Tecnología</i>	88
- Mini cargador John Deere Modelo 320 D	89
- Volquete SY3090 BRIT 8 toneladas	90

- Balanza camionera	91
- Trituradora AZ	91
- Tamiz vibratorio 2YA-1237	92
- Ensacadora (Marca Willibald)	93
3.4.4. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	95
3.4.4.1 Áreas para instalación de la planta	95
- Área de recepción	95
- Área de compostaje	95
- Área de acondicionamiento y envasado	97
- Método de Guerchet	97
3.5. RECURSOS HUMANOS	99
3.5.1. REQUERIMIENTO DE PUESTOS	99
- Gerente General	99
- Jefe de Producción	99
- Jefe de ventas	99
- Vendedores	100
- Operarios	100
3.5.2. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	100
3.6. INVERSIONES	101
3.6.1. INVERSION FIJA	101
3.6.2. CAPITAL DE TRABAJO	103
3.6.3. PRESUPUESTO DE INGRESOS	103
3.6.4. INVERSION	103
3.6.5. PRESUPUESTO DE GASTOS	104
3.6.6. PRESUPUESTO COSTOS	105
3.6.7. PUNTO DE EQUILIBRIO	106
IV. CONCLUSIONES	107
V. RECOMENDACIONES	108
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
VII. ANEXOS	114
ANEXO 1. Estimación de generación, uso y gestión de lodos de depuradora en la unión europea	115
ANEXO 2. Canal de ingreso de las aguas residuales	115
ANEXO 3. Cámara de rejillas parte superior	116
ANEXO 4. Cámara de rejillas parte inferior	116
ANEXO 5. Válvula tipo compuerta	117
ANEXO 6. Lagunas de estabilización de San José Epsel S.A.01	117
ANEXO 7. Lagunas de estabilización de San José Epsel S.A.02	118
ANEXO 8. Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales de Chiclayo	119
ANEXO 9. Método de proyección de la demanda	120
ANEXO 10. Método de proyección de la oferta	121
ANEXO 11. Precio promedio de venta de fertilizantes químicos y abonos orgánicos, según región mes: febrero 2013 (s/. t)	121
ANEXO 12. Precios de principales fertilizantes en Lambayeque	122
ANEXO 13. Porcentaje de tratamiento de aguas servidas de Epsel S.A.	122

ANEXO 14. Producción de agua potable, según empresa prestadora de servicio en miles de m ³	123
ANEXO 15. Parámetros de composición del agua residual doméstica cruda	124
ANEXO 16. Análisis físico químico de lodos	125
ANEXO 17. Mapa vial de Lambayeque	126
ANEXO 18. Métodos para remover los lodos acumulados de lagunas primarias	127
ANEXO 19. Lagunas de estabilización de la empresa Epsel S.A.	128
ANEXO 20. METODO DE GUERCHET	130
ANEXO 21. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	132
ANEXO 22. ORGANIGRAMA	133
ANEXO 23. CONVENIO DE USO DE TERRENO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN JOSE PARA CONSTRUCCION DE PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE EPSSEL S.A.	134

INDICE DE TABLAS

- TABLA 1.1. Estimación de generación, uso y gestión de lodos de depuradora en la Unión Europea
- TABLA 1.2. Parámetros de control para el tratamiento de aguas residuales
- TABLA 1.3. Composición del agua residual de laguna de estabilización
- TABLA 1.4 Propiedades químicas típicas de lodos tratados
- TABLA 1.5. Parámetros para lodo estabilizado o tratado
- TABLA 1.6 Condiciones deseables durante el proceso de compostaje.
- TABLA 1.7. Concentración máxima de metales en lodos para su aplicación
- TABLA 1.8. Propiedades generales de compost a comercializar
- TABLA 1.9 Importación de fertilizantes
- TABLA 1.10. Fertilizante importado en t
- TABLA 1.11. Demanda de fertilizantes
- TABLA 1.12. Demanda Proyectada en t
- TABLA 1.13. Oferta de fertilizantes
- TABLA 1.14 Oferta proyectada en t
- TABLA 1.15. Demanda Insatisfecha de fertilizantes en t
- TABLA 1.16. Demanda del Proyecto
- TABLA 1.17. Porcentaje de participación de la demanda del proyecto para los próximos 12 años.
- TABLA 1.18. Precio en soles de fertilizantes y abonos orgánicos
- TABLA 1.19. Precio de úrea (S/.)
- TABLA 1.20. Precio del guano de isla
- TABLA 1.21. Precio proyectado del guano de isla
- TABLA 1.22. Plan de ventas para 7 años
- TABLA 1.23. Caracterización de lodo crudo
- TABLA 1.24. Caracterización de lodo crudo
- TABLA 1.25. Plan de producción de abono orgánico (sacos 50 kg)
- TABLA 1.26. Porcentaje de agua residual tratada por Epsel S.A.
- TABLA 1.27. Volumen de agua residual
- TABLA 1.28. Producción de lodos
- TABLA 1.29. Coordenadas del departamento de Lambayeque
- TABLA 1.30. Disponibilidad de agua en el departamento de Lambayeque
- TABLA 1.31. Superficie y población de Lambayeque 2012
- TABLA 1.32. Valor Agregado Bruto 2011 (Miles de soles)
- TABLA 1.33. Precio medio de electricidad por sectores y actividad (s/./kW.h).
- TABLA 1.34. Características de los aeropuertos y pistas de aterrizaje
- TABLA 1.35. Características de los puertos de Lambayeque
- TABLA 1.36. Costos de construcción en Lambayeque
- TABLA 1.37. Características de mini cargador
- TABLA 1.38. Características Volquete SY3090 BRIT
- TABLA 1.39. Características Balanza camionera 60 toneladas
- TABLA 1.40. Tamiz vibratorio 2YA-1237
- TABLA 1.41. Características Ensacadora Willibald
- TABLA 1.42. Costo de maquinaria de producción
- TABLA 1.43. Valor de terreno y construcción x m²
- TABLA 1.44. Costo equipo oficina
- TABLA 1.45. Costo Total del Activo Fijo

TABLA 1.46. Plan de ventas de abono orgánico proyectado para los diez años de producción.

TABLA 1.47. Inversión

TABLA 1.48. Presupuesto personal Operativo

TABLA 1.49. Presupuesto Mano de Obra Directa

TABLA 1.50 Gastos Generales

TABLA 1.51. Costos variables por unidad

TABLA 1.52. Punto de equilibrio

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. Esquema del sistema de las lagunas de estabilización de San José

FIGURA 1.2. Corte transversal de las lagunas San José de Epsel.

FIGURA 1.3. Digestor anaerobio de carga baja

FIGURA 1.4. Digestor anaerobio de carga alta

FIGURA 1.5. Compostaje en pila estática aireada

FIGURA 1.6. Compostaje en pilas de voleo

FIGURA 1.7. Compostaje en sistema cerrado

FIGURA 1.8. Abono orgánico

FIGURA 1.9. Volumen de importación de fertilizantes en t

FIGURA 1.10. Principales fertilizantes importados en t

FIGURA 1.11. Demanda histórica de fertilizantes en t

FIGURA 1.12. Proyección de la demanda en t

FIGURA 1.13. Oferta de fertilizantes en t

FIGURA 1.14. Oferta proyectada en t

FIGURA 1.15. Evolución histórica del guano de la isla

FIGURA 1.16. Sistema de comercialización para el abono orgánico

FIGURA 1.17. Propiedades químicas típicas de lodos tratados

FIGURA 1.18. Departamento de Lambayeque

FIGURA 1.19. Líneas de transmisión eléctrica.

FIGURA 1.20. Participación en la actividad económica, 2009 (miles de personas)

FIGURA 1.21. Chiclayo, PEA ocupada por nivel educativo alcanzado e ingreso laboral promedio 2007

FIGURA 1.22. Ámbito de la empresa Epsel S.A.

FIGURA 1.23. Mapa vial de Lambayeque

FIGURA 1.24. Vista satelital de la ubicación de la planta de compostaje

FIGURA 1.25. Diagrama de flujo para la producción de abono

FIGURA 1.26. Diagrama de operaciones para la producción de abono

FIGURA 1.27. Dimensiones de mini cargador

FIGURA 1.28. Pila de compostaje

FIGURA 1.29. Distribución de pilas de compostaje

FIGURA 1.30. Organigrama de la empresa

I. INTRODUCCIÓN

Cada día aumenta la preocupación por la gran contaminación que existe en todo el mundo, debido a la mala disposición de residuos líquidos, gaseosos y sólidos, generados por distintas actividades industriales. Uno de los factores que provocan contaminación son los lodos que se generan al tratar aguas residuales tanto urbanas como industriales, ya que poseen metales pesados o compuestos orgánicos peligrosos para la salud humana. El lodo extraído y producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales generalmente es un líquido semisólido, y es el constituyente de mayor volumen eliminado en los tratamientos de agua residual. En muchos países la disposición final de los lodos se hace en alrededores de las plantas de tratamiento de residuales o en vertederos y sobre cuerpos hídricos, provocando una contaminación significativa. [Hammeken y Romero 2005]

Las actividades humanas deben considerar el desarrollo sostenible, es decir la satisfacción de las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de cubrir las necesidades de las generaciones futuras. Hoy en día no es medioambientalmente sustentable ejecutar el tratamiento de aguas residuales para crear otro de residuos. Este principio obliga a avanzar en materia de tratamiento de lodos, de tal forma que no se traslade la contaminación de un medio a otro, sino que se busque el mayor beneficio económico y medioambiental.

En los últimos años, los países desarrollados están aplicando el concepto de desarrollo sostenible, es así que algunas naciones se han visto comprometidos a reducir la contaminación existente debido a los residuos que se generan en las plantas de tratamiento de aguas residuales y han realizado estudios con resultados excepcionales, ya que aparte de minimizar la contaminación han encontrado la forma de hacerlo aprovechando los residuos que generan en diferentes actividades.

Se han investigado tratamientos u opciones de reuso de lodos residuales, que muchas veces son preferibles al depósito en vertedero. Sin embargo, existen multitud de métodos para la eliminación segura de los lodos, entre ellos, el vertedero controlado, incineración, sedimentación, o aplicación en agricultura [Hara y Mino 2008].

La incineración y el uso agrícola son los procesos más atractivos desde una perspectiva energética [Houillon y Jolliet 2005]. La opción de la incineración es un proceso en el cual se eleva la temperatura de los lodos para conseguir la degradación de los compuestos orgánicos y obtener como producto final dióxido de carbono, lográndose una reducción del 90% del volumen total de los lodos alimentados. En cuanto al reuso agrícola, dentro de criterios seguros, es una de las posibilidades de menor impacto ambiental y costos de operación. La utilización agrícola de los o lodos contribuye, además de aportar nutrientes al suelo, a una agricultura autosustentable.

Uno de los tratamientos que desde siempre se ha aplicado para estabilizar la materia orgánica es el compostaje, que es un sistema de fundamento sencillo y versátil, puede aplicarse a diferentes tipos de materiales y se le considera económico y ecológico. Cuando se quiere aplicar el compostaje es necesario preparar las condiciones para que el residuo o mezcla de residuos, gracias a una actividad microbiana compleja, se transforme en un producto estable, aplicable al suelo, sobre el que producirá un efecto beneficioso. El empleo de una tecnología sencilla, o compleja, dependerá de las cantidades de residuo a tratar y de la disponibilidad de espacio y tiempo.

[Lavado et. al. 2002]

La aplicación de estos métodos ha ido creciendo en muchos países los últimos años principalmente en la Unión Europea, en los cuales el uso y gestión de lodos es un tema de gran importancia para seguir siendo un país desarrollado.

Así como en Europa la disposición de lodos es un tema de primer orden en cuanto a la contaminación, en el continente americano también se tiene preocupación en lo que ha contaminación de lodos se refiere y se ha tomado como ejemplo el uso que les dan a estos compuestos las naciones europeas para poder aplicarlo en una realidad determinada como es el caso del estudio que se realizó en el estado de Jalisco, México, este consistió en evaluar lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal, dando como resultado que, la aplicación del compost de lodos a plantaciones forestales incrementan el porcentaje de grano y forraje del maíz. [Salcedo et. al. 2007]

En Sudamérica los tratamientos son los mismos que se aplican en Europa, teniendo como principales a la incineración y la aplicación en la agricultura dando uso benéfico de lodos a los suelos para aprovechar la materia orgánica. Claro ejemplo es el proyecto INIA-AGUAS ANDINAS S.A. en Chile, el cual tuvo como objetivo la valoración de lodos como fertilizante al aplicarlo en suelos del valle Cachapoal realizando ensayos de campo y laboratorio para medir el efecto del lodo sobre el rendimiento vegetal y evaluar las muestras de organismos patógenos, concluyeron que el establecimiento de un cultivo por siembra directa de tomate y trigo no correrá ningún riesgo por la aplicación de lodo, incluso podría verse beneficiado. [Proyecto Inia, 2004]

En el Perú también existen tratamientos de lodos generados en las estaciones de aguas residuales, ejemplo de ello es el que se realizó en el sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales, en el que, según las características dadas de tratamiento primario de las aguas residuales, se empleó el método de sedimentación simple para el secado de los lodos, estabilizado y para ser usado como abono en la agricultura. [PERU EDUCA, 2008]

Las importaciones de fertilizantes en el Perú han venido ascendiendo cada año, es así que en el año 2012 se alcanzó 882 425 toneladas, siendo la partida más resaltante la de úrea, que sumó US\$ 120 millones, lo que significó un incremento de 63%, respecto del mismo periodo del año 2010 que fue de US\$ 73,6 millones, según las últimas cifras de Aduanas. [ContinentalTrading, 2011]

La región Lambayeque cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales, una de ellas es la planta de San José de la empresa Epsel¹, situada en la ciudad de Chiclayo. En el proceso de tratamiento de agua residual se utilizan lagunas, en las que se realiza la estabilización de materia orgánica, mediante la descomposición se forma un proceso de fermentación y sedimentación, generando gases como el metano y al fondo de la laguna se acumulan los lodos sedimentados. El lodo es un sub producto generado en la planta de tratamiento de aguas residuales, que contiene microorganismos patógenos, teniendo como problema la disposición final de los lodos. [EPSEL S.A., 2010].

Debido a que la función principal de las lagunas de estabilización y de sus procesos es la de reducir los índices fecales en las aguas domiciliarias vertidas en la red de

¹ EPSEL: Entidad Prestadora De Servicios De Saneamiento De Lambayeque

alcantarillado de la ciudad, mas no la eliminación de metales pesados y contaminantes producto de otras actividades como las de procesos industriales, hospitalarios y comerciales, que vienen siendo mezclados con las aguas domiciliarias residuales, y que después del proceso natural de sedimentación u oxidación quedan contaminados por los metales pesados, se estaría contaminando de esta manera el aire y el suelo, ya que la descarga de lodos afecta a estos componentes ambientales. Sin embargo métodos como el de sedimentación simple puede aplicarse en zonas donde se pueda tener una planta de tratamiento de aguas residuales y a la vez áreas agrícolas para su determinada utilización como es el caso de la región de Lambayeque, que cuenta con los requisitos para aplicar la valoración de lodos.[Agenda local 21, 2006]

Así mismo en esta realidad se puede tomar como ejemplo el tratamiento mediante compostaje para aprovechar los lodos, y así obtener el abono orgánico como producto, el cual repone la materia orgánica del suelo, hecho que no realiza el abono inorgánico y que además genera a mediano plazo mayores utilidades, y reducción de costos para la empresa. Al mismo tiempo con la obtención de abono orgánico se propone hacer frente a la gran importación de fertilizantes, ya que posee mejores propiedades que los fertilizantes químicos; asegurando de esta manera un mercado para nuestro nuevo producto.

Además la valoración de los lodos favorecerá a la Empresa EPSEL S.A., reduciendo la contaminación y siendo esta empresa la única productora de abono orgánico en base a lodos residuales urbanos en la región, teniendo como resultado directo, una mejora del bienestar para la población y por ende para la empresa.

Por lo expuesto, se propone la obtención de abono orgánico a partir de lodos sedimentados, teniendo como objetivo general valorar los lodos sedimentados de las lagunas de estabilización de EPSEL S.A. para uso como abono orgánico; y como primer objetivo específico elaborar un diagnóstico de la situación actual del mercado para el uso de abono orgánico, segundo la caracterización físico-química de los lodos sedimentados de las lagunas de estabilización de EPSEL S.A., tercero diseñar el proceso para la obtención del abono orgánico a partir de lodos sedimentados y por último realizar un análisis económico-financiero para la implementación del proyecto.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Salcedo, et al. 2007, realizaron una investigación referida a la evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México teniendo como fin la producción de maíz y desarrollo inicial de Pino, para ello se efectuó experimentos en campo con lodos, provenientes de un proceso de digestión aerobia y que fueron sometidos a un proceso de filtrado en prensa. Para su deshidratación, se extendieron en una plancha de concreto a temperatura ambiente, para luego ser aplicado a los suelos. Como resultados se obtuvo que, la aplicación de lodos de aguas residuales sanitarias como abono orgánico mejoró la producción de maíz y el crecimiento inicial de Pino en suelos volcánicos.

Utria, et al. 2008, desarrollaron una investigación basada en la utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate, asumiendo como objetivo, evaluar la respuesta del crecimiento de plántulas de tomate a la aplicación de biosólidos. El experimento se desarrolló en macetas de 6 litros de capacidad con una altura y diámetro superior de 0,21 m y un diámetro de 0,18 m. Para la siembra se utilizaron semillas de tomate, en cada maceta se depositaron 5 kg de sustrato y se desarrollaron tres plántulas, las variables a evaluar fueron área foliar, altura de la planta, diámetro del tallo, longitud radical y peso seco por órganos (raíz, tallo y hojas), se evaluaron a los 15 días después de la germinación de las semillas. Los resultados mostraron que los indicadores relacionados con el crecimiento de las plántulas respondieron positivamente a la aplicación de biosólidos, donde se observó un evidente incremento en las magnitudes de todas las variables evaluadas, con resultados similares y superiores a las del tratamiento con fertilizante mineral, lo que indica que estos residuos tienen potencialidades para ser utilizados en sistemas de producción de plántulas en cultivos.

Valdez, et al. 2008, iniciaron un estudio de biosólidos estabilizados y vermicomposta de biosólidos (proceso de biooxidación y estabilización de la materia orgánica) como fuente de nitrógeno en cultivos de frijol, cuya finalidad de estudio es realizar una comparación con respecto a la fuente de nitrógeno de los biosólidos, vermicomposta de biosólidos y fertilizante aplicados al suelo con plantas de frijol cultivadas en columnas y en condiciones de invernadero. En la metodología el suelo de uso agrícola se muestreó de 0-15 cm de la capa superficial obteniéndose tres sitios en Acolman (Estado de México). El biosólido se obtuvo por Sistema Ecológico de Regeneración de Aguas Residuales Industriales, la vermicomposta fue obtenida por Eisenia fétida y fertilizante Triple 17 (17% N, 17% P y 17% K). Se obtuvieron tres tratamientos: suelo más biosólido, suelo más vermicomposta y suelo más fertilizante y un control (suelo agrícola). Como resultado el mayor aporte de nitrógeno amoniacal fue en el tratamiento con biosólido y en nitratos en el tratamiento con vermicomposta. El desarrollo de las plantas en todos los tratamientos fue similar excepto el tratamiento con biosólido debido a la alcalinidad. El peso seco en el tratamiento con vermicomposta fue mayor debido a la disponibilidad de nutrientes que presentaba comparado con los tres tratamientos.

Campos, et al. (2009), desarrollaron un análisis básico del reuso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de pradera del Parque Nacional Nevado de Toluca, con la finalidad de determinar la fertilidad de los suelos después del reuso de lodos residuales. Se tomaron muestras de suelos así como de lodos activados, además de realizar la caracterización fisicoquímica primero del suelo para determinar las características de pH², materia orgánica, carbono orgánico, textura, nitrógeno total, Metales tales como sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), cobre (Cu), plomo (Pb), manganeso (Mn), fierro (Fe), cadmio (Cd), capacidad de retención de agua, capacidad de intercambio catiónico. Luego, se realizó la caracterización fisicoquímica de lodos basándose en la norma oficial mexicana NOM³-004-SEMARNAT⁴- 2002. Se determinó que la reutilización de los lodos residuales incorporados como mejoradores de la fertilidad de suelos es viable, esto se basa en los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a los mismos y al estudio teórico realizado de la transferencia de nutrientes de dichos lodos a los suelos ya mencionados.

Colomer, et al. (2010), realizaron una investigación basada en la valorización de lodos de distintas estaciones depuradoras de aguas residuales teniendo como objetivo analizar los lodos digeridos procedentes de distintas depuradoras de aguas residuales y estudiar su viabilidad para usarse como fertilizante, en la metodología para la realización de los análisis y determinaciones se ha recurrido a normas internacionales estándar, en la mayoría de los casos a normas ISO⁵. No obstante, estas normas son semejantes a otras comúnmente utilizadas en países americanos como son las normas ASCE⁶, como métodos de usaron el muestreo, contenido en humedad, poder calorífico inferior, contenido en cenizas, análisis elemental y oxígeno, uso como fertilizante y contenido en metales pesados. Como resultados se tiene que los lodos de EDAR⁷ urbanas presentan los resultados más heterogéneos, lo cual era esperable debido a la enorme variabilidad en su generación. No obstante, pueden ser utilizados como fertilizante si los análisis periódicos de metales pesados demuestran que no se exceden los límites legales.

² pH: potencial de hidrógeno

³NOM: Norma Oficial Mexicana

⁴SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

⁵ISO: Organización Internacional de Normalización

⁶ASCE :American Society of Civil Engineers

⁷EDAR: Estación depuradora de aguas residuales

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 AGUAS RESIDUALES

En toda comunidad se generan residuos tanto sólidos como líquidos, a estos líquidos se les llama aguas residuales. Es el agua que desprende la comunidad una vez que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Entonces, se puede definir al agua residual como la combinación de los residuos líquidos, que provienen de residencias, instituciones públicas y de establecimientos industriales y comerciales. [Hammeken y Romero 2005].

2.2.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Se conocen como operaciones unitarias a los métodos en los que predominan los fenómenos físicos, y como procesos unitarios a los métodos que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos. En la actualidad estas operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para construir los así llamados tratamiento primario, secundario y terciario.

El tratamiento primario contempla el uso de operaciones físicas tales como la sedimentación y el desbaste para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual. En el tratamiento secundario se realizan procesos biológicos y químicos, los cuales se emplean para eliminar la mayor parte de la materia orgánica. Y por último, el tratamiento terciario se emplea combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias para remover esencialmente nutrientes, cuya reducción con tratamiento secundario no es significativa.

2.2.2.1 Características físicas del agua residual

La característica física más importante del agua residual es el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas son el olor, la temperatura, el color y la turbiedad.

- Sólidos totales:

Se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación, los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente (cono de Imhoff) en un periodo determinado.

Los sólidos sedimentables se expresan en ml/l y constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

- Olores:

Normalmente son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El olor más característico del agua residual séptica se debe a la presencia del sulfuro de hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos por acción de microorganismos anaerobios.

- Temperatura:

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales.

- Color:

El agua residual suele tener un color grisáceo, sin embargo al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado el color cambia de gris a gris oscuro, para luego adquirir color negro. El color gris o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

- Turbidez:

Como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.

2.2.2.2 Características químicas del agua residual

Las características químicas de las aguas residuales son principalmente el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual. La medición del contenido de la materia orgánica se realiza por separado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

- *Materia orgánica:*

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de una agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica, son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia en algunos casos de nitrógeno, también pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%), grasas y aceite (10%). Con todos

estos grupos de sustancias orgánicas, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja, por ejemplo los agentes tensoactivos, los contaminantes orgánicos prioritarios, los compuestos orgánicos volátiles y los pesticidas de uso agrícola.

- Medida del contenido orgánico:

Los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en dos grupos, los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores a 1 mg/l, y los empleados para determinar las concentraciones de 0,001 mg/l.

El primer grupo incluye los siguientes ensayos de laboratorio: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO) y Carbono orgánico total (COT).

En este caso se explicara el DBO, debido a que en los análisis que se realizan en la empresa Epsel S.A. utilizan este método.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):

El parámetro de contaminación más empleado que es aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales es la DBO a 5 días, la determinación de está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, también para dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y para medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que estas sujetos los vertidos.

El periodo de incubación es normalmente 5 días a temperatura promedio de 20°C, al oxidación bioquímica es un proceso lento, cuya duración en teoría es infinitiva. En un periodo de 20 días se completa la oxidación del 95 al 99% de la materia carbonosa, y en los 5 días que dura el ensayo de la DBO se llega a oxidar entre el 60-70%.

- Materia inorgánica:

Las concentraciones de la sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales tratadas o sin tratar que a ella se descargan, las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, como por ejemplo los cloruros, la alcalinidad, el nitrógeno, el azufre y algunos metales pesados como el níquel, el manganeso, el plomo, el cromo, el cadmio, el cinc, el cobre, el hierro y el mercurio.

Dentro de la materia inorgánica es de suma importancia también hablar de la concentración de ion de hidrogeno (pH), ya que es un parámetro

de calidad de gran significancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales.

El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con un potenciómetro. Para el mismo procedimiento de medición también se emplean soluciones indicadoras y papeles de pH que cambian de color a determinados valores del pH, el color de la solución o del papel se compara con el color de series normalizadas.

- Gases:

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales son el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃), y el metano (CH₄). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

2.2.2.3 Características biológicas

El tratamiento biológico se deben de tomar en cuenta las siguientes características del agua residual como principales grupos de microorganismos presentes tanto en aguas superficiales como en residuales, organismo patógenos presentes en las aguas residuales, métodos empleados para determinar los organismos indicadores y la toxicidad de las aguas tratadas.

- Microorganismos:

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias; las bacterias desempeñan un papel amplio y de gran importancia en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento.

- Organismos Patógenos:

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en las aguas residuales son: bacterias, virus y protozoarios. [Hammeken y Romero 2005].

2.2.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CHICLAYO

Según Epsel 2012, para el sistema de tratamiento de agua residual en Chiclayo se tienen en cuenta los siguientes elementos.

2.2.3.1 Sistema de tratamiento

- Aguas residuales:

Son aquellas eliminadas por el hombre luego de ser aprovechadas en diversos usos como higiene personal, preparación de alimentos, limpieza, etc. Contiene microorganismos llamados bacterias, algunas de las cuales son nocivos al hombre, también parásitos y protozoarios.

- Canal de ingreso de las aguas residuales:

Mediante el uso de las redes de alcantarillado, el agua de desagüe de la ciudad de Chiclayo es recolectada allí y llevada por gravedad hasta confluir en un canal principal de ingreso a la planta de tratamiento, este canal es de sección rectangular con pendiente adecuada para que circule un caudal máximo de 1600 l/s.

- Cámara de rejas:

Sirve para detener los materiales flotantes de mayor tamaño como bolsas plásticas, trozos de madera, palos, etc. Los cuales son llevados a un relleno sanitario, se cuenta con dos unidades electromecánicas de accionamiento manual/automático. Además se cuenta con medidor Parshall, el cual se utiliza para medir el caudal que ingresa a las lagunas de estabilización.

- Lagunas anaeróbicas primarias:

En ellas se realiza la estabilización de la materia orgánica mediante la descomposición por la acción de las bacterias de tipo anaerobias. Se forma un proceso de fermentación y sedimentación. Se generan gases como metano y H₂S (Ácido sulfhídrico) y al fondo de la laguna se acumulan los lodos sedimentados.

- Lagunas facultativas secundarias:

Luego del tratamiento primario el agua es depurada mediante la oxigenación proveniente de la presencia de algas, las cuales se desarrollan en estas características de agua tratada.

- Canal de descarga de aguas tratadas:

Es el canal que sirve para dirigir los desagües hacia el dren que conduce las aguas al mar, está construido a tajo abierto sin recubrimiento.

- Canal de riego de los agricultores:

Este canal está revestido de concreto armado y conduce las aguas a los agricultores para el riego de plantas de tallo alto.

En la figura N° 2.1 se muestra el sistema de las lagunas de estabilización de San José, para el tratamiento del agua residual en la ciudad de Chiclayo por parte de la empresa EPSEL S.A.



FIGURA N° 2.1. Esquema de las lagunas de estabilización de San José
 FUENTE: EPSEL, 2012

2.2.3.2 Parámetros de control para el tratamiento de aguas residuales

A continuación en la tabla N° 2.1 se muestra los diferentes parámetros de control que realiza la empresa Epsel respecto al tratamiento de agua residual en sus lagunas de estabilización.

TABLA N° 2.1. Parámetros de control para tratamiento de aguas residuales

Parámetros	Análisis	Medición
Físicos	Temperatura	Diaria
	pH	Diaria
	Sólidos totales y volátiles	Tres veces por semana
Químicos	DQO	Tres veces por semana
	Alcalinidad	Dos veces por semana
	Relación de alcalinidad	Dos veces por semana
	Composición de metano	Dos veces por semana
	Composición de CO ₂ y H ₂ S	Una vez por semana
	Ácidos grasos volátiles	Una vez por semana

Fuente: EPSEL, 2012

2.2.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Según Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental 2012, las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual.

El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos.

Para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aerobias o facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que se detallan en la presente norma.

No se considerarán como alternativa de tratamiento las lagunas de alta producción de biomasa (conocidas como lagunas aerobias o fotosintéticas), debido a que su finalidad es maximizar la producción de algas y no el tratamiento del desecho líquido.

2.2.5 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE SAN JOSÉ - EPSEL

Según Epsel 2012, las lagunas de estabilización de San José, las cuales serán fuente principal para este estudio, se encuentra ubicada al nor oeste del centro poblado Ciudad de Dios en la margen izquierda de la carretera al distrito de San José a 10 minutos de la ciudad de Chiclayo y consta de 10 lagunas, 5 anaeróbicas primarias de 165x122 m, con una profundidad de 3,5 m y 5 lagunas facultativas secundarias de 245x242 m y 1,80 m de profundidad. Cuentan al ingreso con medidor Parshall⁸ y una estructura de salida de agua con dos compuertas de control. El caudal de tratamiento en promedio es de 650 l/s del cual el 50 % se descarga a un canal de riego para uso agrícola y la diferencia a través de un canal de derivación a tajo abierto, hacia el mar. En la figura N° 2.2 se observa el esquema a través de un corte transversal de la laguna de estabilización.



FIGURA N° 2.2. Corte transversal de laguna San José de Epsel S.A.
FUENTE: EPSEL, 2012

⁸Parshall: medidor de flujo para canal abierto

Con respecto a los resultados de calidad de agua, el agua residual cruda que ingresa a la laguna de estabilización San José, reporta una DBO promedio de 200 mg/l y 2.5 +E 07 de colimetría, que es el índice de contaminación fecal de las aguas.

El efluente en promedio arroja una DBO5 de 50 mg/l y una carga colimétrica de +E 04- Col tot. NMP/100 ml. En la tabla N° 2.2 se puede apreciar la composición del agua residual durante el año 2012.

TABLA N° 2.2. Composición del agua residual de laguna de Estabilización

<i>Mes</i>	<i>pH</i>	<i>T °C</i>	<i>Cloruros</i>	<i>Conductancia (µs/cm)</i>	<i>DBO5T (mg/L)</i>	<i>Col. Total (NMP/100mL)</i>
Enero	7,18	25,0	139,92	1.300,67	141,56	4,76 * 10 ⁷
Febrero	7,62	25,5	129,96	1.170,00	143,55	4,45 * 10 ⁷
Marzo	7,51	22,7	106,60	1.251,00	188,10	3,50 * 10 ⁷
Abril	7,32	24,0	124,93	1.219,00	200,67	5,40 * 10 ⁷
Mayo	7,32	20,5	117,46	1.075,00	198,00	6,30 * 10 ⁷
Junio	7,43	20,3	119,98	1.269,66	198,28	3,50 * 10 ⁷
Julio	7,60	20,3	131,58	1.345,00	156,75	4,13 * 10 ⁷
Agosto	7,47	20,5	134,93	1.265,50	168,30	4,45 * 10 ⁷
Septiembre	7,58	19,5	119,93	1.311,50	221,45	5,40 * 10 ⁷
Octubre	7,77	18,5	169,90	1.343,00	240,10	4,45 * 10 ⁷
Noviembre	7,41	21,0	109,93	1.260,00	215,35	3,50 * 10 ⁷
Diciembre	7,55	22,5	134,90	1.208,50	240,07	5,44 * 10 ⁷

Fuente: EPSEL, 2013

Además la empresa Epsel tiene a cargo lagunas de estabilización en sus 25 administraciones en la región de Lambayeque para el tratamiento de las aguas residuales de procedencia doméstica, las mismas que son de tipo anaeróbicas, primarias, secundarias o facultativas. Estas son:

Lagunas de estabilización San José, Pampa de Perros, Pimentel, Pampa Grande, Lambayeque, Mochumí, Túcume, Illimo, Pacora, Jayanca, Motupe, Olmos, Monsefú, Zaña, Mocupe Tradicional, Mocupe Nuevo, Reque, Santa Rosa, Ciudad Eten, Puerto Eten, Ferreñafe, Pícsi, Pósope Alto, Batangrande, Salas.

2.2.6 LODOS DE DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

Según Hammeken y Romero 2005, los lodos son residuos semisólidos procedentes de cualquier sistema de tratamiento de aguas, en concreto el lodo de depuradora, también denominado fango o biosólido, se define como aquel lodo tratado o no procedente de una EDAR (estación depuradora de aguas residuales urbanas), siendo estas aguas de origen doméstico o mezclas de aguas residuales domésticas son aguas residuales industriales y/o agua de

correntía pluvial. El lodo extraído y producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales generalmente suele ser un líquido o líquido semisólido con gran contenido en sólidos entre el 0,25 y el 12% en peso. La fracción del lodo a evacuar, generada en el tratamiento biológico del agua residual, está compuesta de materia orgánica.

2.2.7 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE LODOS

Los lodos generados deben ser tratados antes de la disposición final. A continuación se describen procesos para el tratamiento de lodos, que se utilizan para reducir el contenido de agua y materia orgánica del lodo y poder ser reutilizado. En la tabla N° 2.3 se puede observar las propiedades químicas que deben presentar los lodos tratados.

TABLA N° 2.3. Propiedades químicas típicas de lodos tratados

Propiedades	Unidad	Rango
Sólidos Totales	%	0,83-1,16
Sólidos Volátiles	%	59-88
Aceites y grasas	%	0,5-12
Proteínas	%	32-41
Nitrógeno	%	2,4-5
Fósforo	%	1,2-4,8
Potasio	%	0,4-0,5
pH		6,5-8
Alcalinidad	Mg/l (Ca CO ₃)	580-1 100
Ácidos orgánicos	Mg/l (HAc)	1 100-1 700
Contenido de energía	kcal/kg	18 500-23 000

Fuente: Henríquez, 2011

2.2.7.1 Estabilización del lodo

La estabilización del lodo se lleva a cabo principalmente para reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables, reducir o eliminar su potencial de putrefacción y la destrucción de los microorganismos patógenos presentes en el lodo hasta valores que no provoquen problemas sanitarios.

Los medios de estabilización más eficaces para eliminar el desarrollo de estas condiciones son, la reducción biológica del contenido de materia volátil, la oxidación química de la materia volátil, la adición de agentes químicos para hacer el lodo inadecuado para la supervivencia de microorganismos y la aplicación de calor con el objetivo de desinfectar el lodo.

Las técnicas de estabilización de lodos más recurridas son, la digestión anaerobia, aerobia, y el compostaje. A continuación de analizarán cada una de ellas. [Hammeken y Romero 2005].

a) Digestión aeróbica: Es un método alternativo de tratar los lodos orgánicos producidos en las diversas operaciones de tratamiento. En la actualidad suelen emplearse dos variantes del proceso de digestión aerobia: el sistema convencional y el sistema con oxígeno puro, aunque también se ha empleado la digestión aerobia termófila.

Las ventajas principales de este proceso, comparado con la digestión anaerobia son: se consiguen menores concentraciones de DBO en el líquido sobrenadante, se puede requerir menores costos iniciales y la producción de un producto final biológicamente estable, sin olores. No obstante, sus desventajas pueden resultar significativas; un mayor costo energético asociado al suministro de oxígeno necesario, que se produce un lodo digerido de pobres características para la deshidratación mecánica, y la digestión anaerobia también es muy delicada en cuanto a operación se refiere.

Este proceso es similar al proceso de lodos activados. Conforme se agota el suministro de substrato disponible, es decir su alimento, los microorganismos empiezan a consumir su propio protoplasma, lo que se denomina respiración endógena para obtener la energía necesaria para las reacciones de mantenimiento celular.

El tejido celular se oxida a dióxido de carbono, amoníaco y agua. En la práctica sólo se puede oxidar entre el 75 y 80 % del tejido celular, puesto que el resto está formado por componentes inertes y compuestos orgánicos no biodegradables.

b) Digestión Anaeróbica: Es uno de los tratamientos más antiguos empleados en la estabilización de lodos. En este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular y se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. Los lodos se introducen en el reactor de forma continua o intermitente, y permanecen en su interior durante períodos de tiempo variables.

Dentro del reactor, la materia orgánica contenida en la mezcla de lodos primarios y biológicos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en Metano (CH_4) y Dióxido de Carbono (CO_2).

El lodo estabilizado, que se extrae del proceso continua o intermitentemente, tiene un bajo contenido en materia orgánica y patógena, y no es putrescible.

- **Tipos de digestores anaerobios:** Los dos tipos de digestores más empleados son los de alta y baja carga. En el proceso de digestión de baja carga, no se suelen calentar ni mezclar el contenido del digestor, y los tiempos de retención varían entre 30 y 60 días, como se puede apreciar en la figura N° 2.3.

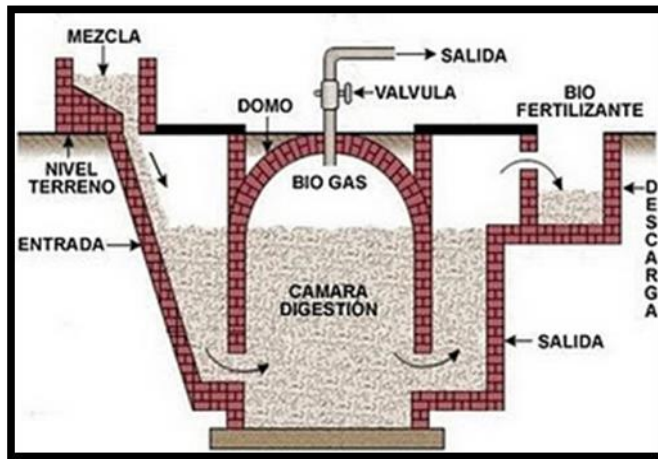


FIGURA N° 2.3: Digestor anaerobio de carga baja
Fuente: Normas Ambientales, 2010

En los procesos de digestión de alta carga, el contenido del digestor se calienta y mezcla completamente. El lodo se mezcla mediante recirculación de gas, mezcladores mecánicos, bombeo o mezcladores con tubos de aspiración, y se calienta para optimizar la velocidad de digestión. El tiempo de retención generalmente es menor a 15 días. Este tipo de digestor se puede ver en la figura N° 2.4.

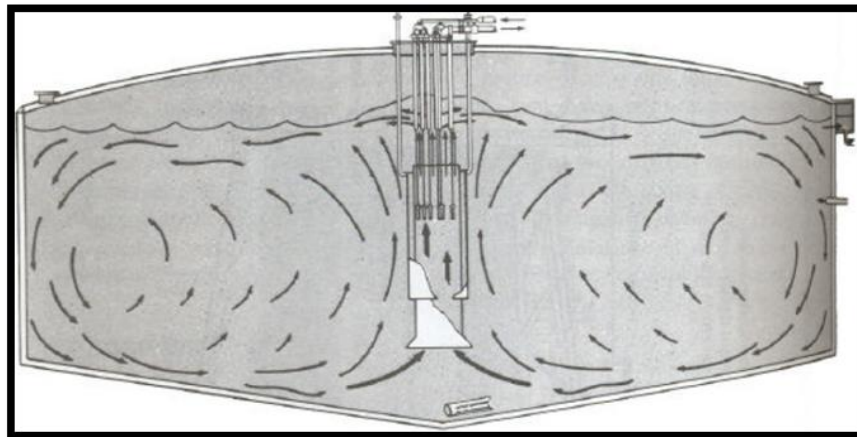


FIGURA N° 2.4: Digestor anaerobio de carga alta
FUENTE: Hammeken y Romero, 2005

La conversión biológica de la materia orgánica de los lodos se produce en tres etapas, como, el primer paso del proceso comprende el rompimiento de las moléculas grandes de materia orgánica en sus monómeros (hidrólisis). El Segundo paso, llamado acidogénesis se refiere a la conversión bacteriana de los monómeros generados (carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos) en compuestos intermedios identificables de menor peso molecular. El tercer paso, llamado metanogénesis, implica la conversión bacteriana de los compuestos intermedios en productos finales más simples, principalmente metano y dióxido de carbono.

Para no afectar negativamente el suelo y el crecimiento de las plantas se debe estar dentro de unos parámetros, como el pH del lodo residual que debe estar próximo a la neutralidad y la conductividad eléctrica (C.E.) no debe ser demasiado elevada; como se puede apreciar en la tabla N° 2.4. [Blanco, Edith et al 2005].

TABLA N° 2.4. Parámetros para lodo tratado

Parámetro	Lodo Estabilizado
pH	6,70 ± 0,01
C.E. (mmhos/cm)	2,32 ± 0,01
Materia Orgánica (% m/m)	45,96 ± 2,46
Nitrógeno Total (% m/m)	1,90 ± 0,30
Fósforo Total (% m/m)	5,46 ± 1,21
Potasio (% m/m)	0,044 ± 0,001

Fuente: Blanco, Edith et al 2005.

2.2.7.2 Espesado

Es un procedimiento que se emplea para aumentar la fracción sólida del lodo de desecho mediante la reducción de la fracción líquida del mismo, es decir si un lodo activado que normalmente se bombea desde los tanques de sedimentación secundaria con un contenido de sólidos del 0,8%, se pudiera espesar hasta un contenido de sólidos del 4%, por lo tanto se conseguiría reducir el volumen de lodo a una quinta parte. La reducción del volumen de lodo es muy beneficiosa para los procesos de tratamiento subsecuentes tanto por la capacidad de tanques y equipos necesarios como por la cantidad de reactivos químicos necesarios para el acondicionamiento del lodo, y por la cantidad de calor necesario para los digestores. La reducción del volumen permite reducir tamaños de tuberías, bombas y tanques digestores. El espesado se suele llevar a cabo mediante procedimientos físicos, y los más utilizados son, espesados por gravedad o sedimentación, por centrifugación y por flotación.

- ***Espesado por gravedad o sedimentación:*** se lleva a cabo en un tanque de diseño similar al de un tanque de sedimentación convencional, generalmente se utilizan tanques circulares. El lodo diluido se conduce a una cámara de alimentación central. El lodo alimentado sedimenta y compacta, y el lodo espesado se extrae por la parte inferior del tanque. El lodo espesado que se recoge en el fondo del tanque se bombea a los digestores, mientras que el sobrenadante que se origina, se retoma al sedimentador primario. El espesado por gravedad resulta más efectivo en el tratamiento del lodo primario.
- ***Espesado por centrifugación:*** Se utilizan tanto para espesar lodos como para deshidratarlos. Su aplicación para el espesado se limita al espesado de lodos activados. Este proceso implica la sedimentación de

las partículas de lodo bajo la influencia de fuerzas centrifugas. Existen dos tipos de espesado por centrifugación: la de camisa maciza y la de cesta.

- **Espesado por flotación:** Existen algunas variantes de este proceso, aunque la flotación por aire disuelto es la más utilizada, en este proceso se introduce aire en una solución que se mantiene a una presión determinada. Cuando se despresuriza la solución, el aire disuelto se libera en forma de burbujas finamente divididas que arrastran el lodo hasta la superficie, en donde es recogido con un desnatador. Este proceso resulta muy efectivo para el tratamiento de cultivo biológico en suspensión, por ejemplo para lodos activados, también puede ser empleado para tratar otros lodos. [Hammeken y Romero 2005].

2.2.8 COMPOSTAJE

Según Gómez y Núñez, 2008, es el proceso aeróbico de estabilización o descomposición de la materia orgánica, generalmente requiere la dispersión o la aireación del material, y a veces la mezcla con un material de relleno para maximizar el contacto con el aire. Debido al suministro de cierta aireación se le denomina proceso aerobio, aunque también existe el compostaje anaerobio, que permite obtener biogás para aplicaciones energéticas, sin embargo produce un compost de menor calidad, el proceso es lento y dificultoso.

El compostaje es una técnica utilizada desde siempre por los agricultores, que consistía en el apilamiento de los residuos en casa, los excrementos de animales y los residuos de las cosechas, con el fin de que se descompusieran y se transformen en productos fácilmente manejables.

La conversión en compost de los residuos orgánicos es una práctica conocida y de fácil aplicación, que permite tratar de manera racional, económica y segura los diferentes residuos orgánicos y conservar los nutrientes presentes en estos residuos, para su aprovechamiento en la agricultura. Consiste en la descomposición biológica, en condiciones controladas de residuos orgánicos; así como la temperatura, humedad y contenido de oxígeno para diferenciar esta descomposición de la putrefacción incontrolada que tiene lugar en los vertederos u otras disposiciones finales. El producto del compostaje, es generalmente de color oscuro, inodoro o con olor al humus natural, siendo estable cuando el proceso está esencialmente finalizado.

Las ventajas de este tratamiento de lodos son muy positivas, un compost adecuado genera suficiente temperatura para eliminar materias patógenas. Por otro lado este proceso permite la reducción del volumen y la masa de los residuos, la estabilización de la materia orgánica y la obtención de un producto valorizable en la agricultura.

2.2.8.1 Factores físicos y químicos que influyen en el proceso de compostaje

En el proceso de compostaje el principio básico más importante es el hecho de que se trata de un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, y por tanto, se ve afectado por todos los factores que afectan su desarrollo. Entre estos factores están: sustrato, aireación, contenido de humedad, temperatura, pH y la relación C/N, condiciones que determinarán el desarrollo exitoso del proceso y la obtención de un producto final de alta calidad. Estos son:

- **Sustrato:** La obtención de un buen compost depende fundamentalmente de la composición y preparación de la materia orgánica inicial. La clasificación de los residuos compostables se puede realizar en base a distintos criterios; según su naturaleza, su estado físico y su origen.

Es muy importante realizar una mezcla de materiales inicial óptima. Es raro que un sólo material residual tenga todas las características requeridas para un compostaje eficaz.

Por tanto, es necesario mezclarlo con otros materiales, en proporciones adecuadas, para obtener una mezcla con las características necesarias para llevar a cabo el proceso de compostaje

- **Relación Carbono/Nitrógeno (C/N):** De los muchos elementos requeridos para la descomposición microbiana, el carbono y el nitrógeno son los más importantes. El carbono proporciona una fuente de energía y además constituye aproximadamente el 50% de la masa de células microbiana. El nitrógeno es un componente crucial de las proteínas, de los ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas y de las coenzimas necesarias para el crecimiento y la funcionalidad de la célula.

A nivel práctico, es un indicador de la velocidad de descomposición y permite una determinación del tiempo de compostaje, siempre y cuando las condiciones de humedad, aireación y temperatura sean las óptimas. En términos generales, una relación C/N inicial de 20 a 30 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje. Si la relación C/N está en el orden de 10 nos indica que el material tiene relativamente más Nitrógeno. Si la relación es de por ejemplo 40, manifiesta que el material tiene relativamente más Carbono. Un material que presente una C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. [Avendaño, 2003].

- **Humedad:** El contenido en humedad de los desechos orgánicos crudos es muy variable, tal es el caso de la excreta y estiércoles, donde el contenido en humedad está íntimamente relacionado con la dieta. Si la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50 %, necesariamente debemos buscar la forma de que el material

pierda humedad, antes de conformar las pilas. Este procedimiento, podemos realizarlo extendiendo el material en capas delgadas para que pierda humedad por evaporación natural, o bien mezclándolo con materiales secos, procurando mantener siempre una adecuada relación C/N. La humedad idónea para una biodegradación con franco predominio de la respiración aeróbica, se sitúa en el orden del 15 al 35 % (del 40 al 60 %, sí se puede mantener una buena aireación). Humedades superiores a los valores indicados producirían un desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, con lo que el medio se volvería anaerobio, favoreciendo los metabolismos fermentativos y las respiraciones anaeróbicas. Si la humedad se sitúa en valores inferiores al 10%, desciende la actividad biológica general y el proceso se vuelve extremadamente lento.

- **pH:** el rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores extremos. No obstante pH cercano al neutro (pH 6,5-7,5, ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos. No es habitual que nos enfrentemos a desechos orgánicos agrícolas que presenten un pH muy desplazado del neutro (pH=7); de presentarse una situación de este tipo, debemos proceder a determinar el valor del pH y posteriormente realizar una neutralización mediante la adición de Piedra Caliza, Calcáreo o Carbonato de Calcio de uso agronómico. [Sztern Daniel, 2013]. En la tabla N° 2.5 se puede apreciar las condiciones viables que debe tener el proceso de compostaje.

TABLA N° 2.5. Condiciones deseables durante el proceso de compostaje.

CARACTERÍSTICAS	RANGO RAZONABLE	RANGO ÓPTIMO
Relación Carbono/Nitrógeno	20:1-40:1	25:1-30:1
Contenido de humedad	40-65%	50-60%
Concentración de oxígeno	Mayor al 5%	Mucho mayor a 5%
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Temperatura	45-66	55-60

Fuente: Avendaño, 2003

2.2.8.2 Tipos de compostaje

A continuación se describen los tipos de compostaje más usuales.

- **Proceso de pila estática aireada:** consiste en mezclar el lodo deshidratado, es decir sin digestión o digerido de forma aerobia o anaerobia, con un agente espesante como serrín, hojas, mazorcas de

maíz, corteza de árbol o cáscaras de arroz; dentro de ello el serrín en el agente espesante más utilizado con el compostaje. Los materiales espesantes ofrecen soporte estructural y favorecen aireación durante el proceso. La aireación se suministra mediante soplantes y difusores de aire los 21 días que dura el período de compostaje, posteriormente el compost se deja curar o madurar como mínimo 30 días, se seca y se criba para obtener un material homogéneo. En la figura N° 2.5 se muestra el compostaje en pila.

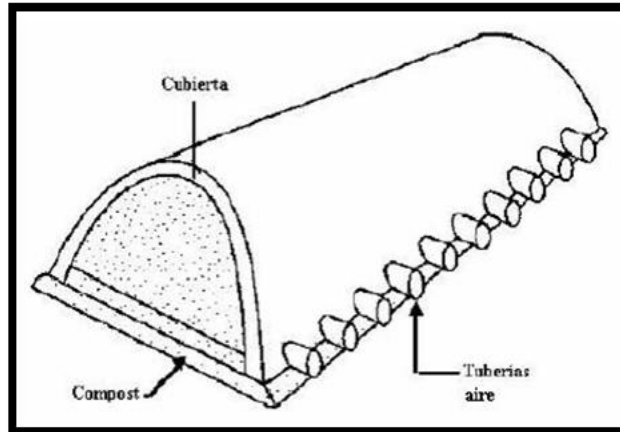


FIGURA N° 2.5: Compostaje en pila estática aireada
Fuente: Gómez y Núñez, 2008

- **Proceso en hileras o pilas de volteo:** Aquí el lodo deshidratado se mezcla con el agente espesante y se deposita en filas de 1 y 2 metros de alto denominado hileras windrows⁹. El periodo de compostaje dura aproximadamente entre 30 a 60 días, la aireación se suministra mediante el volteo de hileras 2 o 3 veces por semana.

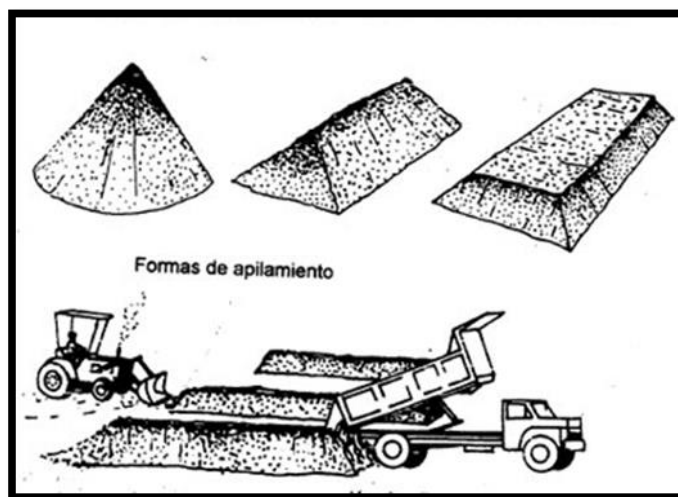


FIGURA N° 2.6: Compostaje en pilas de volteo
Fuente: Gómez y Núñez, 2008

⁹Windrows: Tipo de hilera para compostaje

- **Sistemas cerrados:** Estos sistemas están cerrados para asegurar un mejor control de la temperatura, de la concentración de oxígeno y de los olores durante el compostaje, requieren un espacio pequeño y minimizan los problemas de olor, como se muestra en la figura N° 2.7. Sin embargo, su coste es mayor que en el caso de los sistemas abiertos.

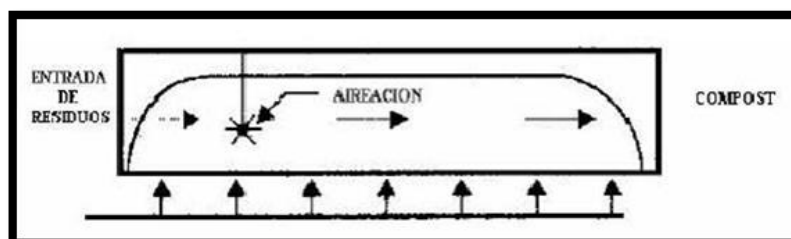


FIGURA N° 2.7: Compostaje en sistema cerrado

Fuente: Gómez Y Núñez, 2008

2.2.8.3 Ventajas y desventajas de los tipos de compostaje

- Pilas estáticas aireadas

a. Ventajas:

- ✓ El sistema de succión o presión de aire permite un tratamiento de olores efectivo.
- ✓ El período de estabilización es relativamente corto, lográndose entre 4 o 6 meses el proceso total.
- ✓ Se puede procesar gran cantidad de residuos.
- ✓ Es recomendado cuando se dispone de poco espacio y se desea completar el proceso en menos de un año.

b. Desventajas:

- ✓ Si la aireación es excesiva, producir variaciones en la temperatura y en el contenido en humedad.
- ✓ En el proceso se debe considerar que los residuos a tratar sean homogéneos, si no lo son necesitarán de volteos para homogenizar la temperatura y fermentación en general.
- ✓ La desventaja de ésta técnica se encuentra en que necesita de una serie de equipamientos, como un compresor de aire, tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad, por lo tanto encarece el costo de inversión de la planta.

- Pilas de Volteo o hilera

a. Ventajas:

- ✓ El proceso de volteo se puede realizar de manera manual o mecánica.

- ✓ Al voltear frecuentemente las pilas se promueve la descomposición uniforme de los residuos.
- ✓ El proceso se realiza en corto tiempo, ya que se completa entre dos a tres meses, dependiendo del material a compostar.
- ✓ La ventaja de ésta técnica se encuentra en que el costo de inversión y de funcionamiento es bajo.

b. Desventajas:

- ✓ La desventaja se encuentra en que se necesita de gran superficie para realizar el proceso.

- Reactor

a. Ventajas:

- ✓ El proceso se desarrolla en un contenedor cerrado, donde todos los parámetros se encuentran controlados de manera mecánica.
- ✓ Las ventajas de esta técnica radican en su alta velocidad de descomposición, para completar el proceso necesita, entre 2 a 4 semanas.
- ✓ Baja superficie requerida, mayor control en la temperatura, humedad y olor.
- ✓ No hay influencia del medio externo y menor requerimiento de mano de obra.

b. Desventajas:

- ✓ Las desventajas, son el alto costo en inversión y durante el proceso.
- ✓ Costo adicional por la adquisición de la maquinaria y de superficie para la maduración del material. [Córdova 2006].

Básicamente el proceso de compostaje consiste en varias fases controladas por la temperatura, las cuales se detallarán a continuación.

- **Fase latente:** para la aclimatación de las poblaciones microbianas al ambiente del compost, su duración puede ser de unas horas.
- **Fase mesófila o mesofílica:** dominada por bacterias que aumentan la temperatura con la descomposición de materia orgánica fácilmente degradable como azúcares, almidón y proteínas, suele durar entre 1 a 7 días con una temperatura de 15 a 45 °C.
- **Fase termófila o termofílica:** caracterizada por el crecimiento de bacterias, hongos y actinomicetos termófilos que son formas similares a las bacterias, cuya supervivencia esta favorecida por temperaturas altas entre 45 a 75 °C. La materia orgánica se degrada a grandes velocidades durante esta fase.
- **Fase de enfriamiento:** durante la cual la temperatura vuelve a disminuir hacia el rango mesófilo y la tasa de descomposición también decrece, los

microorganismos termófilos son reemplazados por mesófilos. Acaba cuando la temperatura baja hasta unos 25 °C y se mantiene sin subir al menos una semana.

- **Fase de maduración:** en la cual la temperatura ha caído valores ambientales, permitiendo el establecimiento de organismos de otros niveles tróficos es decir protozoos, roedores, escarabajos; así como de otros procesos importantes como nitrificación, que es sensible a las altas temperaturas. En esta fase suele dejarse reposar el material entre 15 a 45 días. [Gómez y Núñez, 2008].

2.2.9 COMPOST

2.2.9.1 Definición:

Se puede definir como un compuesto orgánico producido a partir de la basura urbana aunque preparado técnicamente puede ser aplicado al suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas de ahí surge la denominación de abono orgánico, fertilizante orgánico u acondicionador de suelo.

La utilización del compost perdió importancia a raíz de la industrialización de la agricultura pero, con la aparición de la agricultura biológica, se está volviendo a utilizar. Las plantas de compostaje modernas utilizan como materia prima fangos de depuradoras y basura doméstica (desechos alimenticios).

La aplicación de compost no daña el equilibrio del suelo, induce un gran número de efectos positivos en la biología del suelo, en las condiciones físicas y químicas de éste.

El compost presenta una textura física particular, de baja densidad y baja resistencia mecánica. Por lo tanto, su incorporación permite mejorar la estructura del suelo. [Álvarez José, 2008].

2.2.9.2 Beneficios del compost:

- ✓ El compost contiene una gran reserva de nutrientes que poco a poco entrega a las plantas.
- ✓ Se produce también con la aplicación del compost el secuestro del carbono en suelo. Es de resaltar cómo esta actuación es capaz de contribuir en mayor grado a la reducción de emisiones de CO₂.
- ✓ Al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, aumenta su estabilidad y así se evita la erosión y la desertificación.
- ✓ Reduce problemas de compactación y susceptibilidad de erosión.
- ✓ Incrementar la capacidad de retención de agua.
- ✓ Aumenta el contenido en macro nutrientes N, P,K, y micronutrientes, y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- ✓ Su utilización amortigua el peligro que supone para el suelo y el agua subterránea la aplicación abusiva de fertilizantes químicos de la agricultura convencional.

2.2.10 NORMATIVA ASOCIADA A LA APLICACIÓN DE LODOS EN SUELOS

A la fecha en el Perú no han implementado una regulación respectiva para el manejo y uso de lodos.

Por tal este trabajo se basará en la normativa de Estados Unidos 40 CFR, Part 503.

- Normativa EEUU (40 CFR, Part 503)

Durante los años 1988 a 1991, la Environmental Protection Agency (EPA) efectuó una intensa investigación que abarcó 208 plantas de tratamiento de aguas residuales y el análisis de 419 contaminantes para identificar los potenciales riesgos asociados a distintas opciones de uso de los lodos tratados. Paralelamente y durante varios años se desarrollaron otros estudios de riesgo y una serie de muestreos en todo el país, los que en su conjunto llevaron a obtener la regulación de las Normas para el uso o la eliminación de lodos de depuradora título 40 del Código del Reglamento Federal, publicada en 1993.

Esta regulación establece las normas nacionales para el manejo y uso de lodos derivados del tratamiento de aguas servidas domiciliarias para asegurar la protección de las personas y el medio ambiente.

La regulación 503 incorpora estándares para el uso, disposición superficial e incineración, y requisito para la reducción de patógenos. Establece lodos de clases A y B; los lodos clase A aseguran altos niveles de protección y requieren métodos avanzados de higienización, por tanto pueden ser utilizados sin restricciones en jardines, bosques, cultivos agrícolas y áreas públicas; debe tener un contenido de coliformes fecales inferior a 1000 NMP/g de lodo. Los lodos clase B contemplan mínimos de protección y pueden ser aplicados con restricciones locales en bosques, zonas agrícolas y áreas de mínimo contacto con el público; su contenido de coliformes fecales debe ser inferior a 2,106 NMP/g.

La aplicación de lodos al suelo incluye un uso benéfico a tasas agronómicas, es decir, tasas para proveer la cantidad de nitrógeno necesaria para los cultivos o vegetación, minimizando la cantidad que pasa más allá de la zona de raíces. Se definen límites para la concentración de nueve contaminantes inorgánicos As, Cd, Cu, Hg, Ni, Mo, Se, Pb y Zn como se puede observar en la tabla N° 2.6. Se permite el destino de los lodos a rellenos exclusivos para lodos, estableciendo requisitos de diseño, clausura y post clausura, límites de contenido de cromo (Cr), nitratos (NO₃-), As y Ni para la protección de aguas subterráneas. Además, controla la incineración de los lodos señalando límites para Pb, As, Cd, Cr y Ni e hidrocarburos y CO₂ en los gases emitidos. [Henríquez, 2011].

La aplicación al terreno es mucho más fácil de implementar en lugares en donde se dispone de terrenos agrícolas cercanos a la producción de biosólidos; sin embargo, los avances en las actividades de transporte han

hecho que la aplicación de biosólidos al terreno sea viable incluso en distancias de transporte mayores a 1 000 millas.

Por ejemplo, Philadelphia transporta los biosólidos deshidratados por 250 millas para convertir los terrenos al oeste de Pennsylvania en terrenos utilizables, y New York City envía algunos de sus biosólidos a más de 2 000 millas a Texas y Colorado. [Folletos Informativos de Biosólidos de la EPA, 2001]

TABLA N° 2.6. Concentración máxima de metales en lodos para su aplicación

Metal	Concentración límite (mg/kg)	Tasa acumulativa de carga contaminante (mg/kg)	Concentración del contaminante (mg/kg)
Arsénico	75	41	41
Cadmio	85	39	39
Cobre	4,300	1,500	1,500
Plomo	840	300	300
Mercurio	57	17	17
Molibdeno	75	SL	NL
Níquel	420	420	420
Selenio	100	100	100
Zinc	7,500	2,800	2,800

Fuente: Folletos Informativos de Biosólidos de la EPA, 2001.

2.2.11 RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL Y MEDIO AMBIENTE

Las empresas adoptan medidas para el efectivo control de los materiales y sustancias peligrosas intrínsecas a sus actividades, debiendo prevenir, controlar, mitigar eventualmente, los impactos ambientales negativos que aquellos generen. El Estado adopta medidas normativas de control, incentivo y sanción, para asegurar el uso, manipulación y manejo adecuado de los materiales y sustancias peligrosas, cualquiera sea su origen, estado o destino, a fin de prevenir riesgos y daños sobre la salud de las personas y el ambiente. Esto en referencia del artículo N° 83 que señala el estado peruano en la Ley General del Ambiente N° 28611.

El Estado promueve que los titulares de operaciones adopten sistemas de gestión ambiental. El Sistema Nacional de Gestión Ambiental tiene por finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente así como contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Las autoridades nacionales, sectoriales, regionales y locales promueven, a través de acciones normativas, de fomento de incentivos tributarios, difusión, asesoría y capacitación, la Producción Limpia en el desarrollo de los proyectos de inversión.

Entendiendo la Producción Limpia como un método para prevenir el impacto negativo derivado por el proceso productivo. Reduciendo los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. Consiguiendo de esta

manera un desarrollo sostenible, es decir cuando en una sociedad se satisfacen las necesidades de la población actual sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades, logrando un equilibrio entre las dimensiones social, económica y ambiental para asegurar la continuidad de la empresa en el largo plazo.

Según el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, el concepto de Producción Más Limpia ha alcanzado reconocimiento a nivel mundial como una estrategia preventiva para la protección del medio ambiente en las empresas. La Producción Más Limpia (PML) es la aplicación continua a los procesos, productos, y servicios, de una estrategia integrada y preventiva, con el fin de incrementar la eficiencia en todos los campos, y reducir los riesgos sobre los seres humanos y el medioambiente.

La Producción Más Limpia puede ser aplicada a procesos usados en cualquier industria, a los productos y los servicios:

- En los procesos de producción: La PML incluye la conservación de la materia prima y la energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción en cantidad y toxicidad de las emisiones y desperdicios antes de su salida del proceso.

- En los productos: La estrategia se enfoca en la reducción de los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final de los productos.

- En los servicios: La Producción Más Limpia reduce el impacto ambiental del servicio durante todo el ciclo de vida, desde el diseño y uso de sistemas, hasta el consumo total de los recursos requeridos para la prestación del servicio. [MINAM, 2009]

III. RESULTADOS

3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO PARA EL USO DE ABONO ORGÁNICO

3.1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO

El Perú tiene un amplio mercado en cuanto a fertilizantes se refiere; debido a la evolución de la agricultura, que ha tenido un crecimiento de gran significancia durante los últimos años.

Las importaciones de fertilizantes se han presentado en aumento año tras año hasta la actualidad. En esta parte se pretende analizar cuáles son las condiciones del mercado de fertilizantes en el Perú, para estudiar las posibilidades que el producto tiene en este mercado y detallar cual es la mejor forma de entrada en el mismo. Para ello se analiza cuáles son los fertilizantes más consumidos o utilizados, de qué países provienen, así

como su desarrollo y proyección de los mismos; determinando la demanda insatisfecha y el nivel de participación según la capacidad de producción.

3.1.2. EL PRODUCTO EN EL MERCADO

- **Producto principal**

El producto que se obtendrá mediante la valoración de lodos es el abono orgánico, y que estará destinado a satisfacer la creciente demanda por un producto de gran necesidad para la agricultura.

El producto tendrá inicialmente una presentación de 50 kilogramos, esa cantidad está determinada en función a las presentaciones que mayormente tienen los productos que se comercializan en la actualidad, así mismo se delimita como principal conclusión que la preferencia de las personas es consumir productos de presentación mediana.



FIGURA N° 3.1: Abono Orgánico

Fuente: Abor, 2012

- **Características y propiedades.**

- Mejora la textura del suelo
- Mejora la aireación del suelo
- Mejora la absorción de agua, conservando la humedad del suelo.
- Elimina el crecimiento de malezas
- Reduce la erosión del suelo
- Reduce la necesidad de aditivos comerciales para el suelo
- Ayuda a evitar la compactación del suelo
- Mayor rendimiento de la producción agrícola.
- Constituye un almacén de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes.

- **Composición**

Para la composición del compost la Organización Mundial de la Salud ha establecido rangos normales para compost comercial de sus componentes de humedad, materia orgánica, materia inerte, pH (acidez) y otros; como se puede apreciar en tabla N° 3.1

TABLA N° 3.1. Composición estándar de compost

Componentes	Rango normal (%)
Contenido de humedad	30-50
Materia inerte	30-70
Materia orgánica	25-50
pH	6-9
Carbono	8-50
Nitrógeno	0,4-3,5
C/N	16-20
Fósforo	0,3-3,5
Potasio	0,5-1,8
Cenizas	20-65
Calcio	1,5-7

Fuente: Altamirano, 2006.

- Usos

La transformación de los desechos orgánicos en abono crea aditivos naturales para el suelo que pueden utilizarse en los jardines y como abono para plantas. La cantidad y forma de aplicar el abono varía en función del cultivo, tipo y calidad del suelo, entre otros.

Utilizar el abono orgánico antes de la siembra o en las etapas iniciales de crecimiento de la planta. Aplicar cerca de las raíces y luego cubrir con tierra. No aplicar cerca de la maduración o de la cosecha, tener igual cuidado con las plantaciones vecinas.

- Productos sustitutos

El abono que va a producir tiene como productos similares a todos los fertilizantes tanto orgánicos como químicos que se comercializan a nivel nacional. Estos son:

- ✓ Úrea
- ✓ Sulfato de amonio.
- ✓ Nitrato de amonio.
- ✓ Fosfato de amonio.
- ✓ Superfosfatos de calcio triple.
- ✓ Cloruro de potasio.
- ✓ Sulfato de potasio
- ✓ Sulfato de Magnesio y potasio.
- ✓ Abono compuesto 12-12-12.
- ✓ Guano de isla.
- ✓ Gallinaza.
- ✓ Humus de lombriz.
- ✓ Abono compuesto 15-15-15.
- ✓ Abono compuesto 20-20-20.

3.1.3. ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

- Factores que determinan el área de mercado

Nuestro mercado viene dado por el aumento de la demanda de fertilizantes que se ha presentado año tras año hasta la actualidad; en el mercado de fertilizantes peruano prácticamente todos los productos son importados, donde las importaciones abarcan más del 90%; debido a este comportamiento existe un mercado propicio para los fertilizantes.

Los factores que explican estas alzas de demanda son la solidez de la demanda agrícola para la industria y la ampliación de las áreas cultivables. La agricultura es una de las actividades importantes a nivel nacional, en donde de acuerdo a sus características de clima, suelo y agua se han instalado los cultivos. Existiendo de esta manera una gran oportunidad de introducción al mercado. [América economía, 2012]

- Área de mercado seleccionada

El producto está dirigido a la región de Lambayeque, para los pequeños agricultores, como también a empresas agroindustriales.

De esta manera se quiere hacer frente al mercado de las importaciones, la cual es la demanda insatisfecha; ya que cada año el índice de esta demanda viene en aumento, debido a que el Perú en general no es productor potencial de fertilizantes.

Además se sabe que actualmente, el departamento de Lambayeque es un valle prodigioso por la calidad de sus tierras, siendo la agricultura una de las actividades importantes del departamento; los beneficios del Proyecto Olmos abrirán las puertas a muchos más productos agrícolas, en donde nuestro producto tendrá mayor ampliación de mercado. Asimismo, la vocación agrícola de sus pobladores y la tradición agroindustrial, reflejada en la existencia de varias empresas azucareras y numerosos molinos de arroz, explica la importancia conjunta de la agricultura y la manufactura en la estructura productiva departamental. [BCRP, 2013]

3.1.4. DEMANDA DE FERTILIZANTES A NIVEL NACIONAL

EL propósito es determinar y medir cuales son las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado respecto a los fertilizantes, la demanda o también llamada consumo aparente que es la cantidad de fertilizantes que el mercado requiere.

La intensidad en el uso de fertilizantes depende de varios factores, entre los que se pueden citar la disponibilidad de tierras, tamaño de la propiedad agrícola y preparación de los agricultores, así como el tipo de cultivo, productividad esperada y precios relativos de fertilizantes.

La demanda para el presente estudio está dada por el consumo de la producción nacional y el volumen de importación, y que este último es el que se pretende abordar debido a la capacidad que no tiene nuestro país para poder abastecer al mercado de fertilizantes.

En la tabla N° 3.2 se muestra el volumen de importación en toneladas de los fertilizantes a partir del año 2000 obtenidos del Ministerio de Agricultura MINAG.

TABLA N° 3.2. Importación de Fertilizantes

AÑO	IMPORTACIÓN (en t)
2000	498 523
2001	656 448
2002	622 615
2003	666 782
2004	694 767
2005	663 259
2006	710 937
2007	898 225
2008	701 484
2009	777 249
2010	747 891
2011	837 360
2012	882 425

Fuente: MINAG 2012

- Situación actual de la demanda.

Las importaciones de fertilizantes siguen ascendiendo cada año, como se observa en la figura N° 3.2 que alcanzó 882 425 toneladas en el año 2012, asimismo las estadísticas muestran que Rusia sigue liderando el ranking de nuestros principales proveedores con el 63% del total importado, le sigue Ucrania con el 19% y Latvia con 13%.

La lista de importadores del insumo agrícola es liderada por la Corporación Misti S.A. con US\$ 42,9 millones (36% del total), le sigue la empresa Molinos S.A. con 14%; entre otros. En la figura N° 3.2 presenta los volúmenes de importación de fertilizantes a partir del año 2000 hasta el 2012.

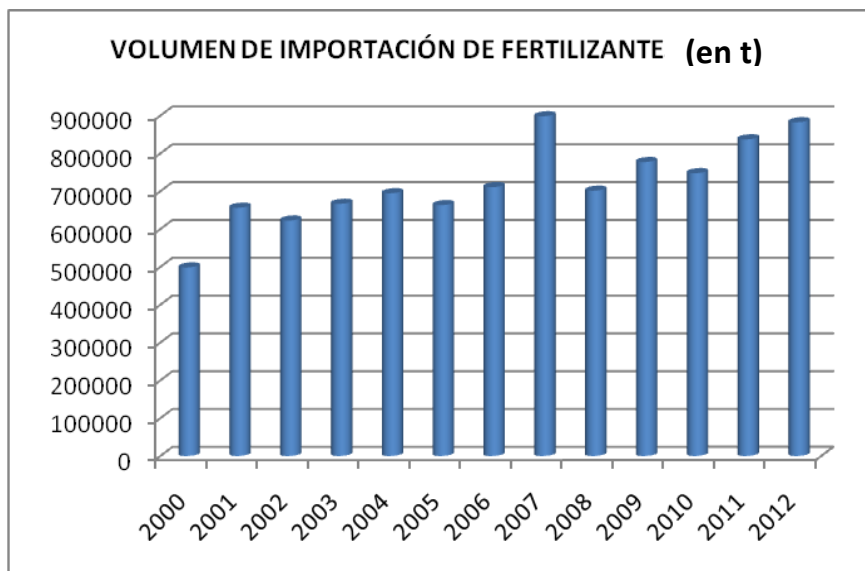


FIGURA N° 3.2: Volumen de importación de fertilizantes (en t)
FUENTE: MINAG 2012

TABLA N° 3.3. Fertilizantes Importados (en t)
PRINCIPALES FERTILIZANTES IMPORTADOS (en t)

AÑO	ÚREA	NITRATO DE AMONIO	SULFATO DE AMONIO	FOSFATO DE AMONIO	CLORURO DE POTASIO	SULFATO DE POTASIO
2000	350 139	13 190	39 476	53 190	23 223	8 385
2001	326 571	15 547	95 311	122 879	51 980	17 082
2002	374 278	34 591	31 587	104 231	50 370	23 644
2003	334 212	39 145	67 359	123 857	46 657	35 349
2004	323 422	63 036	63 976	152 166	49 836	27 976
2005	247 866	61 216	108 548	139 581	62 759	26 739
2006	295 339	66 923	63 409	183 737	46 561	34 749
2007	367 786	109 160	93 529	135 929	104 738	55 776
2008	277 114	117 545	112 679	87 398	52 743	36 282
2009	424 976	22 971	104 207	159 052	42 940	10 508
2010	327 046	32 468	128 070	134 140	82 361	23 219
2011	382 738	46 830	120 586	129 416	63 638	47 607
2012	400 732	64 114	149 043	162 993	52 858	36 589

Fuente: MINAG 2012

En la figura N° 3.3 se puede observar como los principales fertilizantes han venido en aumentando, siendo la úrea el principal fertilizante importado entre los 6 más usados; así lo representa MINAG.

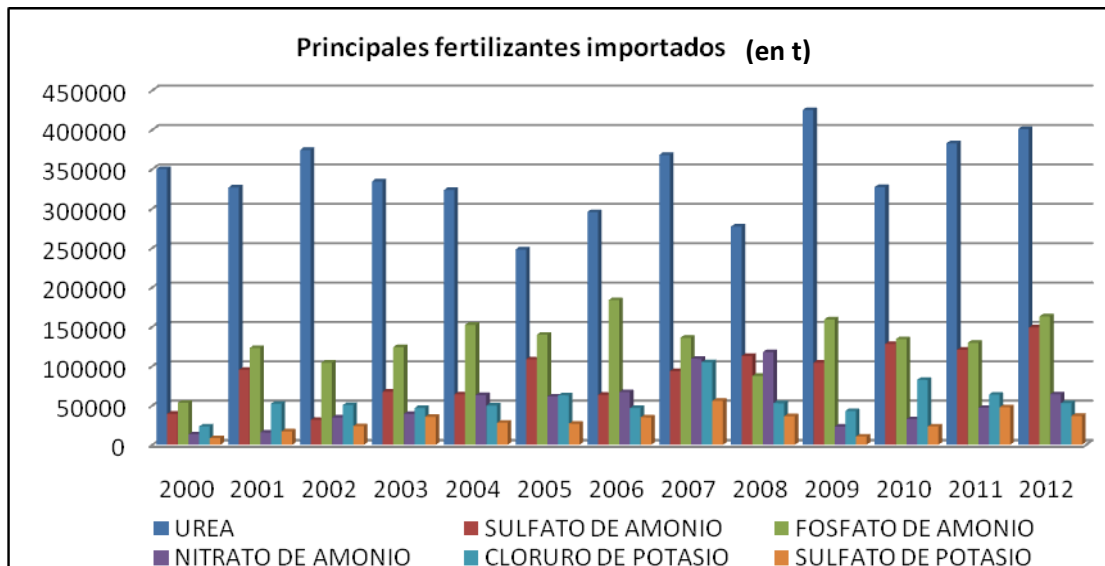


FIGURA N° 3.3: Principales fertilizantes importados (en t)
 FUENTE: MINAG 2012

En cuanto a posición económica las importaciones de la Úrea sumaron US\$ 120 millones, 63% más que el año 2010, según las cifras de Aduanas. Entre los meses de enero y agosto de 2011, las importaciones de fertilizantes han crecido de la mano con la producción, siendo la partida más resaltante la de Urea, que sumó US\$ 120 millones, lo que significó un incremento de 63%, respecto del mismo periodo del año pasado (US\$ 73,6 millones), según las últimas cifras de Aduanas.

Aunque los precios no han alcanzado los niveles de 2008, éstos han pasado de US\$ 0,324/kg. a US\$ 0,436/kg., incrementándose un 34,6%, respecto del año pasado.

Los Sulfatos y Fosfatos, también crecieron entre los meses de enero y agosto de 2011, las importaciones subieron significativamente con cifras US\$ 21,5 millones, lo que expresó un incremento frente a los US\$ 8,9 millones en el mismo periodo de 2010. De la misma manera, las compras nacionales de fosfato di amónico crecieron 78%, sumando US\$ 68,9 millones. En ese sentido, se confirma el liderazgo de las importaciones de la empresa Misti S.A. con el 31% y 33% del total importado en ambos productos, seguida de la empresa Molinos S.A. con el 49% (solo de fosfato diamónico), Corporación Misti con el 26% y 33% (ambos insumos) e Inkafert con el 12% (de ambos).

En relación al fosfato diamónico, el 52% de las importaciones provienen de Estados Unidos, 24% de Lituania y 23% de Rusia. Según Agraria.pe En la tabla N° 3.4 se tiene la demanda histórica de fertilizantes alcanzando la cifra de 902 126 toneladas en el año 2012.

TABLA N° 3.4: Demanda de Fertilizantes

AÑO	DEMANDA (en t)
2000	519 019
2001	670 910
2002	632 238
2003	680 580
2004	709 426
2005	667 005
2006	714 208
2007	915 061
2008	725 525
2009	797 462
2010	764 055
2011	853 407
2012	902 126

Fuente: MINAG 2012

Como se ha podido observar en la tabla N° 3.4 el consumo de fertilizantes se ha presentado de forma creciente durante los últimos años, influenciado a que cada vez hay más terrenos agrícolas para el cultivo en nuestro medio. Como se ha mostrado el incremento del consumo de fertilizantes considerablemente a partir del año 2000 hasta el 2012.

- Método de proyección de la demanda

Para la proyección de la demanda se empleó la técnica de series de tiempo que presenta una tendencia lineal en el largo plazo, utilizando el método de regresión lineal sobre los datos históricos cuantitativos, como se presenta en la figura N° 3.4.

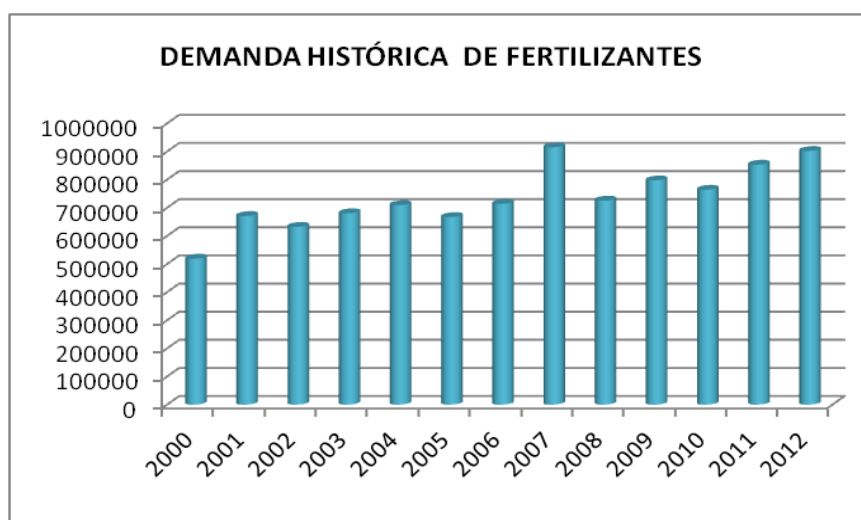


FIGURA N° 3.4: Demanda histórica de fertilizantes (en t)

FUENTE: MINAG 2012

- **Proyección de la demanda**

La demanda está proyectada para 12 años, fijándose hasta el año 2025, para cual se tomó en cuenta los datos históricos cuantitativos de la tabla anterior. Logrando realizar un modelo de proyección de:

$$Y = 566644,19 + 24007,12 X$$

De acuerdo con estos datos hallados se obtiene la siguiente demanda proyectada para el mercado de los fertilizantes a nivel nacional, como se muestra en la tabla N° 3.5 donde se aprecia un incremento del volumen de fertilizantes cada año hasta el 2025.

**TABLA N° 3.5: Demanda
Proyectada (en t)**

AÑO	DEMANDA PROYECTADA
2013	902 744
2014	926 751
2015	950 758
2016	974 765
2017	998 772
2018	1 022 779
2019	1 046 787
2020	1 070 794
2021	1 094 801
2022	1 118 808
2023	1 142 815
2024	1 166 822
2025	1 190 829

Elaboración: propia

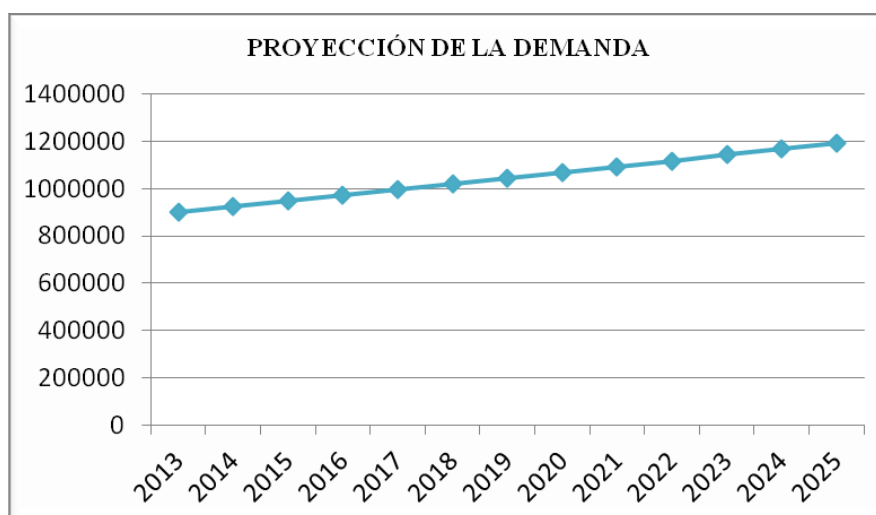


FIGURA N° 3.5: Proyección de la demanda (en t)

Elaboración: Propia

Como se puede observar en la figura N° 3.5, la tendencia de la demanda proyectada es lineal, resultando un aumento de 926 751 toneladas para el año 2014 y 1 190 829 toneladas para el año 2025. Los datos de la tabla anterior se pueden avalar debido a que se ha calculado el coeficiente de correlación r , que nos ayudó a establecer la validez de las variables estimadas; resultando un $r=0.84$ que muestra un buen ajuste lineal para nuestra proyección.

3.1.5. OFERTA DE FERTILIZANTES A NIVEL NACIONAL

- Evaluación y características actuales de la oferta.

Actualmente, el Perú no es productor potencial de fertilizantes, por lo que ha de proveerse del exterior, siendo su principal proveedor Rusia. En cuanto a los principales fertilizantes consumidos, es la urea la que tiene la mayor parte del mercado, seguido del fosfato de amonio y el sulfato de amonio. La finalidad es determinar o medir las cantidades y las condiciones en que nuestro país puede poner a disposición del mercado, los fertilizantes como producto. En el mercado peruano la oferta de fertilizantes es muy superada por la demanda, debido a que la producción nacional no es suficiente para satisfacer dicha exigencia; por lo tanto el mercado que se pretende atacar, es a las importaciones de fertilizantes; reduciendo de esta manera la gran brecha que existe de la oferta con la demanda.

- Oferta histórica de crecimiento.

Con relación a la oferta de fertilizantes en el mercado peruano, al momento toda la gama de productos es completamente importada; debido a que no se produce cantidades para poder satisfacer la gran demanda existente. En este estudio se tomará a la producción como la oferta, por la razón que se quiere reducir el índice de consumo de fertilizantes importados. En la tabla N° 3.6 se muestra la oferta o bien se puede decir la cantidad de fertilizantes que los productores están dispuestos a vender a los distintos precios en el mercado peruano de fertilizantes, los volúmenes están expresados en toneladas a partir del año 2000.

- Oferta actual.

Si bien es cierto la producción de fertilizantes a nivel nacional ha venido creciendo de la mano de las importaciones, y que se ha visto aumentada en comparación a los años anteriores, esta producción es insatisfecha para la gran demanda existente en el mercado; ya que no abarca ni el 3% del mercado de fertilizantes. De esta manera se establece a la producción nacional como oferta para el desarrollo de este estudio. A continuación se puede apreciar la evolución de la oferta desde el año 2000 al 2012.

TABLA N° 3.6: Oferta de Fertilizantes

AÑO	OFERTA (en t)
2000	20 496
2001	14 462
2002	9 623
2003	13 798
2004	14 659
2005	3 746
2006	3 271
2007	16 836
2008	24 041
2009	20 213
2010	16 164
2011	16 047
2012	19 701

Fuente: MINAG 2012

En la figura N° 3.6 se muestra el comportamiento histórico de la oferta.

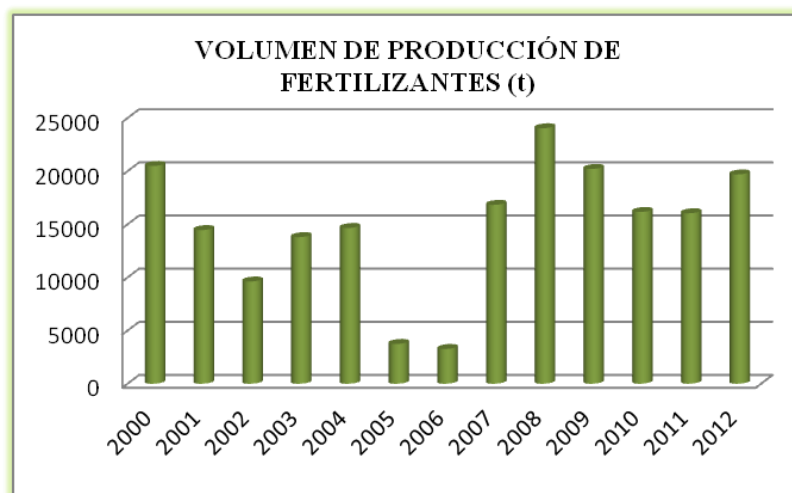


FIGURA N° 3.6: Oferta de Fertilizantes (en t)

FUENTE: MINAG 2012

- Método de proyección de la oferta

Para la proyección de la oferta se empleó la técnica de series de tiempo que presenta una tendencia en el largo plazo, utilizando el método de media móvil debido a que la oferta se ha visto gráficamente con escaladas y caídas, esto por la variante producción de los fertilizantes, el comportamiento de los datos históricos aunque muestren un crecimiento o un decrecimiento, lo hacen con una tendencia constante es decir cada año se va aumentando la producción nacional aunque en pequeñas cantidades; debido a esto es conveniente utilizar el método de media móvil para

calcular la oferta proyectada. El término móvil indica que conforme se tienen una nueva observación de la serie de tiempo, se reemplaza la observación más antigua de la ecuación y se calcula un nuevo promedio. El resultado es que el promedio se moverá, esto es, conforme se tengan nuevos datos y se vayan sustituyendo en la fórmula, el valor del promedio irá modificándose. Se calculó con un $n = 2$ periodos; debido a que es el menor valor que se puede tomar cuando hay variación en los datos.

- **Proyección de la Oferta**

Como bien se explicó anteriormente el método media móvil se utiliza como pronóstico para el siguiente periodo, el promedio de n valores de los datos más recientes de la serie de tiempo. Utilizando la expresión matemática, tenemos en la tabla N° 3.7 la oferta proyectada hasta el año 2025.

TABLA N° 3.7: Oferta Proyectada (en t)

AÑO	OFERTA
2013	17 874
2014	18 788
2015	18 331
2016	18 559
2017	18 445
2018	18 502
2019	18 473
2020	18 488
2021	18 481
2022	18 484
2023	18 482
2024	18 483
2025	18 483

Elaboración: propia

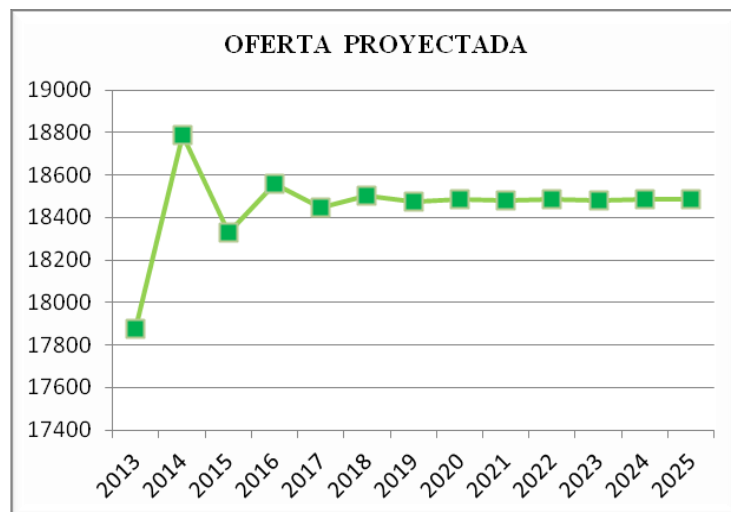


FIGURA N° 3.7: Oferta Proyectada (en t)

ELABORACIÓN: PROPIA

Como se puede observar en la figura N° 3.7, al igual que los datos históricos en los que variaba el comportamiento, pero que el volumen aumentaba cada año, la oferta proyectada también tiene tendencia constante, resultando un aumento de 18 483 toneladas para el año 2025.

3.1.6. DEMANDA INSATISFECHA

- Determinación de la demanda insatisfecha

Con los datos obtenidos de la demanda y la oferta proyectada, podemos determinar la demanda insatisfecha; la cual viene dada por la diferencia de los datos proyectados para los próximos 12 años, en la tabla N° 3.8, se puede observar la obtención de la demanda insatisfecha en toneladas.

TABLA N° 3.8: Demanda insatisfecha de fertilizantes (en t)

AÑO	DEMANDA PROYECTADA	OFERTA PROYECTADA	DEMANDA INSATISFECHA
2013	902 744	17 874	884 870
2014	926 751	18 788	907 963
2015	950 758	18 331	932 427
2016	974 765	18 559	956 206
2017	998 772	18 445	980 327
2018	1 022 779	18 502	1 004 277
2019	1 046 787	18 473	1 028 313
2020	1 070 794	18 488	1 052 306
2021	1 094 801	18 481	1 076 320
2022	1 118 808	18 484	1 100 324
2023	1 142 815	18 482	1 124 333
2024	1 166 822	18 483	1 148 339
2025	1 190 829	18 483	1 172 346

Elaboración: propia

3.1.7. DEMANDA DEL PROYECTO

Para determinar la demanda del proyecto se debe primero calcular el volumen de los lodos generados en las lagunas de estabilización de Epsel S.A. y que estas cantidades dependen principalmente del volumen de agua tratada por parte de esta empresa.

Para estimar la cantidad de lodo de desecho que se generará en el sistema de tratamiento de agua residual, es necesario tener las características del agua las cuales se mostraron anteriormente, siendo las principales:

- ✓ DBO promedio = 200 mg/L
- ✓ Sólidos suspendidos totales = 0,20 ml/L

- ✓ Cantidad de agua residual tratada = 650 L/s

Con los datos obtenidos de la disponibilidad de lodos que se generan en las lagunas tenemos que para el año 2012 es 1 212 840 kg/año y además se conoce que del total de lodos generados el 80 % se convierte en compost teniendo 970 272 kg/año de compost.

En la tabla N° 3.9 se muestra la demanda del proyecto en kilogramos de compost, estableciendo una producción constante para los siguientes años; debido a que en la planta de tratamiento de agua residual de Epsel se ha venido trabajando en promedio con el mismo caudal de agua residual durante los últimos años, de manera que solo la expansión de abastecimiento de las lagunas de estabilización hará que se incremente el volumen de agua residual tratada y por ende se incremente también la cantidad de lodo generado. Por tal nuestra capacidad de planta estará dada en base a una producción constante de compost para los próximos años.

TABLA N° 3.9: Demanda del Proyecto

Año	Producción en kg
2013	970 272
2014	970 272
2015	970 272
2016	970 272
2017	970 272
2018	970 272
2019	970 272
2020	970 272
2021	970 272
2022	970 272
2023	970 272
2024	970 272
2025	970 272

Elaboración: propia

La participación de la demanda del proyecto estará prevista por la producción de compost en toneladas que es constante y que debido al aumento de la demanda insatisfecha año tras año el porcentaje de participación va decreciendo como se aprecia en la tabla N° 3.10

TABLA N° 3.10: Porcentaje de participación de la demanda del proyecto para los próximos 12 años.

PORCENTAJE DE LA DEMANDA INSATISFECHA A ABARCAR			
AÑO	DEMANDA INSAT. (t)	PRODUCCIÓN (t)	%
2014	907 963	970	0,11
2015	932 427	970	0,10
2016	956 206	970	0,10
2017	980 327	970	0,10
2018	1 004 277	970	0,10
2019	1 028 313	970	0,09
2020	1 052 306	970	0,09
2021	1 076 320	970	0,09
2022	1 100 324	970	0,09
2023	1 124 333	970	0,09
2024	1 148 339	970	0,08
2025	1 172 346	970	0,08

Elaboración: propia

3.1.8. PRECIOS

- Precio del producto en el mercado.

El precio del abono orgánico a nivel nacional es menor en comparación al precio que presentan los fertilizantes químicos.

A continuación se muestran los precios, según los principales fertilizantes y abonos orgánicos que son comercializados, los precios son en soles por bolsa de 50 kg.

- Precio de productos sustitutos.

Los fertilizantes de mayor demanda a nivel nacional son la urea, fosfato de amonio, sulfato de amonio, cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de amonio; siendo la urea el de mayor uso.

Además tenemos los abonos orgánicos, siendo el guano de isla el de mayor consumo.

En la tabla N° 3.11 se muestra los diferentes precios de fertilizantes y abonos orgánicos.

TABLA N° 3.11: Precio en soles de fertilizantes y abonos orgánicos (en nuevos soles)

Producto	Unid.	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Comp. 12-12-12	50 kg	51,30	56,45	61,41	73,77	121,63	104,01	92,21	94,49	96,25
Comp. 15-15-15	50 kg	56,03	55,45	60,43	75,57	127,54	98,69	87,77	98,73	114,30
Comp. 20-20-20	50 kg	54,19	56,59	63,59	81,94	150,62	112,94	106,62	109,59	111,88
Cloruro de potasio	50 kg	46,96	52,18	59,37	68,87	127,40	121,74	112,00	109,55	109,07
Fosfato di amónico	50 kg	58,15	59,98	65,19	89,48	194,25	113,09	102,07	113,15	114,09
Gallinaza	50 kg	11,03	11,31	10,82	12,40	13,98	13,37	15,70	13,13	14,90
Guano de la Isla	50 kg	39,50	41,69	45,56	54,80	68,47	63,84	59,80	59,11	62,17
Humus de Lombriz	50 kg	20,00	20,83	20,00	20,65	20,63	60,00	60,00	0,00	0,00
Roca Fosfórica	50 kg	31,63	32,79	35,85	38,39	41,82	35,32	34,29	34,10	36,67
Nitrato de amonio	50 kg	54,03	56,98	63,20	71,00	118,85	82,99	72,57	82,76	91,45
Sulf. mag. y potasio	50 kg	53,05	55,59	61,71	57,02	112,14	108,08	94,19	91,95	88,73
Sulfato de amonio	50 kg	48,80	54,67	57,60	64,10	115,34	69,20	67,49	70,16	73,65
Sulfato de potasio	50 kg	59,17	62,50	68,42	77,05	158,40	147,65	140,82	129,22	124,11
Superf. de calcio triple	50 kg	56,90	60,94	65,46	87,89	172,55	110,11	91,53	105,01	106,03
Urea	50 kg	47,41	55,45	62,28	77,43	123,65	78,61	70,65	82,16	88,66

Fuente: Dirección Regional de Agricultura 2013

- Precio histórico nacional de la úrea

La úrea constituye el principal fertilizante importado durante el periodo de análisis, con participación aproximadamente del 60% sobre total.

En la tabla N° 3.12 se muestra la evolución histórica de precio de la urea a nivel nacional a partir del año 2004.

**TABLA N° 3.12: Precio de
Úrea (s/.)**

Año	Precio (soles x 50 kg)
2004	47,41
2005	55,45
2006	62,28
2007	77,43
2008	123,65
2009	78,61
2010	70,65
2011	82,16
2012	88,66

Fuente. Dirección Regional de Agricultura 2013

- Precio histórico nacional del guano de isla

El guano de isla es el abono orgánico de mayor consumo, por tal razón se muestra como ha venido comportándose el precio de este producto; ya que es un abono orgánico al igual que el producto que se pretende obtener en este estudio.

En la tabla 3.13 se muestra los precios a partir del año 2004.

**TABLA N° 3.13: Precio del
guano de isla**

Año	Precio (soles x 50 kg)
2004	39,50
2005	41,69
2006	45,56
2007	54,80
2008	68,47
2009	63,84
2010	59,80
2011	59,11
2012	62,17

Fuente: Dirección Regional de Agricultura 2013

De esta manera se ha tomado el precio del guano de isla, como referencia para el precio de nuestro producto, ya que es un abono orgánico de mayor consumo, además con esto se quiere conocer entre que valores fluctuará nuestro precio. En la figura N° 3.8 se representa como ha venido desarrollándose el precio del guano de la isla, incrementándose cada año.

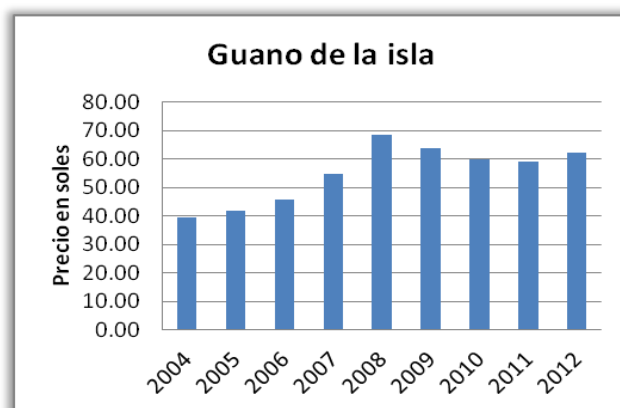


Figura N° 3.8: Evolución histórica del guano de la isla

FUENTE: Dirección Regional De Agricultura 2013

- Modelo de proyección para el precio del guano de la isla

Para el modelo de proyección se empleó la técnica de series de tiempo, utilizando el método de media móvil debido a que el precio se ha visto gráficamente variante. El método media móvil, se utiliza como pronóstico para el siguiente periodo, el promedio de n valores de los datos más recientes de la serie de tiempo. Utilizando la expresión tenemos:

$$\text{Promedio Móvil} = \frac{\sum (\text{n valores de datos más recientes})}{n}$$

- Proyección para el precio del guano de isla

En la tabla N° 3.14 se presenta la proyección de precios del guano de isla, teniéndolo como principal abono orgánico del Perú. El comportamiento del precio tiene una variación mínima, debido a que el método de media móvil usado permite tener un valor más acorde a la data histórica.

TABLA N° 3.14: Precio proyectado del guano de isla

AÑO	Precio (soles x 50 kg)
2013	60,642
2014	61,406
2015	61,024
2016	61,215
2017	61,120
2018	61,167
2019	61,143
2020	61,155
2021	61,149
2022	61,152
2023	61,151
2024	61,152
2025	61,151

Elaboración: propia

- Políticas de precios.

Todo producto que es lanzado al mercado debe llevar un precio, puesto que ello determina los ingresos de la empresa o negocio; el precio de los abonos orgánicos existentes generalmente se maneja a un precio estándar a nivel nacional o dicho de otra manera el precio lo determina el mercado.

Para fijar un precio adecuado para nuestro producto, es necesario realizar un análisis del precio de los competidores, el cual se toma como referencia el abono orgánico principal del mercado que es el guano de la isla y que en la tabla anterior se proyectó el precio para los próximos años.

La estrategia de precios, es ofrecer al mercado un abono orgánico a un precio bajo, para que de ese modo, podamos lograr un rápido ingreso al mercado; es decir una rápida acogida ganando clientes a los competidores.

El precio de nuestro producto para el mercado se determinó en base al precio de otros abonos orgánicos, debido a que la intención es ofrecer al mercado un precio bajo, para que de ese modo, podamos lograr una rápida penetración al mercado, una rápida acogida ganando mercado a los competidores, o que podamos hacerlo rápidamente conocido.

De esta manera se fijó en S/. 30,00 por saco de 50 kg, ofreciendo un costo menor con respecto al guano de la isla y otros abonos orgánicos, y se mantendrá fijo para los próximos años.

3.1.9. PLAN DE VENTAS

En la siguiente tabla se presenta el plan de ventas para los siguientes 7 años incluido la cantidad de unidades a vender y el ingreso monetario por dichas unidades. Las unidades que se venderán muestran valores fijos, debido a que responden a la producción que se tendrá y teniendo una producción constante, el plan de ventas también es constante.

Las unidades de producción están dadas en sacos de 50 kg, y los ingresos detallados por mes y trimestres del primer año (2014), hasta el año 2020. En los dos primeros meses no se contará con producción ya que comprende la fase de compostaje, por tal razón las unidades y el importe no se detallan en el plan ventas para ese periodo, tal como se muestra en la tabla N° 3.15.

TABLA N° 3.15: Plan de ventas para 7 años

PLAN DE VENTAS (en nuevos soles)		
PERIODO	UNIDADES	IMPORTE(S/.)
ENERO	0	0
FEBRERO	0	0
MARZO	4 851	145 541
1er. Trim	4 851	145 541
2do. Trim	4 851	145 541
3er. Trim	4 851	145 541
4to. Trim	4 851	145 541
1 año	19 405	582 163
2015	19 405	582 163
2016	19 405	582 163
2017	19 405	582 163
2018	19 405	582 163
2019	19 405	582 163
2020	19 405	582 163

Elaboración: propia

3.1.10. COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

El procedimiento de comercialización del abono orgánico o venta se realizará mediante comunicación directa con los clientes o a través de diferentes minoristas de la localidad, los mismos que han sido identificados; tal y como se muestra en la figura N° 3.9.

El producto estará a disposición de los diferentes agricultores, y también a las empresas agroindustriales situadas en nuestra región. De modo que estamos en una etapa inicial de introducción del producto al mercado se ha establecido como primer punto de venta el lugar de producción, la estrategia de introducción al mercado es para los próximos 7 años, en los que se realizarán descuentos por compras al por mayor, para tener un buen desempeño en el mercado.



FIGURA N° 3.9: Sistema de comercialización para el abono orgánico

Elaboración: propia

Por las particularidades antes mencionadas del producto y el mercado en el cual se desarrolla, en los próximos años se tratará de buscar mayor número de puntos de venta en Lambayeque, lo cual asegurará un gran alcance del territorio y mayor cantidad de ventas. Por ello, la estrategia a seguir es la distribución intensiva; para esto los puntos de ventas serán visitadas quincenalmente por un representante de la empresa que les brindara asesoramiento de técnicas en comercialización, y si se requiere impulso de ventas se les proporcionará impulsores.

3.2. MATERIAS PRIMAS Y SUMINISTROS

3.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS LODOS SEDIMENTADOS

La caracterización de los lodos es muy importante y más aun cuando se trata de su disposición a terreno agrícola; debido a que deberá cumplir con parámetros para su posterior uso; el objetivo de que sean tratados es reducir el contenido de microorganismos patógenos, eliminar los olores desagradables y reducir su putrefacción; para que de esta manera no afectar negativamente el suelo y el crecimiento de las plantas el lodo estabilizado debe estar dentro de unos parámetros de caracterización que se muestran en la figura N° 3.10.

Propiedades	Unidad	Rango
Sólidos totales	%	0,83-1,16
Sólidos volátiles	%	59-88
Aceites y grasas	%	0,5-12
Proteínas	%	32-41
Nitrógeno	%	2,4-5
Fósforo	%	1,2-4,8
Potasio	%	0,4-0,5
pH		6,5-8
Alcalinidad	Mg/l (Ca CO ³)	580-1 100
Ácidos orgánicos	Mg/l (Hac)	1 100-1 700
Contenido de energía	kcal/kg	18 500-23 000

FIGURA N° 3.10: Propiedades químicas típicas de lodos tratados
FUENTE: HENRÍQUEZ, 2011

3.2.1.1. Caracterización del lodo sedimentado de las lagunas de estabilización de San José-Epsel

Para la caracterización del lodo primero se extrajo una muestra, la cual se instituyó en el muestreo a juicio de experto, que es la selección de forma subjetiva en un sitio basado en la experiencia y conocimiento del área de estudio para elegir una muestra; la misma

que se tomó manualmente por un técnico encargado de las lagunas de estabilización de la empresa Epsel y cuya muestra fue de volumen igual a 5 litros, cantidad especificada por expertos en el área para ejecutar los análisis, los cuales se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (ver anexo N° 16), esto con la finalidad de poder examinar y determinar la composición y propiedades que este lodo posee, de tal manera que se pueda garantizar su aplicación como abono orgánico.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos son en los rubros de porcentajes (%) de aceites y grasas, carbono total, nitrógeno total, DQO y relación carbono/nitrógeno; como se muestran en la tabla N° 3.16.

TABLA N° 3.16: Caracterización de lodo crudo

Determinación	Medida	Resultados
Aceites y grasas	%	5,20
Carbono total	%	11,20
Nitrógeno total	%	0,87
DQO	%	39,00
Relación C/N	%	15/1

Fuente: Laboratorio UNPRG 2012

Para los parámetros de pH, temperatura, sólidos, DBO, coliformes, etc., se tomó otra muestra de 5 litros también bajo el muestreo a juicio de experto; el análisis se realizó en el laboratorio de la empresa Epsel S.A. Estos resultados se muestran en la tabla N° 3.17.

TABLA N° 3.17: Caracterización de lodo crudo

Parámetro	Resultados
pH	7,95
T°	24 ° C
Alcalinidad	33 mg/L
Sólidos	900 ml/L
DBO ⁵	14 592 mg/L
Conductividad	1 773
ST Disueltos	888,4 mg/L
Coliformes Totales	4,0 E5
Coliformes Fecales	2,0 E5

Fuente: Epsel 2012

De acuerdo a los tipos de lodos que establece la EPA, el lodo de las lagunas de estabilización de San José de Epsel pertenece al lodo

clase B, ya que los coliformes fecales presentes son inferiores a 2,1060 NMP/g de lodo establecido por la EPA.

El pH que resultó del análisis de laboratorio presenta un valor de 7,95 y que consta entre los parámetros exigidos. Otro de los muchos elementos requeridos para la descomposición microbiana, el carbono y el nitrógeno son los más importantes, según los resultados la relación C/N del lodo es 15/1 siendo viable por estar dentro del rango; ya que según estudios la relación C/N final entre 12-15, es considerada apropiada para uso agronómico.

Esta comparación se realizó a partir de la caracterización del lodo (tabla N° 3.16 y 3.17) en base a los parámetros exigidos y las especificaciones que establece la normativa 40 CFR, Part 503, los cuales se muestra en la figura N° 3.10. Esto da pauta a establecer que la incorporación de los lodos de las lagunas de estabilización de Epsel S.A. a los suelos es una buena opción por la transferencia de nutrientes a los suelos. [Avendaño, 2003].

3.2.2. REQUERIMIENTOS DE MATERIALES E INSUMOS

3.2.2.1. Plan de Producción y requerimientos de Materiales

El plan de producción del abono orgánico estará establecido para los próximos 7 años proyectados de la demanda del proyecto, siendo el año 2014 el primer año de producción y finalizando en el año 2020.

Se tendrá como stock de seguridad 303 sacos de abono, para enfrentar diferentes cambios en la demanda de acuerdo al mercado de los fertilizantes, por lo tanto se tiene un plan de producción para los siguientes 7 años, así como se muestra en la tabla N° 3.18.

TABLA N° 3.18: Plan de producción de abono orgánico (sacos 50 kg)

PLAN DE PRODUCCIÓN (PLAN DE VENTAS +STOCK)					
PERIODO	INV. INICIAL	PRODUCCIÓN	INV. TOTAL	VENTAS	INV. FINAL
1 MES	0	0	0	0	0
2 MES	0	0	0	0	0
3 MES	0	5 155	5 155	4 851	303
1er Trim	303	5 155	5 155	4 851	303
2do. Trim	303	4 851	5 155	4 851	303
3er Trim	303	4 851	5 155	4 851	303
4to. Trim	303	4 851	5 155	4 851	303
1 año	0	19 709	20 618	19 405	303
2 año	303	19 405	19 709	19 405	303
3 año	303	19 405	19 709	19 405	303
4 año	303	19 405	19 709	19 405	303
5 año	303	19 405	19 709	19 405	303
6 año	303	19 405	19 709	19 405	303
7 año	303	19 405	19 709	19 405	303

Elaboración: propia

3.2.2.2. Disponibilidad de materias primas.

Para la producción del abono orgánico es necesario como materia prima principal el lodo, el cual se genera durante el tratamiento de agua residual que aplica la empresa Epsel S.A., que se encuentra en el distrito de Chiclayo y que su producción de agua potable ha venido en aumento.

La materia prima también se puede encontrar en el mercado, esto debido a que en Lambayeque existen más sistemas de tratamiento de agua residual que también pertenecen a la empresa Epsel, los cuales podrían abastecer de esta materia prima en caso de aumentar la producción.

3.2.2.3. Producción de agua potable de Epsel S.A.

Debido a que la obtención de lodo está relacionado directamente con el sistema de aguas residuales y este a la vez con la producción de agua potable, donde se ve como se ha incrementado el volumen de agua año tras año registrando de esta manera 53 354 m³ en el año 2009. (Ver anexo)

En la tabla N° 3.19 se muestra el porcentaje de tratamiento de agua potable que realiza la empresa Epsel teniendo un 88,1% para el 2010; como se muestra se ha incrementado el volumen de aguas residuales asegurando de esta manera la generación de lodos, para luego obtener el abono orgánico.

TABLA N° 3.19: Porcentaje de agua residual tratada por EPSEL S.A.

Empresa	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
EPSEL S.A.	84,10	80,50	85,30	89,10	89,00	89,20	92,10	95,00	88,10

Fuente: INEI 2012

3.2.2.4. Producción de agua residual de Epsel S.A.

A continuación en la tabla N° 3.20 se muestra el volumen de agua residual de la empresa Epsel S.A. teniendo en promedio 607 l/s durante el año 2012.

TABLA N° 3.20: volumen de agua residual

Mes	Caudal (l/s)		
	Caudal Min.	Caudal Max.	Promedio
Enero	440,20	781,00	610,6
Febrero	440,20	883,40	661,8
Marzo	263,30	756,20	509,8
Abril	460,70	756,20	608,5
Mayo	481,50	756,20	618,9
Junio	481,50	883,40	682,5
Julio	460,70	731,00	595,9
Agosto	460,70	731,60	596,2
Septiembre	361,70	793,60	577,7
Octubre	412,20	735,20	573,7
Noviembre	352,30	818,90	585,5
Diciembre	440,20	883,40	661,8
			607

Fuente: EPSEL 2012

3.2.2.5. Producción de lodos

La estimación aproximada de la cantidad de lodo generado, se puede obtener a partir de la relación de kg de sólidos/kg de DBO removida en el agua y considerando que se generan 0,4 kg de SST por kg de DBO removida serían 3 369 kg de sólidos por día por lo cual la cantidad de lodos generados en el año 2012 es de 1 212 840 kg como se muestra en la tabla N° 3.21.

TABLA N° 3.21: Producción de lodos

Año	lodo kg/año	lodo t/año
2012	1 212 840	1 213
2013	1 212 840	1 213
2014	1 212 840	1 213
2015	1 212 840	1 213
2016	1 212 840	1 213
2017	1 212 840	1 213
2018	1 212 840	1 213
2019	1 212 840	1 213
2020	1 212 840	1 213
2021	1 212 840	1 213
2022	1 212 840	1 213
2023	1 212 840	1 213
2024	1 212 840	1 213
2025	1 212 840	1 213

Elaboración: propia

3.3. LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO

En esta parte se determinará la localización y tamaño de la planta de abono orgánico, para lo cual la localización será evaluada por los factores de macrolocalización y microlocalización, en las cuales se considerarán los aspectos geográficos, socioeconómicos e infraestructura.

3.3.1. MACROLOCALIZACIÓN

De acuerdo al enfoque de este estudio la instalación de la planta se realizará en el departamento de Lambayeque, el cual es uno de los 24 departamentos del Perú, situado en la parte noroccidental del país.

En su mayor parte corresponde a la llamada costa norte, pero abarca algunos territorios alto andino al noroeste. Su territorio se divide en 3 provincias: Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe, siendo la primera la capital del departamento y sede del gobierno regional. [MINAG, 2009]

3.3.1.1. Aspectos Geográficos

Se tomará en cuenta dentro del departamento de Lambayeque aspectos geográficos la superficie del territorio, la ubicación, relieve y la hidrología.

- Superficie

El territorio del departamento de Lambayeque es el segundo más pequeño de la República del Perú, después del Departamento de Tumbes. Este integrado por un sector continental y un sector insular.

La superficie del sector mide 14 231 km² y está conformada por las tres provincias de la Región. De ellos corresponden 3 161,48 km² a la Provincia de Chiclayo, 1 705,19 km² a la Provincia de Ferreñafe y 9 346,63 km² a la Provincia de Lambayeque.

- Ubicación

El departamento de Lambayeque está situado en la costa norte del territorio peruano, a 765 kilómetros de la capital del Perú.

El departamento de Lambayeque presenta los siguientes límites:

- Limita al norte con las provincias de Sechura, Piura, Morropón y Huancabamba, del departamento de Piura.
- Limita al este con las provincias de Jaén, Cutervo, Chota, Santa Cruz y San Miguel, del departamento de Cajamarca.
- Al oeste es ribereño con el Océano Pacífico.
- Limita al sur con la provincia de Chepén, del departamento de La Libertad.

Tiene como puntos extremos las coordenadas siguientes:

TABLA N° 3.22: Coordenadas del departamento de Lambayeque

ORIENTACION	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Latitud Sur	05°28'37"	06°46'30"	07°10'27"	06°22'12"
Longitud Oeste	79°53'48"	79°07'09"	79°41'18"	80°37'24"

Fuente: Gobierno Regional de Lambayeque



FIGURA N° 3.11: Departamento de Lambayeque

FUENTE: Gobierno Regional de Lambayeque

- Relieve

El departamento de Lambayeque tiene un relieve poco accidentado pues se ubica en la llanura costera, presenta una combinación de zonas desérticas, ricos valles y bosques secos. Aproximadamente las 9 décimas partes del departamento de Lambayeque corresponden a la región costa y yunga y la décima a la Sierra (Cañaris e Incahuasi).

La Costa o Chala, comprenden entre los cero metros hasta los 500 m.s.n.m.; está constituida por extensas planicies aluviales, unas surcadas por ríos y otras cubiertas de arena, estas planicies son mucho más extensas que la de los departamentos del Sur, se ven interrumpidas por cerros rocosos sin vegetación que pueden elevarse desde los 200 a los 1000 m.s.n.m.

Las serranías del Departamento se encuentran en los contrafuertes de la cordillera occidental y llegan a los 3000 y 3500 m.s.n.m.

- Climatología

Según el típico patrón anual de variación, que corresponde a su latitud geográfica, el departamento de Lambayeque por su ubicación en la zona tropical del hemisferio sur, tiene variedad de climas debido a factores geográficos; su latitud, el mar en la costa y la altitud en la región andina. En la costa, subtropical-desértico, con alta humedad atmosférica, escasas precipitaciones a excepción en los años de ocurrencia del fenómeno de El Niño de gran intensidad (1983), que afecta ostensiblemente la actividad productiva especialmente la agricultura. Las temperaturas máximas alcanzan hasta 31°C y mínimas de 11°C en febrero y 23°C y 9°C en julio (ciudad de Lambayeque).

En la región natural de sierra, el clima influenciado por la cordillera, varía con la altitud desde el templado de las yungas (500 - 2,300 msnm) con diferencias térmicas entre el día y la noche y templado seco hasta frío en los quechuas (2,300 - 3,500 msnm) en Cañaris y en Incahuasi, cuenca del río Huancabamba. En el piso altitudinal entre 2,000 y 3,500 msnm, el clima es templado de montaña tropical con temperaturas medias anuales entre 11-16°C y máximas absolutas que sobre pasan los 20°C. La sequedad atmosférica es cada vez menor con la altitud y las precipitaciones anuales son superiores a 500 msnm.

Esta variedad climática influye de alguna manera en el desarrollo vial del departamento y la integración de las diferentes zonas, así en la costa seca y hasta altitudes de 2300 msnm, la baja pluviosidad no afecta mayormente la estabilidad de los caminos ni la conectividad de estas zonas.

- Hidrografía

La aguas de los ríos, cubre más del 95 % del agua utilizada en la agricultura, industria y uso doméstico. El agua subterránea es abundante pero poco empleada por el alto costo en la perforación de pozos tubulares y la falta de planificación de los cultivos, deficiencia que se está superando en Olmos con el cultivo de maracuyá y limoneros. Los principales ríos son:

Río Chancay: Conocido con el nombre de río Lambayeque, es más importante. Su largo aproximado es 250 km, de sus aguas dependen las 3 capitales provinciales, más de 15 poblados menores, 25 empresas agrícolas y medianas y pequeños productores individuales.

Río La Leche: Nace en las cumbres de Cañaris, y Cachen a más de 3000 msnm tiene un volumen de agua muy irregular y por lo general no llega al mar, salvo en épocas de abundantes lluvias.

Río Zaña: Nace en el Departamento de Cajamarca, al Este de Niepos, en su desplazamiento y descenso hacia el Oeste recibe las aguas de numerosos riachuelos, ya en la costa da sus aguas a los poblados de Oyotún, Nueva Arica, Zaña, Mocupe y Lagunas. Sus aguas en determinadas épocas como en 1925 y 1983 han causado daños a Zaña y otros poblados rivereños.

TABLA N° 3.23: Disponibilidad de agua en Lambayeque

CUENCA	AREA CUENCA (km ²)	LONGITUD	MASA MEDIA ANUAL	MODULO ESCURRIMIENTO
Cascajal	5 350	154,80	22,60	0,71
Olmos	3 505	116,80	13,70	0,43
Motupe	2 356	73,00	34,40	1,09
La leche	1 304	51,80	201,40	6,41
Lambayeque	2 380	133,60	886,70	28,25

Fuente: Plan de Desarrollo Regional Concertado Lambayeque 2010

- Evolución de la actividad productiva

✓ Agropecuaria:

La actividad agropecuaria representa casi la décima parte del VAB departamental. Se ha desarrollado históricamente en base a la siembra de tres cultivos (arroz, maíz amarillo duro y caña de azúcar) que significan, conjuntamente, la instalación de alrededor de 100 mil hectáreas. Según los Censos Nacionales Agropecuarios de los años 1994 y 2012, el número de unidades agropecuarias se incrementó entre ambos años de referencia en 32,2 por ciento, siendo actualmente un total de 60 352. En la región son aprovechadas 177 mil hectáreas bajo riego, de un potencial agrícola de 270 mil hectáreas. En aras de superar esta restricción concluyó el Proyecto Hidroenergético de Olmos, el cual permitirá irrigar 43 mil hectáreas; de las cuales, la mayor parte ya ha sido subastada.

Arroz: Lambayeque dio cuenta en el 2012 del 14,0 por ciento de la producción de este cereal en el país. En la campaña 2011-2012 se sembraron 47,0 mil hectáreas, aumentando en 16,2 por ciento el área de la campaña pasada, que fue afectada por restricciones en el recurso hídrico.

Algodón: Tradicionalmente la variedad de algodón sembrada en Lambayeque ha sido la Del Cerro, sin embargo, en los últimos años ha adquirido relevancia el híbrido israelí Hazera. En la campaña 2011-2012 se instalaron 4 233 hectáreas de este cultivo, mostrando una disminución del 21,7 por ciento respecto de la campaña previa. En este desempeño incidió el hecho de que el arroz reemplazó al algodón en la cartera de cultivos del agricultor lambayecano, dada la

recuperación en la disponibilidad del recurso hídrico ya que dicho cereal es exigente en agua.

Caña de azúcar: En cuanto a participación en el Valor Bruto de Producción Agrícola, la caña de azúcar constituye hoy en día el cultivo de mayor predominio, representando la tercera parte del mismo. En el 2012 Lambayeque aportó el 26,6 por ciento de la producción nacional de este cultivo, constituyéndose en el segundo productor en el país. Las empresas azucareras son Tumán, Pomalca, Pucalá y Azucarera del Norte. En los últimos años ingresaron inversionistas privados con recursos frescos que permitieron la recuperación de áreas y la repotenciación de las plantas industriales.

3.3.1.2. Aspectos Socioeconómicos

- Población

La proyección poblacional del INEI al 2012 da cuenta de una población de 1 229 260 habitantes, lo que representa el 4,1 por ciento de la población total del país. La población urbana equivale al 79,5% mientras que la población rural al 20,5% del total.

Chiclayo es la provincia que concentra el 68,0 por ciento de la población departamental. En el período 2001-2012, el crecimiento poblacional promedio anual fue de 1,1 por ciento.

TABLA N° 3.24: Superficie y población de Lambayeque

Provincia	Superficie (km ²)	Población
Chiclayo	3 161	836 299
Ferreñafe	1 705	104 820
Lambayeque	9 346	288 141
Total	14 231	1 229 260

Fuente: INEI 2012

- Estructura productiva

En el período 2002-2011, el crecimiento económico promedio anual del departamento fue del 5,4 por ciento. El Valor Agregado Bruto departamental representa el 2,7 por ciento del VAB nacional.

La ubicación estratégica de Lambayeque, como zona de confluencia de flujos económicos y poblacionales provenientes de la costa, sierra y selva, ha determinado la alta importancia de la actividad comercial en el departamento, con una significación del 26,8 por ciento en el VAB total.

Asimismo, la vocación agrícola de sus pobladores y la tradición agroindustrial, reflejada en la existencia de varias empresas

azucareras y numerosos molinos de arroz, explica la importancia conjunta de la agricultura y la manufactura en la estructura productiva departamental.

TABLA N° 3.25: valor agregado bruto 2011 (Miles de soles)

Actividades	VAB	Estructura %	Crecimiento promedio anual 2002-2011
Agricultura, Caza y Silvicultura	484 944	8.9	1.2
Pesca	6 371	0.1	-14.6
Minería	82 487	1.5	8.1
Manufactura	646 553	11.9	5.0
Electricidad y Agua	38 320	0.7	3.7
Construcción	400 308	7.4	9.0
Comercio	1 462 050	26.8	5.5
Transportes y Comunicaciones	679 805	12.5	6.9
Restaurantes y Hoteles	171 226	3.1	6.1
Servicios Gubernamentales	361 104	6.6	7.5
Otros Servicios	1 112 891	20.4	5.3
Valor Agregado Bruto	5 446 059	100.0	5.4

Fuente: INEI 2012

De otro lado, la Población Económicamente Activa (PEA) en 2011 fue de 633,7 mil personas, de lo cual el 27,3 % estuvo ocupado en el sector de servicios y el 24,7 % en el sector primario (agricultura, pesca y minería). En cuanto a la presencia de la micro y pequeña empresa (MYPES), cabe destacar que en el año 2011 existían 45 080 unidades formales de este tipo en Piura, las cuales representaron el 3,5 % del total nacional; asimismo, dieron cuenta del 56,1 % de la PEA ocupada en el departamento.

- Economía

A nivel nacional el departamento de Lambayeque constituye la quinta economía más grande del país después de Lima, Arequipa, La Libertad y Piura, aporta con el 3,89%. Esto se debe al gran dinamismo en los últimos años, llegando a cifras de crecimiento económico superiores al 10% en el 2007 y posicionando su aporte al PBI nacional en 3,44% debido al Boom exportador que sufre la costa norte peruana y del despegue de su agroindustria, minería, industria manufacturada por el incremento significativo de sus exportaciones, siendo estos sectores que en conjunto aportan el 96,5% al Producto Bruto Interno Regional. Cabe mencionar que estos sectores absorben el mayor porcentaje de la Población Económicamente Activa Ocupada. Además se han realizado importantes inversiones en todos los rubros, sobre todo en el de infraestructura que actualmente realizan grandes proyectos mineros, de regadío, carreteras, aeropuertos, puertos, entre otros.

Durante los últimos años también se realizaron diferentes inversiones en turismo y hotelería que representan el 31% de las inversiones totales en el departamento ascendientes a 300 millones de dólares. Se concentra alrededor del 30% del comercio de la costa norte en Lambayeque. La actividad principal es la agroindustria

seguido de la minería y la industria manufacturada, todos estos ligados a exportación y demanda interna.

- Turismo

El turismo constituye un sector de amplio potencial para la dinamización de la economía departamental, dado que Lambayeque cuenta con diversidad de recursos de gran valor histórico y ecológico que lo ubican como un importante centro de atracción, incluso a nivel internacional.

En el departamento destacan áreas de reserva natural (Batán Grande, Laquipampa, Racali y Chaparri), playas costeras (Pimentel); restos arqueológicos (pirámides de Túcume, Señor de Sipán, Señor de Sicán, los monumentos coloniales de Zaña); y los museos de Brunning, Tumbas Reales de Sipán, Sicán y Túcume. [INEI, 2010]

3.3.1.3. Infraestructura

- Servicios de telecomunicaciones

Los servicios de telecomunicaciones en el departamento de Lambayeque han mantenido una tendencia creciente en los últimos años. El número de líneas en servicio de telefonía fija en el departamento de Lambayeque ha crecido de 46 127 líneas en el año 2000 a 80 190 al mes de marzo de 2007, es decir un incremento de 73.8%. A marzo de 2007 alcanza una densidad de 7,1 líneas por cada 100 habitantes, que es inferior al promedio nacional que es de 8.8 líneas por cada 100 habitantes.

En cuanto a telefonía móvil, el número de líneas en servicio ha crecido de 38 508 líneas en el año 2001 a 356 989 líneas al mes de marzo de 2007, una cifra nueve veces mayor. A marzo de 2007 alcanzó una densidad de 31,4 líneas por cada 100 habitantes, cifra que es inferior al promedio nacional que es de 35.7 líneas por cada 100 habitantes. Este mismo año la cifra se incrementó a 4 738 líneas en servicio, alcanzando una densidad de 4,2 líneas por cada 100 habitantes, que está por debajo del promedio nacional que es de 5,8 líneas por cada 100 habitantes.

- Electrificación

Lambayeque, por su topografía suave y recursos hídricos limitados, cuenta con poco potencial capaz de atender la demanda energética, siendo los recursos petrolíferos e hidráulicos los de mayor uso, en menor proporción el carbón que a pesar de contar con depósitos cercanos, estamos importando parcialmente para cubrir los requerimientos industriales.

TABLA N° 3.26: Precio medio de electricidad por sectores y actividad (s./kW.h).

REGION	INDUSTRIAL	COMERCIAL Y SERVICIOS	RESIDENCIAL	PRECIO MEDIO TOTAL (S/.)
Amazonas	12,98	12,26	14,87	13,37
Anchas	5,36	10,13	12,66	9,38
Apurímac	7,51	13,85	16,26	12,54
Arequipa	4,46	9,84	13,04	9,11
Ayacucho	8,13	12,83	14,43	11,80
Cajamarca	4,97	11,80	13,00	9,92
Cusco	4,09	11,46	14,29	9,95
Huancavelica	5,85	12,68	16,63	11,72
Huánuco	6,82	13,48	15,00	11,77
Ica	5,53	9,95	12,81	9,43
Junín	5,60	12,47	14,67	10,91
La libertad	5,82	9,95	12,57	9,45
Lambayeque	7,37	10,72	12,95	10,35
Lima	6,29	9,27	11,17	8,91
Loreto	10,71	11,27	13,53	11,84
Madre de dios	14,40	14,32	15,87	14,86
Moquegua	9,29	9,88	13,02	10,73
Pasco	5,19	10,72	14,86	10,26
Piura	6,87	9,31	12,72	9,63
Puno	6,23	11,97	13,84	10,68
San Martín	9,00	12,16	13,80	11,65
Tacna	5,27	10,83	12,81	9,64
Tumbes	6,47	8,86	13,27	9,53
Ucayali	9,13	10,28	12,61	10,67
Precio medio sector	7,16	11,15	13,69	10,66

Fuente: MINEM, 2009.

En la figura N° 3.12 se muestra las líneas de transmisión eléctrica en todo el ámbito de Lambayeque.

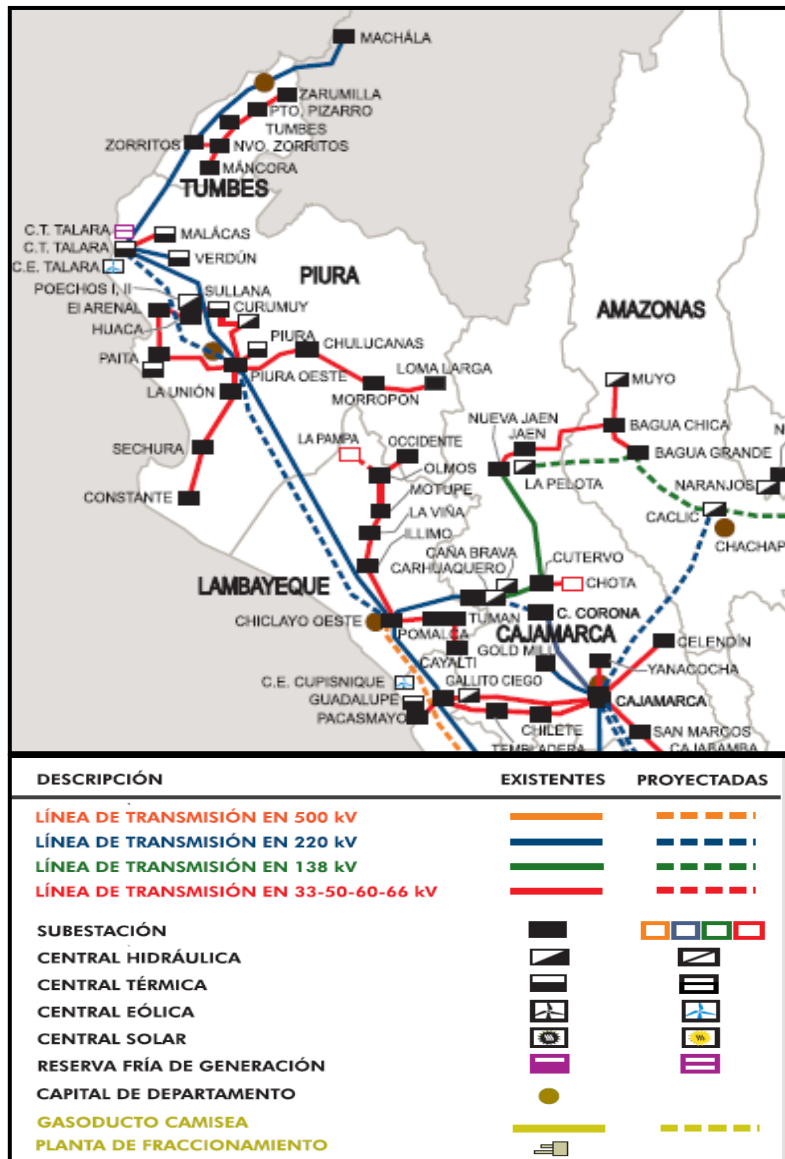


FIGURA N° 3.12: Líneas de transmisión eléctrica.

FUENTE: MINEM, 2009

- Transporte

Lambayeque cuenta con 3099 kilómetros de carreteras, con predominio de carreteras vecinales (64,9 por ciento del total) y con un porcentaje del 19,6 por ciento pavimentadas.

El tráfico de vehicular y de pasajeros se dinamizó en los últimos años de la mano con el crecimiento económico y poblacional de la región. En particular, entre los años 2005 y 2011, el flujo vehicular por peajes se incrementó en 23,8 por ciento y el flujo de pasajeros interprovincial, en 16,4 por ciento; asimismo, el movimiento de pasajeros nacionales en aeropuertos se expandió en 177,7 por ciento. En el departamento de Lambayeque la movilización de recursos se desarrolla a través del transporte terrestre y aéreo, siendo el más utilizado el transporte terrestre por carretera; en relación al transporte de carga o mercaderías desde Lambayeque y/o hacia los centros

comerciales y viceversa, el transporte se realiza a través del servicio público y privado de mercancías, indicándose que la concurrencia de pasajeros y carga promueven el comercio en la región.

Debido a la ubicación estratégica de la Región y a las facilidades de comunicación con los mercados y mega mercados de Lima e internacionales, las actividades comerciales se han centralizado en la ciudad de Chiclayo, lo que ha ocasionado en algunas zonas del interior de la región, estancamiento y en otras marginación, como es el caso de Incahuasi y Cañaris.

En el caso de transporte aerocomercial, se mantiene líneas de servicio a grupos de exportadores, sobre todo a la agroindustria Regional, primero por procesar productos perecibles y frescos, segundo por la dinámica del mercado, ellas dentro de sus políticas de aprovisionamiento, prefieren productos debidamente empacados refrigerados y trasladados en cámaras de frío, con esta fortaleza cuenta el aeropuerto y los mismos aviones de la empresa. Esta situación le ha dado más competitividad y a su vez ha tenido efectos positivos en la dinámica de la actividad aerocomercial del país.

La infraestructura aeroportuaria de la región está constituida por el aeropuerto Cap. FAP José Quiñones González, de categoría internacional, el mismo que desde Marzo del 2008 se encuentra concesionado por la empresa Aeropuertos del Perú (ADP), y se encuentra al servicio del movimiento de operaciones, pasajeros, mercancías y correo; facilitando el desarrollo de las actividades turísticas y comerciales, tanto de exportación e importación en forma directa, determinando un significativo flujo de vuelos e incrementando la dinámica de la actividad productiva, comercial y turística.

TABLA N° 3.27: Características de los aeropuertos y pistas de aterrizaje

Nombre y localización	Dimensión pista	Tipo de pista	Tipo de avión máximo permisible	Frecuencia de vuelo mes	Otras características
Aeropuerto Internacional					
Cap. FAP José A. Quiñones Gonzales	2520x45	Asfalto	B757-200	284	Operación 24 horas
Campos de aterrizaje					
El Muerto	Campo de aterrizaje	Tierra			Olmos
Hda. molino	Campo de aterrizaje	Tierra			Chochope
La viña	Campo de aterrizaje	Tierra			Jayanca
Tumán	Aeródromo	Afirmado			Tumán
Cayalti	Campo de aterrizaje	Afirmado			Cayalti

Fuente: CORPAC S.A. Chiclayo 2010

Con respecto a la vía terrestre en la actualidad se cuenta con 2 090,83 km de carreteras construidas al interior del departamento, de las cuales, 754,71 km.(36,1%) se encuentran asfaltadas, 199,34 km (9,5%); afirmadas, 220,17 km (10,5%) y 916,61 km.(43,8%) a nivel de trocha; indicándose que del total de trochas existentes en la región, 595,80 km. corresponden a la red vial vecinal, 298,05 km a la red vial departamental, y 22,76 km corresponden a la red vial nacional, con el agregado que son estas carreteras las que interconectan los centros de producción con los centros de comercialización o mercados de consumo masivo.

En el caso del transporte marítimo se ha desarrollado sobre la base de la infraestructura portuaria, constituida por los puertos de Eten y Pimentel, donde se concentraba la mayor proporción de las importaciones y exportaciones de productos generados por grandes complejos azucareros del departamento de Lambayeque.

Las últimas acciones ponen nuevamente en ventaja al departamento de Lambayeque, toda vez que se requiere de una infraestructura portuaria adecuada, que permita el desarrollo de actividades económicas y productivas a nivel de exportación e importación. [Gobierno Regional, 2010]

TABLA N° 3.28: Características de los puertos de Lambayeque

Nombre y localización del puerto	Tipo del puerto	Tipo de embar. Máximo permisible	Tipo de carga que movilizaba	Tipo de actividad actual	Rec. De viajes mensuales	Distrito
Eten	Marítimo menor	Lancha	Azúcar, Pesca Industrial	Pesca artesanal		Eten Puerto
Pimentel	Marítimo menor	Lancha	Azúcar Pesca industrial	Pesca artesanal		Pimentel
San José	Caleta	Lancha	Servicios de pesca	Pesca artesanal		San José
Chepén	Caleta	Lancha		Pesca artesanal		Lagunas
Lagunas	Caleta	Lancha		Pesca artesanal		Lagunas
Santa Rosa	Caleta	Lancha		Pesca artesanal		Santa Rosa

Fuente: Gobierno Regional 2010

3.3.2. FACTORES BÁSICOS QUE DETERMINAN LA LOCALIZACIÓN

3.3.2.1. Análisis de los mercados de consumo

El mercado de consumo del abono orgánico a producir será inicialmente Lambayeque.

3.3.2.2. Disponibilidad y costo

- Trabajo

En la figura N° 3.13 se muestra la participación en la actividad económica.

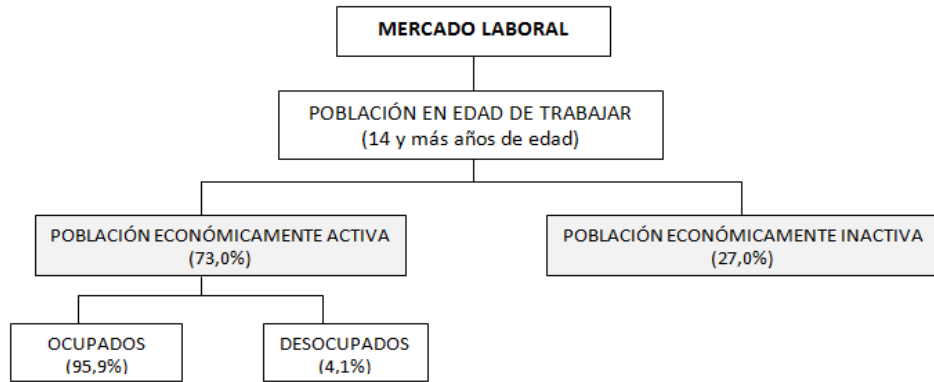


FIGURA N° 3.13: Participación en la actividad económica, 2009
FUENTE: INEI, 2009

Análisis de disturbios laborales: Según el INEI, durante el año 2010 se han realizado 58 huelgas a nivel nacional, que en su totalidad se ha realizado en el ámbito laboral, datos brindados por el ministerio de trabajo y promoción del empleo.

Escalas salariales: Se muestra en la siguiente figura las escalas salariales de acuerdo a nivel de grado de estudios de los habitantes de Lambayeque.

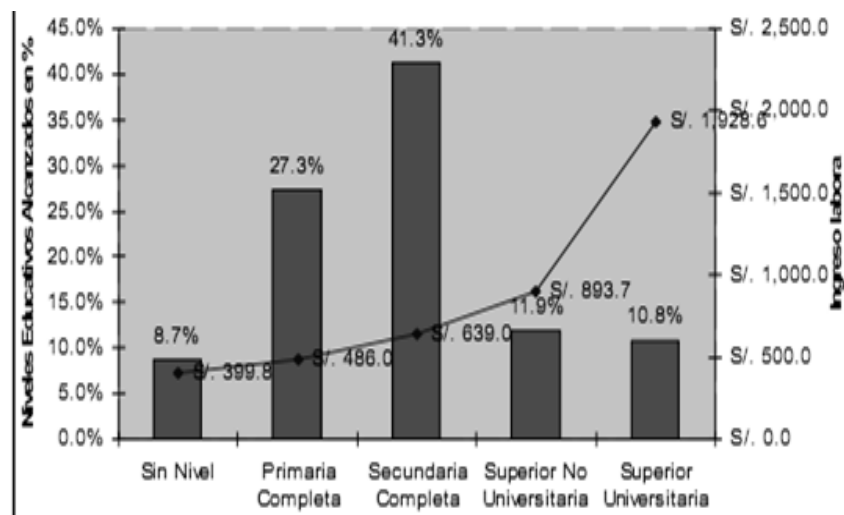


FIGURA N° 3.14: Chiclayo, PEA ocupada por nivel educativo alcanzado e ingreso laboral promedio 2007
FUENTE: MTPE, 2007

- Costo de Construcción

Según la Cámara peruana de construcción (CAPECO) el costo de metraje para construir se define por factores como: el lote y el destino o uso de dicha construcción en el sector industrial se divide en dos la construcción comercial, la cual se aplica en cualquier negocio y la industrial, que es específica para determinada actividad.

TABLA N° 3.29: Costos de construcción

Tipo de construcción	Precio (\$)	Unidad
Comercial	481	m ³
Industrial	548	m ³

Fuente: CAPECO 2012

3.3.2.3. Estudio de disponibilidad de materias primas

La materia prima se dispone de las lagunas de estabilización de San José-Chiclayo, se sabe además que existen 25 localidades a las que se le brinda el servicio de agua potable, de las cuales en los distritos de Puerto Eten, Salas, Nueva Arica y Oyotún no se cuenta con sistemas de tratamientos de aguas residuales, teniendo 21 plantas de tratamiento de agua residual bajo el mando de la empresa Epsel S.A. en la figura N° 3.15 se aprecia el ámbito de la empresa. Actualmente la producción de lodos no ha sido destinada para el mercado, por lo cual es factible la disponibilidad de materia prima para objeto del estudio.



FIGURA N° 3.15: Ámbito de la empresa Epsel S.A.
FUENTE: EPSSEL 2012

3.3.2.4. Aspecto legal para la disposición de lodos

Para el funcionamiento de la planta se tendrá que cumplir las leyes peruanas de protección, la cuales son:

- ✓ Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314: “Establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana” [Sistema Nacional de Información Ambiental - SNIA. 2010]
- ✓ Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338: Artículo 79.- Vertimiento de agua residual: La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua y Límites Máximos Permisibles (LMP).
- ✓ Ley general del ambiente - Ley N° 28611: en su artículo 113° de la calidad ambiental, hace hincapié de prevenir, controlar y mitigar los riesgos y daños ambientales procedentes de la introducción, uso, comercialización y consumo de bienes, productos, servicios o especies de flora y fauna. Así como en el artículo 122 menciona que las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes.
- ✓ Ley General de Salud - Ley N° 26842, en la que se registra la responsabilidad frente a la protección de la salud. En el artículo 96 Capítulo IV, se indica que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente. Además, los artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII tratan sobre la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo.

Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado [MTC, 2011].

3.3.3. MICROLOCALIZACIÓN

La ubicación de la planta de compostaje será en el distrito de Chiclayo, debido a que es aquí donde se encuentra el sistema de tratamiento de agua residual más grande del departamento, razón que nos favorece para la obtención de materia prima.

La planta está en buenas condiciones de desarrollo; ya que en lo que respecta a la materia prima, la planta estará cerca de la misma minimizando de esta forma costos de transporte.

Cabe precisar que la disponibilidad de terreno es viable, debido a que la comunidad campesina del distrito de San José mantiene un convenio con Epsel S.A. por el cual se estableció conceder sus terrenos en calidad de uso de la empresa a cambio que se les entregue las aguas servidas tratadas a título gratuito. (Ver anexo N° 23)

El terreno ocupado por las otras lagunas de estabilización en las demás localidades es propiedad de la empresa.

La disponibilidad de recursos como agua y energía eléctrica son efectivas; debido a que la empresa Epsel S.A. es la que produce agua, y para la energía se cuenta con el abastecimiento de ENSA.

La disponibilidad de mano de obra es accesible, por lo que se encuentra cerca del distrito de Chiclayo y Pimentel por lo que se puede contar con especialistas que contribuyan para las actividades que se desarrollarán en la planta de compostaje.

En el aspecto ambiental de la zona, el clima no es condición y en cuanto al transporte, las vías de acceso se encuentran asfaltadas.

En la figura N° 3.16 se muestra la ubicación para la planta de compostaje para la producción de abono orgánico, la cual estará ubicada en el mismo territorio que comprenden las lagunas de estabilización de San José de la empresa EPSEL S.A.



FIGURA N° 3.16: Vista satelital de la ubicación de la planta
FUENTE: Google Earth 2013

3.3.4. TAMAÑO

- Tamaño – Mercado

El mercado de los fertilizantes es muy viable; no solo a nivel local ya que se tiene una gran demanda en todo el ámbito nacional, para lo cual el tamaño de la planta será determinada por la demanda insatisfecha que existe en el mercado, teniendo un 0.11 como porcentaje de participación para el año 2014, tal como se explicó en el cálculo de la demanda insatisfecha.

- Tamaño – Tecnología

Esta relación está definida por la capacidad de producción de los equipos y maquinarias, que en este caso estará dada por la ensacadora cuya producción mínima es 70 sacos/hora.

Más adelante se detallará la capacidad de las diferentes maquinarias y equipos que se utilizarán durante la producción de abono orgánico.

- Tamaño – Materia prima

La materia prima que son los lodos será abastecida por la empresa EPSEL S.A., cuya producción de agua residual viene siendo constante durante los últimos años, por el hecho de tratar el mismo volumen de agua residual efecto que origina que la producción de lodos también se represente en forma constante, como se ha mostrado anteriormente; de esta manera la relación con la materia prima determina nuestra capacidad máxima que es 1 212 840 kg de lodo/año.

- Tamaño – Financiamiento

Con respecto al financiamiento, no se recurrirá al mismo; debido a que la inversión para la puesta en marcha de la planta es factible por parte de la empresa Epsel S.A.; se sabe que esta empresa ha evaluado últimamente la limpieza de las lagunas, por lo que la propuesta de un proyecto de esta magnitud es de parte interesante por la misma; ya que se obtendría beneficio del lodo y se reduciría el impacto al ambiente.

3.4. INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

3.4.1. PLAN PARA EXTRACCIÓN DE LODOS

La metodología para la extracción de lodos de las lagunas de estabilización se determinó en base a dos factores, por la simplicidad de la operación y el bajo costo, se sabe también que todos los demás métodos requieren lechos de secado y manejo adecuado de lixiviados

porque el lodo sería todavía un líquido en vez de un sólido cuando se lo remueve de la laguna.

Sin duda, la necesidad de lechos de secado con drenaje de lixiviado añade costos adicionales, manejo más complicado de lodos y riesgos más altos de contaminación ambiental.

El plan para la extracción de lodos se describe a continuación.

- Desvío de afluente y su impacto en el sistema

Cuando una laguna de estabilización ha llegado a su límite de acumulación de lodos, lo recomendable es drenarla y desviar el afluente a las otras lagunas.

- Drenaje de las lagunas facultativas

Se drena las lagunas utilizando un sifón en una esquina del lado de la descarga del efluente; se drena la laguna desde la esquina para que la descarga no se lleve los lodos, la mayoría de los cuales deberían estar depositados lejos de la esquina.

Realizado esto la laguna está vacía con la superficie de los lodos expuesta, para el período de secado.

- Secado de lodos

Se debe utilizar un tractor agrícola con arado o barrena horizontal para esparcir los lodos por todo el área de la laguna para su posterior secado.

- Extracción de lodos

Cuando los lodos están secos, se introduce un cargador de ruedas para la recolección de los lodos, el cargador debe remover y poner en el camión el volumen final de lodos, fácilmente en 2 o 3 días de trabajo si los lodos estén suficiente secos.

- Transporte de lodos a planta

Para la disposición de los lodos, se someten para acondicionarlos para su aprovechamiento o disposición final para evitar o reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente.

3.4.2. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ABONO ORGÁNICO

En esta sección se presenta el proceso productivo para la obtención de abono a partir de lodos sedimentados, el método de compostaje establecido es por pilas de volteo; ya que es un proceso de bajo costo y por presentar muchas más ventajas como se explicó en el apartado 2.2.8. El proceso se empieza a detallar a continuación.

3.4.2.1. Proceso Global

- **Recepción y pesado**

Esta etapa se da inicio con la llegada de la materia prima (lodos), que es pesada en la balanza camionera; una vez pesado el volquete descarga el material en el área de recepción.

- **Compostaje**

Es el proceso de transformación de la materia orgánica para obtener compost, un abono natural. En esta etapa se controlan parámetros tales como; pH, humedad, relación C/N y temperatura. El proceso se llevará a cabo en un sistema abierto de pilas por volteo, el cual se realizará con el uso del mini cargador formando pilas, además se puede efectuar con una pala mecánica.

Para que los microorganismos puedan descomponer adecuadamente la materia, hay que mantener las condiciones de humedad y temperatura adecuadas y la concentración de oxígeno suficiente. La humedad se mantiene regando periódicamente las pilas, la oxigenación se consigue removiendo totalmente las pilas con una máquina volteadora.

En la fase de maduración, la temperatura ha caído valores ambientales, permitiendo el establecimiento de organismos de otros niveles tróficos es decir protozoos, roedores, escarabajos; así como de otros procesos importantes como nitrificación, que es sensible a las altas temperaturas. En esta fase suele dejarse reposar el material entre 15 a 45 días.

Para este proceso se tendrá la superficie más extensa. La disposición de los lodos se hace en pilas de 3m de ancho por 6m de largo y 3m de alto, las cuales deben ser volteadas periódicamente. Este es el proceso cuello de botella de la empresa, pues tiene una duración aproximada de 2 a 3 meses para obtener el compost.

- **Recogida de los lixiviados**

Los líquidos que desprenden las pilas objeto de compostaje (los lixiviados) se recogen y sirven para continuar regando las pilas.

Para el buen funcionamiento del proceso de compostaje, el piso debe estar previamente compactado, de forma que sea uniforme; esto, añadiéndole una pendiente que permita que los lixiviados puedan ser recogidos y aprovechados para el riego del compost.

- **Tamizado**

El tamizado se realiza para separar o retirar los sólidos, en esta etapa se utiliza una criba vibradora con tamaño de orificio de 5 mm. Se realiza con la finalidad de obtener un material homogéneo, para posteriormente envasar.

- **Envasado**

Luego que el material es homogenizado, se envía al área de envasado donde se procede a colocarlo en bolsas de 50 kg, para su posterior almacenaje, distribución y comercialización.

Como parte de control de calidad; este se realizará seleccionando una muestra de la producción para verificar la costura de los sacos, el cierre de las bolsas, los pesos del producto y el porcentaje de conservación de la humedad requerida.

- **Almacenamiento**

Una vez que el producto ha sido envasado en bolsas de 50 kg, pasa al almacenado. Al cabo de 12 semanas, el compost, ya maduro, se tornó para obtener un material final homogéneo y fino.

3.4.2.2. Diagrama de flujo para la producción de abono

El proceso descrito anteriormente se presenta en la figura N° 3.17.

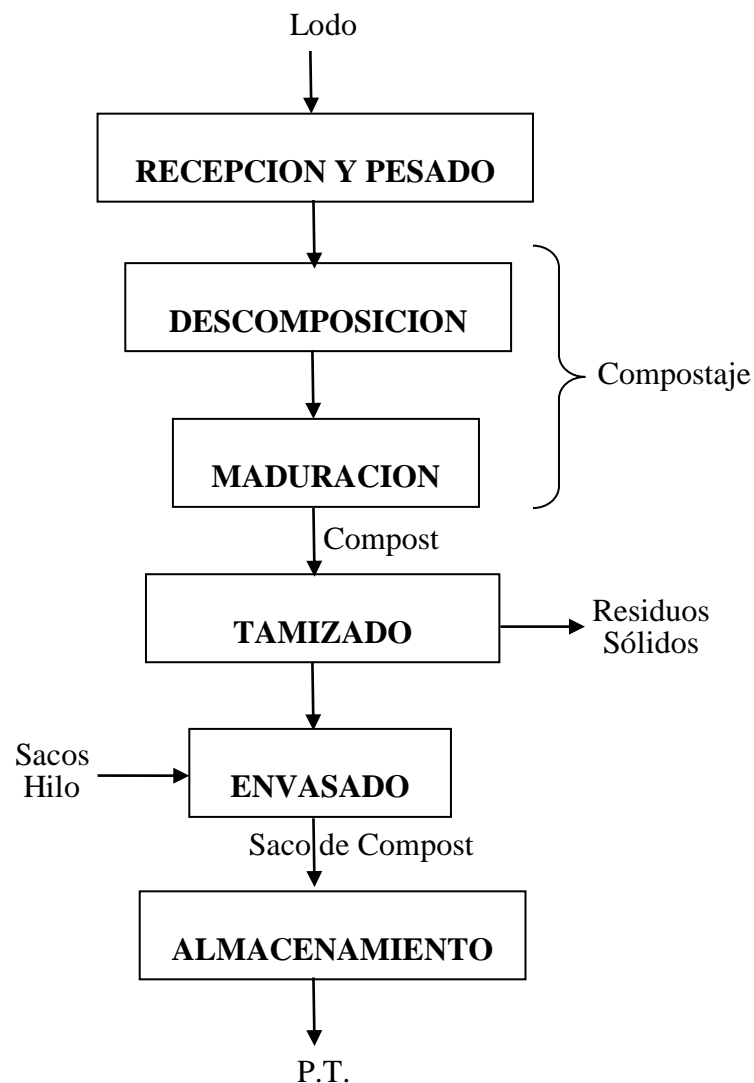


Figura N° 3.17: Diagrama de flujo para producción de abono

3.4.2.3. Diagrama de operaciones para la producción de abono

En la figura N° 3.18 se muestra las diferentes operaciones que se tendrán en cuenta durante la producción del abono.

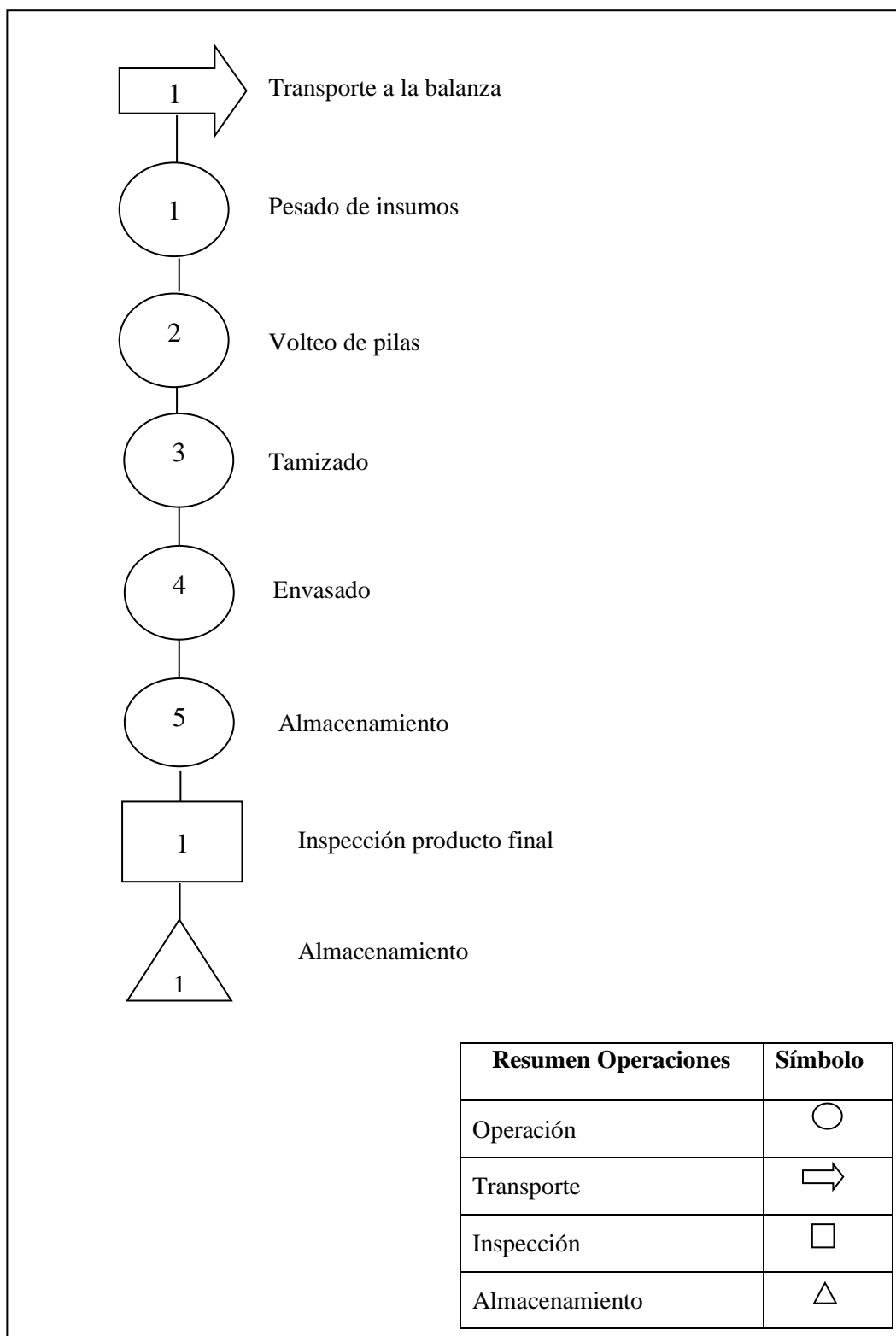


Figura N° 3.18: Diagrama de operaciones para producción de abono

3.4.2.4. Cálculo de la productividad para la planta de compostaje

Los indicadores de producción son de gran importancia para los procesos productivos, ya que a partir de estos se realiza la mejora continua.

Entre los indicadores podemos mencionar la productividad, que es la eficiencia del sistema de producción.

Para la planta de compostaje se tiene el siguiente índice de productividad.

$$productividad = \frac{producción\ obtenida}{recursos\ empleados}$$

$$productividad = \frac{970\ 272}{1\ 212\ 840}$$

$$productividad = 0,8$$

La eficiencia de la planta es aproximadamente de 80 % en la línea de producción.

3.4.3. TECNOLOGÍA

3.4.3.1. Maquinaria y Tecnología

La tecnología a usar está dada por el tipo de proceso que se ha designado para el proyecto, que es el sistema de compostaje por hileras o pilas de volteo.

Para la selección de maquinaria se debe tener en cuenta ciertos criterios como por ejemplo la capacidad de la planta, tecnología, los costos y proveedores.

✓ *Capacidad de producción*

La capacidad de producción de la planta es un factor muy importante a tener en cuenta para la selección de la tecnología, debido a que la maquinaria deberá estar en relación con la producción que va a tener la planta. Cabe señalar que la planta funcionará todo el año, con un turno de 8 horas por día.

En la tabla N° 3.30 se muestra la capacidad de producción de la planta, siendo para el año 2014 de 19 405 sacos.

TABLA N° 3.30: Capacidad de producción por año

Año	Producción en kg	Producción en t	Producción en sacos (50kg)
2014	970 272	970	19 405
2015	970 272	970	19 405
2016	970 272	970	19 405
2017	970 272	970	19 405
2018	970 272	970	19 405
2019	970 272	970	19 405
2020	970 272	970	19 405
2021	970 272	970	19 405
2022	970 272	970	19 405
2023	970 272	970	19 405
2024	970 272	970	19 405
2025	970 272	970	19 405

Elaboración: propia

✓ **Costos**

El factor costos relacionado con la maquinaria debe ser analizado en el contexto de lo siguiente:

Adquisición: que se refiere al monto que corresponde a la obtención del equipo o de la maquinaria que requiere el proyecto.

Personal: en el caso de que exista alguna calificación o capacitación para el personal que operará los equipos, debe considerarse el costo que incumbe a estos hechos.

Materiales: Si las máquinas presentan requerimientos adicionales para su funcionamiento.

Instalación: en el caso de que la adquisición no involucre la instalación necesaria.

✓ **El proveedor**

Hacer referencia a la garantía que concede el fabricante del equipo o maquinaria, como capacitación, mantenimiento, fecha de entrega, pruebas de equipo; además de constatar el nombre y reconocimiento en el medio.

✓ **Tecnología**

Es otro factor importante y que está ligado a su funcionamiento en sí de la maquinaria, entre estas características tenemos:

Vida útil: el tiempo estimado que tendrá el equipo y la maquinaria, y que deberá relacionarse a la perspectiva del proyecto.

Flexibilidad: cuando se realizan procesos dentro de ciertos rangos como elevadas temperaturas, carga de trabajo, en la que se generan cambios al producto.

Modularidad: Considerando sobre todo para fines de incrementar la capacidad de producción de la planta o de algunos productos, en función de implementar módulos de producción.

De acuerdo a los criterios de selección de tecnología, se presenta la maquinaria a utilizar. Cabe precisar que gran parte de maquinaria a utilizar es de origen importado; como se describe a continuación.

- Mini cargador John Deere Modelo 320 D

El transporte a distancias medianas o largas es mucho más barato para un mini cargador comparado con un equipo convencional, además permite diversificar el uso del equipo y obtener mayor productividad del mismo.

Los mini cargadores son los equipos más solicitados por las grandes y medianas empresas, debido a su gran versatilidad y a su vez por la gran variedad de aditamentos que cuentan. En general es un equipo de gran ayuda para realizar tareas de excavación, demolición, fresado de pavimentos, carga de camiones, nivelación de terrenos, limpieza de parcelas, traslado de materiales, retiro de escombros, entre otras.

En la tabla N° 3.31 se muestra las características de la mini cargadora a utilizar.

Tabla N° 3.31: Características de mini cargador

Descripción	Modelo 320 D
Procedencia	Argentina
Potencia neta	47,1 kW
	63 hp
	2300 rpm
Capacidad nominal	908 kg
Carga de vuelco	1816 kg



Fuente: John Deere 2013

Dimensiones de la máquina	320 D
A Largo sin cucharón	2,74 m
B Largo	3,36 m
C Ancho sin cucharón	1,76 m
D Altura hasta parte superior de ROPS	2,01 m
E Altura a pasador de articulación	3,02 m
F Altura de vaciado	2,42 m

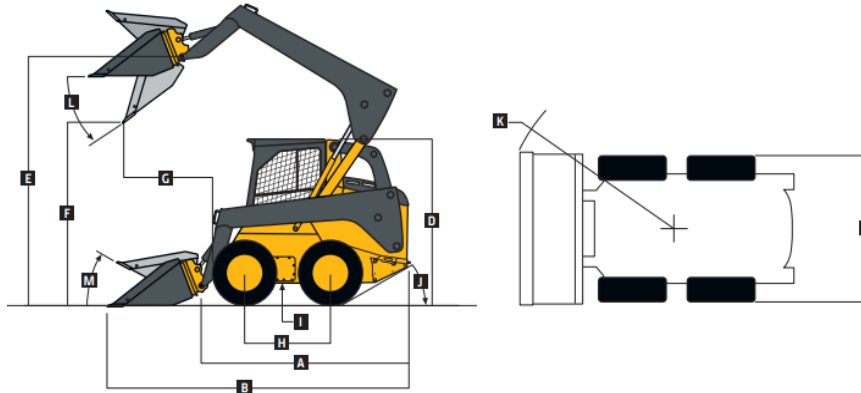


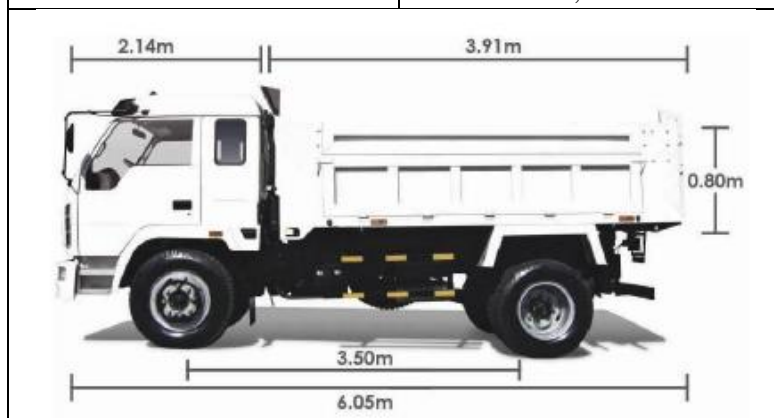
Figura N° 3.19: Dimensiones de mini cargador
Fuente: John Deere 2013

- Volquete SY3090 BRIT 8 toneladas

Se utilizará un volquete de 8 toneladas para transportar la materia prima a la planta de compostaje.

Tabla N° 3.32: Características Volquete SY3090 BRIT

Descripción	Volquete SY3090 BRIT
Procedencia	Perú
Motor	4 cilindros
Carga útil	8 toneladas
Potencia (hp/rpm)	140/3200
Sistema Hidráulico	Elevador
Longitud	6 m
Ancho	2,3 m
Alto	2,6 m



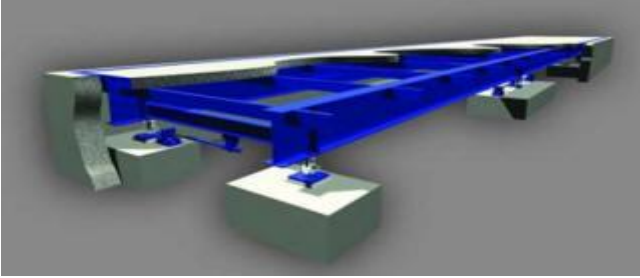
Fuente: JinBei 2013

- Balanza camionera

Las balanzas para camiones instaladas sobre el piso, generalmente designadas como modelos de bajo perfil, pueden ser instaladas en una mini-fosa con la plataforma a nivel del piso o sobre piso, con rampas de acceso. En este caso será necesario instalar rampas en ambos extremos de la plataforma.

Tabla N° 3.33: Balanza camionera 60 toneladas

Descripción	Balanza
Procedencia	Venezuela
N° de celdas	6
Capacidad	60 toneladas
Vida útil	10 años
Longitud	12 m
Ancho	3,4 m
Alto	0,5 m



Fuente: Balarca 2011

- Trituradora AZ 30-80 (Marca Jenz)

Esta máquina está indicada para triturar y reciclar residuos orgánicos en el ámbito de plantas de compostaje. El modelo AZ 30 trabaja con residuos verdes, poda, troncos de árboles, corteza y madera. La máquina alcanza un rendimiento de hasta 60 m³/h, dependiendo del material. La potencia del accionamiento y el diseño corresponden al estándar moderno de hoy. El modelo AZ 30 se suministra en la versión estacionaria o móvil, como remolque tándem estable.

Tabla N° 3.34: Trituradora AZ 30-80

Descripción	Trituradora
Procedencia	Brasil
Capacidad	60 m ³ /h
N° de martillos	22
Potencia	5,5 kW
Peso	7 500 kg
Longitud	8,10 m
Ancho	2,13 m
Alto	2,80 m



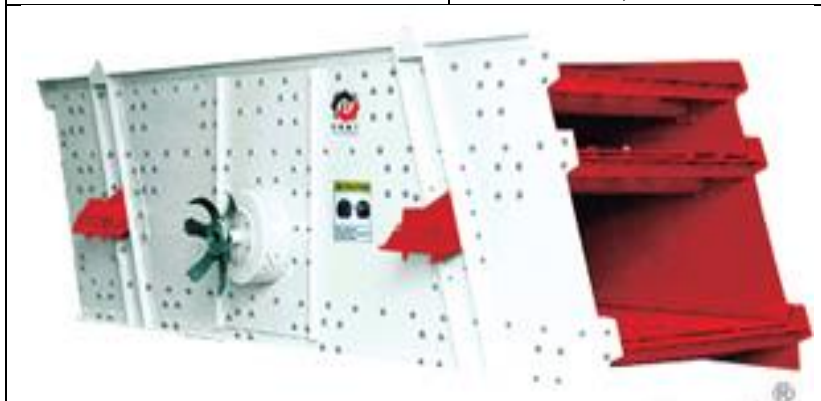
Fuente: Masias Recycling 2013

- Tamiz vibratorio 2YA-1237

El vibrador gira a grandes velocidades una vez que se suministra la energía. A este punto, la pantalla gira en un movimiento circular, y después los minerales en él se clasifican y se filtran en la pantalla siguiente según tamaño mientras que el movimiento de la vibración y de la rotación continúa analizando minerales más grandes, permitiendo que pasen a través de la pantalla.

Tabla N° 3.35: Tamiz vibratorio 2YA-1237

Descripción	Tamiz vibratorio
Procedencia	China
Poro del tamiz	3-50 mm.
Capacidad	7,5-8 t/h
Potencia	5,5 kW
Longitud	1,8 m
Ancho	2,4 m
Alto	1,6 m



Fuente: Shanghai Jingxiang Heavy Machinery Co., Ltd. 2013

- Ensacadora (Marca Willibald)

Cuando se ha obtenido el compost, es preciso darle una adecuada presentación y que éste sea envasado en sacos para su posterior venta. En un primer tiempo, la válvula está totalmente abierta en gran caudal para llenar lo más rápidamente posible.

Luego, para acabar la pesada y obtener la mayor precisión posible, la válvula se pone en una posición intermedia permitiendo un flujo de producto más pequeño. Cuando el peso requerido es alcanzado, la válvula obtura totalmente la tolva.

Tabla N° 3.36: Características Ensacadora Willibald

Descripción	Ensacadora Willibald
Procedencia	Brasil
Boca de alimentación	1,5 m ³
Granulometría Max.	20 mm
Motor	1,1kW
Producción	70-120 sacos/hora
Longitud	2,3 m
Altura de carga	2,35 m
Ancho de banda	0,5 m



Fuente: Direct Industry 2013

Tabla N° 3.37: Ficha técnica recogedor metálico


Descripción	Recogedor
Material	Madera y metal
Peso	2,5 kg
Longitud	1 m
Altura	2,35 m
Ancho	1 m



Fuente: ClicAds 2013

Tabla N° 3.38: Ficha técnica rastrillo


Descripción	Rastrillo
Material	Acero
Peso	5 kg
Longitud	1,65 m
Altura	0,03 m
Ancho	0,4 m

A technical illustration of a long-handled metal rake. The handle is long and tapers towards the top, with a yellow section at the top and a black section at the bottom. The head of the rake is made of metal and has a series of parallel, slightly curved tines. The entire rake is shown at an angle, pointing upwards and to the right.

Fuente: Sodimac 2013

Tabla N° 3.39: Ficha técnica de pala cuchara

Descripción	Rastrillo
Material	Acero y madera
Peso	1,9 kg
Espesor	1,7 mm
Altura	0,7 m
Ancho	0,27 m



Fuente: Sodimac 2013

3.4.4. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

3.4.4.1. Áreas para instalación de la planta

La distribución de la planta de compostaje nos permitirá conocer el área necesaria para la producción de compost, este cálculo se realizó teniendo en cuenta las maquinarias tanto estáticas y móviles así como las áreas relacionadas a la producción, como se describe a continuación.

La maquinaria que es utilizada en cada parte de la planta está descrita anteriormente.

- Área de recepción

En esta área se realiza la recepción de materia prima, esta área deberá ser lo suficientemente amplia para permitir la maniobra del volquete que pueda hacer su ingreso, además del espacio para la balanza camionera. Se ha considerado tener una recolección de 2 veces por año y teniendo 1 213 t/año de materia prima por periodo, se ha establecido tener un área de 717,45 m².

- Área de compostaje

En esta área se formarán las pilas para la obtención del compost, las cuales serán aireadas por volteo con la ayuda del mini cargador establecido en la parte de tecnología.

Con respecto a la cercanía de materia primas se puede decir que la distancia es la más corta posible; ya que la planta de compostaje

estará ubicada dentro del territorio de las lagunas de estabilización de la empresa Epsel S.A.

Para la determinación del área de compostaje se tomó en referencia el cálculo realizado para la instalación de otra planta de compostaje. [Oakley Stewart, 2005].

Se asume que los lodos estarán almacenados en pilas de 2m de profundidad con el ancho de la base de 3m y el ancho de la capa de 1m como se ve en la figura N° 3.20, cabe precisar que este tipo de cálculo y forma de las pilas es el método que más se utiliza.

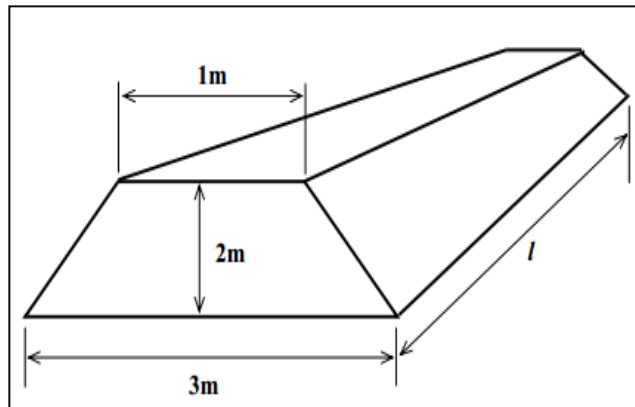


Figura N° 3.20: Pila de compostaje

Fuente: Oakley Stewart. 2005

Ahora se realizará el cálculo para establecer la longitud l de las pilas a partir de la siguiente fórmula, así como la cantidad de pilas que se requerirá para el compostaje; para tal determinación se tiene la cantidad de $970,27 \text{ m}^3$ de lodo seco para el primer periodo; siendo:

$L = \text{longitud de la pila total}$

$l = \text{longitud de la pila}$

$$L = \frac{970,27 \text{ m}^3}{\left(\frac{3\text{m} + 1\text{m}}{2}\right)(2\text{m})} = 242,5\text{m}$$

$$l = \frac{242,5\text{m}}{6} = 40,42\text{m}$$

Se ha establecido formar 6 pilas de 40,42 m de longitud cada una teniendo un espacio de 3,5 m entre pilas para la circulación del cargador que realizará los volteos: teniendo la siguiente área para el compostaje.

$$\text{área de compostaje} = (3 \times 6 \times 40,42) + (5 \times 3,5 \times 40,42) = 1\,434,91 \text{ m}^2$$

A partir del cálculo anterior se ha determinado la distribución de las pilas para el compostaje como se aprecia en la figura 3.21

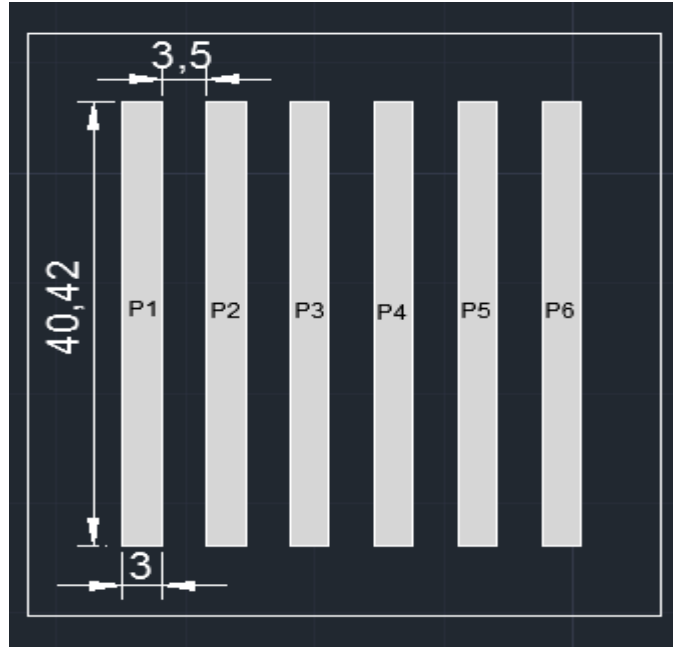


Figura N° 3.21: Distribución de pilas para compostaje
Elaboración: propia

- Área de acondicionamiento y envasado

El acondicionamiento del compost consiste en tamizarlo, para darle una menor granulometría y volverlo más manejable para su uso, para realizar esta operación se hará uso del Tamiz vibratorio, para luego ser envasado en sacos de 50 kg; el almacenamiento de los productos acondicionados debe hacerse en una zona cubierta. Sabiendo que el área para la recepción de la materia prima es de $717,45 \text{ m}^2$, se ha establecido tener la mitad de tal área para el almacenamiento debido a la forma de apilamiento que se puede realizar siendo $358,73 \text{ m}^2$.

3.4.4.2. Método de Guerchet

Para instalar adecuadamente los elementos de producción en la planta se analizarán sus diferentes características o dimensiones de la maquinaria, a partir de esto se puede evaluar las necesidades básicas de espacio requerido para la ubicación. Por lo cual se usará el Método de Guerchet, el cual es un método para la evaluación del espacio físico, obteniendo una aproximación del área requerida. (Ver anexo N° 20)

Tabla N° 3.40: Dimensiones maquinaria

Equipo	n	l (m)	a (m)	h (m)	N
Balanza	1	12	3,4	0,5	4
Trituradora	1	8,1	2,13	2,8	2
Tamiz	1	1,8	2,4	1,6	2
Ensacadora	1	2,3	0,5	2,35	2
Volquete	1	6,0	2,3	2,6	2
Minicargador	1	3,36	1,76	3,02	2
carretilla	8	1,2	0,8	0,65	2
Operarios	8	0,5		1,65	

Elaboración: propia

Tabla N° 3.41: Método de Guerchet para determinar el área de la planta

Equipo	K	SE	SG	SC	ST	ST
Balanza	1,65	40,80	163,20	336,60	540,60	540,60
Trituradora	0,29	17,25	34,51	15,25	67,01	67,01
Tamiz	0,52	4,32	8,64	6,68	19,64	19,64
Ensacadora	0,35	1,15	2,30	1,21	4,66	4,66
Volquete	0,32	13,80	27,60	13,14	54,54	54,54
Minicargador	0,27	5,91	11,83	4,85	22,59	22,59
carretilla	1,27	0,96	1,92	3,66	6,54	52,28
Operarios						762,14

Elaboración: propia

Para la distribución de la planta se tomó en cuenta la maquinaria y equipos a utilizar, determinándose cuanto espacio es necesario para operar de manera adecuada. A partir del Método de Guerchet se calculó el área para la planta de compostaje tomando en cuenta las dimensiones de las maquinarias y equipos que serán necesarios para el proceso de producción, teniendo como resultado un área de 762,14 m².

Otras áreas adicionales que se requerirá de acuerdo a las actividades; son 20 m² para caseta de vigilancia, 120 m² para oficinas, 40 m² para vestidores y 30 m² para servicios higiénicos; siendo un total de 210 m².

De esta manera se tiene aproximadamente el área que se ocuparía para el funcionamiento de la planta de compostaje, siendo 717,45 m² para la recepción, 1 434,91 m² para la formación de pilas, 762,14 m² para la maquinaria, 358,73 m² para el almacenamiento y 210 m² para áreas adicionales; teniendo un total de 3 483,23 m² para toda la planta.

Cabe precisar que la distribución de planta se realizó de manera estratégica para reducir distancias recorridas en la planta.

3.5. RECURSOS HUMANOS

3.5.1. REQUERIMIENTO DE PUESTOS

La determinación de los puestos se realizó en base a la estructura organizativa de la empresa Epsel S.A., como se muestra en la figura N° 28; ya que el proyecto estará bajo el mando de dicha empresa.

- Gerente General

Será el responsable de la administración general de la empresa, por lo tanto deberá delegar funciones y responsabilidades a las demás áreas que tiene a su cargo. El personal de esta área será el encargado de diseñar los objetivos, metas y políticas generales sobre las cuales se dirigirá el esfuerzo coordinado de los demás departamentos.

Para ocupar este puesto se requiere tener una carrera profesional de ingeniería industrial, administración, economía, contabilidad.

Experiencia: Se requiere haber trabajado en puestos similares por lo menos 5 años.

Características deseables: Capacidad de liderazgo, excelente comunicación, Integridad moral y ética, creatividad, dinamismo.

- Jefe de Producción

Las actividades de manufactura estarán dirigidas y controladas por el jefe de producción, quien será el responsable de verificar que los planes y programas de producción se realicen adecuadamente de acuerdo a los informes proporcionados por ventas, logrando con ello establecer procesos de producción adecuados para satisfacer la demanda del mercado. La persona que ocupe este puesto deberá tener conocimientos en el área química para vigilar el proceso productivo. Por lo tanto es recomendable que sea Ingeniero en Alimentos o Ingeniero Industrial. Con respecto a la experiencia deberá conocer perfectamente el proceso productivo. La experiencia debe ser de 5 años por lo menos.

Características deseables o esenciales: Iniciativa, creatividad, salud física.

- Jefe de Ventas

Será el encargado de promocionar y comercializar el producto, es decir colocar el producto en tiempo y lugar adecuado para que sea adquirido por los consumidores finales. De esta forma, deberá realizar encuestas de mercado, para conocer las preferencias de los consumidores, y así ofrecerles un producto de acuerdo a sus exigencias. La persona que ocupe este puesto se requiere que sea licenciado en marketing o licenciado en ciencias empresariales.

Experiencia: Se requiere que tenga experiencia en el área de ventas de por lo menos 5 años.

Características deseables: Habilidad verbal, creatividad, iniciativa

- **Vendedores**

Los vendedores serán los encargados de llevar el producto a los intermediarios, previa negociación con el jefe de ventas y de acuerdo a los puntos de venta establecidos por el gerente. Se requieren dos vendedores que serán apoyados por el jefe de ventas. Por lo tanto, se requiere que la persona que ocupe este puesto tenga licencia de conducir y conozca perfectamente toda la Región Lambayeque.

Para ocupar este puesto no se requiere una carrera profesional, se requiere que tenga como mínimo secundaria completa.

Experiencia: Se requiere tener experiencia en el manejo de automóviles de carga y motos.

- **Operarios**

Los obreros realizarán las actividades de manufactura dentro de la planta. Estas actividades comprenden desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado. Sin embargo, debido a la variedad y sencillez de las operaciones, todo el personal de ésta área deberá estar capacitado para realizar cualquier actividad de producción para evitar personal ocioso. Para ocupar este puesto se requiere que el personal tenga como mínimo secundaria completa.

Experiencia como mínimo 6 meses en puestos similares.

Características deseables o esenciales: buen estado físico y mental.

3.5.2. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA EPSEL

Debido a que la planta formará parte de la estructura organizativa de la empresa EPSEL S.A., se mantendrá el siguiente organigrama según lo aprobado en Acuerdo de Directorio N° 011 del 26-04-2010.



Figura N° 3.22: Organigrama de la empresa

3.6. INVERSIONES

3.6.1. INVERSION FIJA

Los activos fijos de la empresa, están dados por los bienes que se serán usados a lo largo de la vida útil de la empresa. Para este cálculo se basó en cotizaciones y proformas que se obtuvieron a través de información secundaria, y se incluye todos los bienes que se encuentran en la etapa principal para iniciar la producción de abono orgánico a partir de lodos.

Tabla N° 3.42: Costo de maquinaria de producción

Descripción	Capacidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
Mini cargador John Deere Modelo 320 D	1,8 t	1	44 000	44 000
Volquete SY3090 BRIT	8 t	1	24 800	24 800
Balanza camionera	60 t	1	35 000	35 000
Tamiz vibratorio 2YA-1237	10-80 t/h	1	14 952	14 952
Ensacadora Willibald	70-120 sacos/hora	1	24 195	24 195
TOTAL		5		142 947

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.43: Valor de terreno y construcción x m²

DESCRIPCION	COSTO	AREA	COSTO
	\$/m ²	m ²	TOTAL
TERRENOS	20		
CONSTRUCCION	210	400,00	84 000,00

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.44: Costo equipo de oficina

DESCRIPCION	CANTIDAD (Unidades)	COSTO (\$)	COSTO (\$)
		UNITARIO	TOTAL
Escritorio	3	90,25	270,76
Asientos	10	14,44	144,40
teléfonos	3	12,64	37,91
Computadoras	3	902,53	2 707,58
Impresoras	3	54,15	162,45
TOTAL			3 323,10

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.45: Costo Total del Activo Fijo (en dólares)

DESCRIPCION	INVERSION TOTAL (\$)	VALOR DE RECUPERO(\$)	VALOR A DEPRECIAR(\$)	PERIODOS AÑOS	DEPRECIACION (\$)							
					1°-3er AÑO	4° - 5° AÑO	5° - 6° AÑO	6° - 7° AÑO	7° - 8° AÑO	8° - 9° AÑO	9° - 10° AÑO	
TERRENOS	0.00	0	0									
CONSTRUCCIONES	84 000	70 000	14 000	10	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
MAQUINARIA	142 947	119 123	23 825	10	2 382	2 382	2 382	2 382	2 382	2 382	2 382	2 382
EQUIPO DE OFICINA	3 323.10	0	3 323	1	3 323	3 323	3 323	3 323	3 323	3 323	3 323	3 323
INSTALACIONES	41 250	0	41 250	10	4 125	4 125	4 125	4 125	4 125	4 125	4 125	4 125
ESTUDIOS	722,02	0	722,02	3	241	241	241	241	241	241	241	241
GASTOS PREOPERATIVOS	2 500	0	2 500	3	833	833	833	833	833	833	833	833
TOTAL	247 742,12				12 305	12 305	12 305	12 305	12 305	12 305	12 305	12 305

Elaboración: Propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, la inversión asciende a 247 742,12 dólares, solo en activos fijos.

3.6.2. CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo está formado por los recursos monetarios que se necesitan para el correcto funcionamiento de la planta, durante toda la etapa de producción.

Está determinado por la compra de materiales, el pago a los trabajadores, la comercialización y todos los factores que intervienen en la producción y administración de la planta. Para la producción de abono orgánico se necesitará un capital 7 858 dólares por mes para que el funcionamiento sea el adecuado.

3.6.3. PRESUPUESTO DE INGRESOS

Este presupuesto se expresa a través del plan de ventas que es constante como se explicó anteriormente; a través del presupuesto de ingresos se conseguirá el dinero que se necesita para cubrir los costes totales de la empresa y su respectivo beneficio.

El precio de venta del producto final es de 30 nuevos soles equivalentes a 10,83 dólares, el cual se determinó teniendo en cuenta los costes fijos unitarios más la utilidad que se pretende obtener, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.46: Plan de ventas proyectado para los diez años.

PROGRAMA DE VENTAS PROYECTADO			
PRODUCTO:	Abono Orgánico		
UNIDAD:	50 kg	PRECIO	INGRESOS
PERIODO	UNIDADES VENDIDAS	(EN \$)	(EN \$)
AÑO 1	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 2	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 3	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 4	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 5	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 6	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 7	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 8	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 9	19 405 sacos	10,83	210 162
AÑO 10	19 405 sacos	10,83	210 162

Elaboración: Propia

3.6.4. INVERSION

En la siguiente tabla se muestra el cuadro la inversión inicial que se debe realizar para poner en marcha la operatividad de la empresa, se incluyen los activos fijos o tangibles y los diferidos o intangibles. Además se sabe

que no se tendrá costos por terreno debido a que EPSEL S.A. dispone del área requerida por mantener convenio con la comunidad.

Tabla N° 3.47: Inversión (en dólares)

<i>DESCRIPCION</i>	<i>INVERSION TOTAL</i>	<i>PROMOTOR PROYECTO</i>	<i>FINANCIAMIENTO</i>
CAPITAL DE TRABAJO	8 763		0
TERRENO	0	0	
INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL	125 250	62 625	0
MAQUINARIA Y EQUIPO	146 270	73 135	0
ESTUDIOS	722,02	722,02	
GASTOS PRE-OPERATIVOS	2 500	2 500	
TOTAL	283 505	138 982	0

Elaboración: Propia

3.6.5. PRESUPUESTO DE GASTOS

Son los gastos en el cual se paga al personal fijo, que no interviene en la producción, ya que se consideran gastos fijos. A continuación se muestra.

Tabla N° 3.48: Presupuesto del personal al año (en dólares)

SUELDOS					
CARGO	CANTIDAD	SUELDO	BENEFICIOS	SUB TOTAL	TOTAL
			51%		
GERENTE GENERAL	1	17 328,5	8 837,5	26 166,1	26 166,1
JEFE DE PRODUCCIÓN	1	10 830,3	5 523,5	16 353,8	16 353,8
JEFE DE VENTAS	1	6 498,2	3 314,1	9 812,3	9 812,3
VENDEDORES	2	3 249,1	1 657,0	4 906,1	9 812,3
TOTAL					62 144,4

Elaboración: Propia

En la siguiente tabla se presentan los gastos que son considerados como salarios, y está involucrada la mano de obra directa, se ha considerado 8 operarios para iniciar la puesta en marcha, esto en base al número de máquinas con que se contará para la puesta en marcha; cuyo sueldo es de 750 soles, siendo el total de 39 249 por año.

Tabla N° 3.49: Presupuesto Mano de Obra Directa al año (en dólares)

SALARIOS VARIABLES					
CARGO	CANTIDAD	SUELDO	BENEFICIOS	SUB TOTAL	TOTAL
			51%		
Operarios	8	3 249,10	1 657,04	4 906,14	39 249
TOTAL					39 249

Elaboración: Propia

A partir de los datos anteriores se tienen los gastos generales que ascienden a 109 352 dólares, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.50: Gastos Generales (en dólares)

GASTOS GENERALES		
	<i>VARIABLES</i>	<i>FIJOS</i>
	<i>POR</i>	<i>POR</i>
	<i>UNIDAD</i>	<i>PERIODO</i>
<i>SUELDOS</i>		62 144,4
<i>SALARIOS</i>	2,022	
<i>ALQUILERES</i>		
<i>ENERGIA</i>		7 525,3
<i>TRIBUTOS</i>		433 2
TOTAL GASTOS UNITARIOS	2,023	
UNIDADES POR PERIODO	19 405	
TOTAL GASTOS POR PERIODO	39 249	70 103
TOTAL GASTOS		109 352

Elaboración: Propia

3.6.6. PRESUPUESTO COSTOS

Este presupuesto de costos está constituido por los costos de la materia prima y los insumos para poder obtener el abono orgánico, fijando su índice de consumo y su precio unitario, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.51: Costos variables por unidad

COSTOS VARIABLES				
<i>INSUMO</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>PRECIO UNITARIO</i>	<i>INDICE DE CONSUMO</i>	<i>MONTO POR UNIDAD</i>
Electricidad	kW/h	0,14	1,028	0,144
Hilo	1000 m	1,82	0,002	0,004
Saco 50 kg	unid	0,36	1,000	0,360
TOTAL				0,508

Elaboración: Propia

3.6.7. PUNTO DE EQUILIBRIO

A partir de todos los costos de producción y gastos operativos se puede determinar el punto de equilibrio, siendo para este caso los próximos 5 años y concluyendo que para no ganar ni perder necesitamos vender 11 420 unidades el primer año; según el punto de equilibrio económico es de 123 660 dólares. A continuación se muestra el punto de equilibrio para cada año.

Tabla N° 3.52: Punto de equilibrio en miles de dólares

PUNTO DE EQUILIBRIO					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS TOTALES	210	210	210	210	210
COSTOS VARIABLES	70	70	70	70	70
MARGEN VARIABLE	140	140	140	140	140
COSTOS FIJOS	82	82	82	82	82
MARGEN DE EXPLOTACION	58	58	58	58	58
(COMO % DE LOS INGRESOS TOTALES)	27%	27%	27%	27%	27%
COSTOS DE FINANCIACION	0	0	0	0	0
UTILIDADES BRUTAS	58	58	58	58	58
PUNTO DE EQUILIBRIO (MILES DE DOLARES)	123,660	123,660	123,660	123,660	123,660
PUNTO DE EQUILIBRIO (MILES DE UNIDADES)	11,420	11,420	11,420	11,420	11,420

Elaboración: Propia

El punto de equilibrio es de 11 420 unidades para los 5 años, debido a que la producción de abono es constante durante estos años; siendo esto favorable ya que las ventas anuales alcanzan 19 405 unidades.

De acuerdo a los resultados obtenidos tanto en la caracterización de los lodos, la determinación del proceso para la obtención del abono y en el análisis económico se ha demostrado que la valoración de lodos sedimentados que se generan en las lagunas de estabilización de la empresa Epsel S.A. es un proyecto viable.

IV. CONCLUSIONES

- ✓ El proyecto muestra como alternativa viable la valoración de los lodos sedimentados de las lagunas de estabilización de EPSEL S.A. para uso como abono orgánico.
- ✓ La producción de abono orgánico en la región es viable debido a la gran demanda existente por el uso de fertilizantes, teniendo una proyección para el año 2014 de 926 751 toneladas y que aumentará en 15,54% para el año 2020; de esta manera tenemos mercado asegurado para nuestro producto.
- ✓ La caracterización de los lodos residuales generados en las lagunas de estabilización de la Empresa EPSEL S.A. en sus propiedades físicas y químicas, da resultados viables para la producción de abono, presentando características como pH igual a 7,95, relación C/N de 15/1 que se encuentran dentro de los parámetros para poder usar como enmienda de suelos y no alterar las propiedades físicas de los mismos.
- ✓ El proceso de compostaje de pilas por volteo, es el método más viable en cuanto a bajo costo se refiere, simplicidad de proceso, además de ser un proceso natural es una opción efectiva para contribuir a la regeneración de suelos; ya que brinda efectos positivos en la biología del mismo como una alternativa ante los fertilizantes químicos.
- ✓ La planta de compostaje situada en la ciudad de Chiclayo favorece por la cercanía de la materia prima reduciendo los costos de transporte. Para la distribución de la planta se estableció el área de recepción de 717,45 m², formación de pilas 1 434,91 m², maquinaria 762,14 m², envasado 358,73 m² y 210 m² para áreas adicionales; teniendo un total de 3 483,23 m² para toda la planta.
- ✓ Desde el punto de vista económico, la alternativa tecnológica evaluada es viable en virtud de la relación beneficio-costo evaluada ya que los ingresos superan los egresos.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ El proyecto precisa en continuar estudiando la implementación de alternativas hacia el mejoramiento de la eficiencia técnica y ambiental para la empresa.
- Analizar los otros sistemas de tratamiento de agua residual que administra la Empresa Epsel S.A. en las demás localidades para poder abastecernos de mayor materia prima.
- Los resultados del proyecto pueden ser aplicados a otras empresas que tengan dificultades con el manejo de residuos líquidos o sólidos.
- Se recomienda desarrollar estudios adicionales de aplicación de lodos, analizando cultivos y otros parámetros para evaluar los impactos.
- La empresa Epsel S.A. agregará una excelente imagen ambiental, tecnología que conlleva a la generación de empleo, educación ambiental para comunidades educativas, además fomentar la recuperación de desechos para ser reciclados de manera eficiente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abor 2012. *Abonos orgánicos*. <http://www.abor.com.mx/analisis-del-compost.html> (Consultado el 24 Julio del 2013).

Agenda Local21 2006. *Diagnostico de la gestión de la red de agua y alcantarillado*. http://www.uss.edu.pe/sgia/documentos/diagnostico/DIAGNOSTICO_DE_LA_GESTION_DE_LA_RED_DE_AGUA_Y_ALCANTARILLADO-GRAA.pdf(Consultado el 24 septiembre del 2011).

Agro al día 2010. *Precios de insumos*. Módulo mercado <http://agroaldia.minag.gob.pe/sisin/clients/fertilizantes/module:Mercados> (Consultado el 19 Abril del 2013).

Altamirano María, 2006. *Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual*. http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?pid=S1561-08882006000100010&script=sci_arttext (Consultado el 19 Abril del 2013).

Álvarez, José 2008. *Manual de compostaje para agricultura ecológica*. Junta de Andalucía. http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf (consultado 09 junio del 2013).

América economía 2012. *Importación de fertilizantes*. América Economía. <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/importacion-de-fertilizantes-crecera-este-ano-29-en-peru> (consultado 29 de Abril del 2012).

Avendaño Rojas Daniella, 2003. El proceso de compostaje. *Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal* <http://www.inventati.org/columnanegra/ecoagricultura/wordpress/wp-content/uploads/2010/10/Compostaje.pdf> (consultado 20 de junio del 2013).

Balarca 2011. Balanzas camioneras. *Intertronic C.A.* <http://www.balanzasbalarca.com/camioneras.html> (consultado 20 de julio del 2013).

BCRP 2013. Caracterización del departamento de Lambayeque. *Banco central de reserva del Perú*. <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Piura/lambayeque-caracterizacion.pdf> (Consultado el 20 de julio 2013).

Blanco, Edith et al 2005. *Caracterización inicial de lodos sobrenadantes residuales provenientes de las lagunas de estabilización de LUZ para su utilización en el acondicionamiento de suelos*. Ciencia 13, no. 1. http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-20762005000100010&lng=pt&nrm=is (Consultado el 21 de noviembre 2011).

Boletín técnico La llave 2009. *Minicargadores*. Vol10. <http://www.leer-mas.com/lallave/news10/info.php> (Consultado el 19 de junio 2012).

Campos Medina, Eduardo et al 2009. Análisis básico del reuso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de pradera del parque nacional nevado de Toluca. *Quivera* 11, no. 2.

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40113786003> (Consultado el 14 de septiembre 2011).

ClicAds 2013. Recogedores metálicos y recogedores industriales

http://www.clicads.com.pe/escobas_de_paja_escoba_baja_policia_escoba_piramide_recogedores_metalicos_recogedores_industriales-73241.html (Consultado el 14 de septiembre 2013).

Colomer Mendoza, F. et al 2010. Opciones de valorización de lodos de distintas estaciones depuradoras de aguas residuales. *Ingeniería Revista Académica* 14, no. 3.

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=46715742006> (consultado 16 septiembre del 2011).

ContinentalTraiding 2011. <http://www.continentaltraiding.com.mx/productos/peru-importaciones-de-fertilizantes-siguen-creciendo>(consultado 20 septiembre del 2011).

Córdova Molina, Carolina. 2006. Estudio de factibilidad técnico-económica para instalar una planta de compostaje, utilizando desechos vegetales urbanos. *Universidad de Chile*.

http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2006/cordova_c/sources/cordova_c.pdf (consultado 04 julio del 2012).

Dirección de información agraria 2010. Boletín estadístico agrario (consultado 10 Abril del 2012).

Dirección ejecutiva de salud ambiental 2012. Norma Técnica OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales.

http://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf (consultado 16 Abril del 2012).

Dgxi, UE 2005. Dirección general XI medio ambiente, seguridad nuclear y protección civil http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3779/fichero/Capitulo_10.pdf (consultado 18 septiembre del 2011).

Epsel 2010. <http://www.epsel.com.pe/servicios1.php>(consultado 17 septiembre del 2011).

Epsel 2011. *Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chiclayo*. [Tríptico]. Chiclayo: OdarEditoreEirl(consultado 17 septiembre del 2011).

Folleto Informativos de Biosólidos de la EPA 2001. *Aplicación de biosólidos al terreno*.

<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=2290> (Consultado el 21 noviembre del 2011).

Gobierno Regional 2010.

<http://www.regionlambayeque.gob.pe/> (Consultado el 18 Abril del 2012).

Gómez María,y RicoNúñez 2008. Estudio de contaminantes orgánicos en el aprovechamiento de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas. *Universidad de Alicante*.

http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7719/1/tesis_doctoral_francisca_gomez.pdf
(Consultado el 17 del septiembre 2011).

Hammeken, Alejandro y Romero Eduardo 2005. Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula. *CiriaUdlap*,
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/portada.html
(consultado el 22 septiembre del 2011).

Hara y Mino. *Environmental assessment of sewage sludge recycling options and treatment processes in Tokyo*. Waste Management. 28, 2645-2652 p. (consultado el 20 septiembre del 2011).

Henríquez Henríquez, Olivia 2011. Análisis y criterios mínimos para la Aplicación de lodos tratados provenientes de Plantas de tratamiento de aguas servidas en Agrosistemas de la provincia de melipilla, Región metropolitana, Chile. *Universidad de Chile*.

<http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Henriquez%20Olivia.pdf>(consultado 18 de septiembre 2011).

Houillon G. y Jolliet O. *Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis*. *Journal of Cleaner Production*. 2005.13, 287-299. (Consultado el 20 septiembre del 2011).

JinBei 2013. Camiones y volquetes.

http://www.desotomotors.com/3090_volquete.php (consultado 20 de julio del 2013).

John Deere 2013. Minicargadores.

http://www.deere.com.ar/common/docs/products/equipment/skid_steers/DKADSSCWPES.pdf (Consultado el 20 julio del 2013).

Lavado, Raúl y Miguel,Taboada 2002. Factibilidad de valorización agrícola de biosólidos de plantas depuradoras. Manual de procedimientos para la aplicación en el campo. Manual de procedimientos para la aplicación de biosólidos en el campo.

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/ing_sanitaria/manual_procedimiento.pdf
(Consultado el 22 septiembre del 2011).

Masias Recycling 2013. Trituradoras

<http://masiasrecycling.com/key-machines/jenz/trituradoras> (Consultado el 20 julio del 2013).

MINAM 2009. *Ley General del Ambiente*.

http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=483&Itemid=133(Consultado el 23 octubre del 2011).

MINAG 2011. *Insumos y Servicios Agropecuarios 2011*. Ministerio de Agricultura.

<http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/2011-ESTADIST-COMPLEMENTARIA.pdf> (consultado 29 de Abril del 2012).

MINAM 2011. *Promoción de una producción más limpia*. Manual de legislación ambiental. http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=618&Itemid=4404 (Consultado el 23 octubre del 2011).

MINAG 2012. *Sistema Integrado de Estadística Agraria*. Boletines electrónicos-estadística agraria mensual. http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadisticaagrariamensual/2012/bemsa_diciembre12-150213.pdf (Consultado 12 de Abril del 2013).

MTC 2013. *Transportes*. Oficina de Tecnología de Información. <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/index.html> (Consultado 24 de Abril del 2013).

Normas Ambientales.2010. <http://normasambientales-co.blogspot.com/>(Consultado el 20 septiembre del 2011).

Oakley Stewart. 2005. Lagunas de estabilización en honduras. *Manual de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento, Monitoreo y Sostenibilidad* <http://cidbimena.desastres.hn/docum/Honduras/laguna-de-estabilizacion-en-honduras.pdf> (Consultado el 20 Octubre del 2013).

Perú educa. Ministerio de educación. 2008. <http://www.perueduca.edu.pe/educacion-para-el-trabajo/archivos/aguas-servidas-ctp.pdf>(Consultado el 20 septiembre del 2011).

Programa Ambiental de las Naciones Unidas 2011. *Producción Más Limpia*. <http://www.unep.org/>(Consultado el 2 Noviembre del 2011).

Proyecto Inia - Aguas Andinas 2004. *Uso de lodos provenientes de las aguas de tratamiento como fertilizantes agrícolas*. Santiago: Inia/AguasAndinas. <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=032228>(Consultado el 24 septiembre del 2011).

Salcedo, Eduardo et al.2007.Evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México.*Rev. Interciencia*32, no.2.<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=33932207>(Consultado el 23de septiembre 2011).

Shanghai Jingxiang Heavy Machinery Co., Ltd. 2013. Lista de productos http://es.made-in-china.com/co_shjxzg/product_Circular-Vibrating-Screen-2YA-1237-_heguayosgy.html (Consultado el 20 de julio 2013).

Sodimac 2013. Pala cuchara <http://www.sodimac.com.pe/productos/detalle/ver/id/2660> (Consultado el 20 de julio 2013).

Sztern Daniel, 2013. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. *Biblioteca Virtual en Salud - OPS/OMS Uruguay*. <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf> (Consultado el 20 de junio 2013).

Valdez Pérez, María et al 2008. Biosólidos estabilizados y vermicomposta de biosólidos como fuente de nitrógeno en cultivos de frijol. *Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Cinvestav.*

http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EO/TAO-08.pdf (Consultado el 17 septiembre del 2011).

Utria-Borges et al 2008. Utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate. *Revista Chapingo* 14, no. 1.

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=60914104>
(Consultado el 18 septiembre del 2011).

ANEXOS

ANEXO 1. Estimación de generación, uso y gestión de lodos de depuradora en la unión europea

AÑO	Reciclado	Vertedero	Vertido al mar	Incineración	Otros
	%	%	%	%	%
1998	50	25	4	18	3
2000	53	22	1	22	2
2005	54	19	1	24	2

Fuente: DGXI, UE 2005

ANEXO 2. Canal de ingreso de las aguas residuales



ANEXO 3. Cámara de rejas parte superior



ANEXO 4. Cámara de rejas parte inferior



ANEXO 5. Válvula tipo compuerta



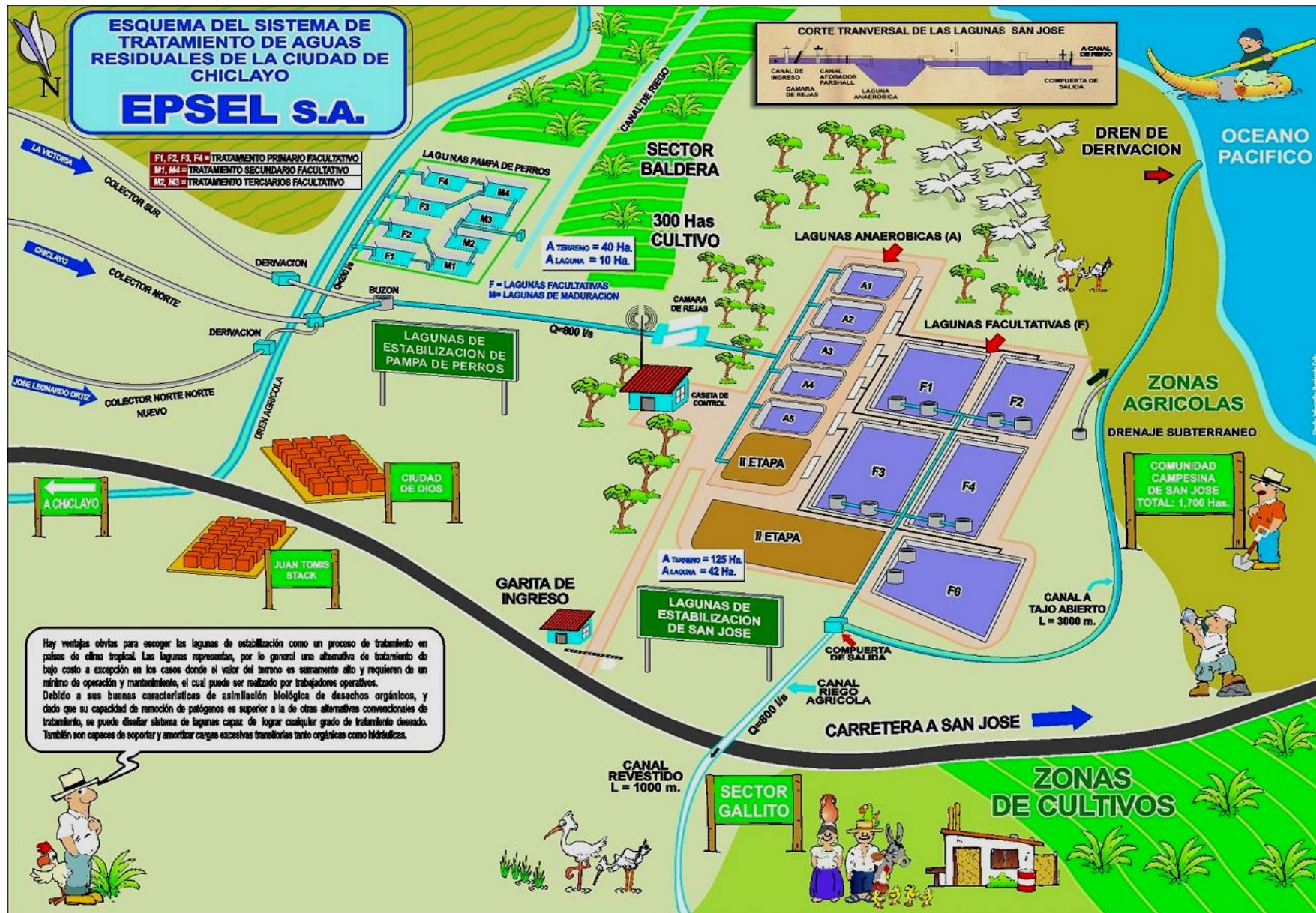
ANEXO 6. Lagunas de estabilización de San José Epsel S.A.01



ANEXO 7. Lagunas de estabilización de San José Epsel S.A.02



ANEXO 8. Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales de Chiclayo



ANEXO 9. Método de proyección de la demanda

Para la proyección de la demanda se empleó la técnica de series de tiempo que presenta una tendencia lineal en el largo plazo, utilizando el método de regresión lineal sobre los datos históricos.

La demanda futura viene definida por las siguientes fórmulas:

$$Y_t = a + bx$$

Donde:

Y= Valor de tendencia en un periodo.

a= Intersección de la línea de tendencia (y).

b= Pendiente de la recta.

x= Variable independiente.

Las ecuaciones para calcular b y a son:

$$b_1 = \frac{\sum tY_t - (\sum t \sum Y_t) / n}{\sum t^2 - (\sum t)^2 / n}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{t}$$

Y_t = Valor real de la serie de tiempo en el periodo t

n = Numero de periodos

\bar{Y} = Valor promedio de la serie de tiempo = $\sum Y_t / n$

\bar{t} = Valor promedio t = $\sum t / n$

$$\text{Coeficiente de correlación } r = b_1 \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

ANEXO 10. Método de proyección de la oferta

Para la proyección de la oferta se empleó la técnica de series de tiempo que presenta una tendencia en el largo plazo, utilizando el método de media móvil

Proyección de la Oferta

Como bien se explicó anteriormente el método media móvil, se utiliza como pronóstico para el siguiente periodo el promedio de n valores de los datos más recientes de la serie de tiempo. Utilizando la expresión matemática, tenemos:

$$\text{Promedio Móvil} = \sum (\text{n valores de datos más recientes}) / n$$

ANEXO 11. PRECIO PROMEDIO DE VENTA DE FERTILIZANTES QUIMICOS Y ABONOS ORGANICOS, SEGÚN REGIÓN Mes: Febrero 2013 (S/.x t)

Región	Fertilizantes Químicos							
	Urea	Nitrato de amonio ^{1/}	Sulfato de amonio	Fosfato di amonico	Superf. de calcio triple	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Sulf. de mag. y potasio
Amazonas	1 884	--	--	--	2 193	2 110	2 280	1 795
Ancash	1 871	1 790	1 657	2 327	2 204	2 189	2 395	1 838
Apurímac	1 947	1 985	--	2 192	2 350	1 953	2 050	1 760
Arequipa	1 620	1 589	1 137	2 008	2 200	1 869	2 270	1 540
Ayacucho	1 937	1 833	1 900	2 009	2 387	1 991	--	--
Cajamarca	1 698	1 934	1 495	2 190	2 165	2 029	2 454	1 600
Cusco	1 816	1 860	1 280	2 227	2 421	1 990	2 400	2 143
Huancavelica	1 863	1 862	1 620	2 218	--	1 954	--	--
Huánuco	1 756	1 807	1 417	2 261	2 072	2 197	2 403	1 810
Ica	1 561	1 584	1 107	2 010	--	1 794	2 171	1 475
Junín	1 619	1 650	--	1 981	--	1 711	2 195	1 648
La Libertad	1 652	1 564	1 057	2 075	2 128	1 781	2 317	1 662
Lambayeque	1 447	1 692	1 008	2 050	2 090	1 892	2 177	1 795
Lima	1 562	1 611	1 194	2 081	2 145	1 779	2 212	1 570
Loreto	2 453	2 160	1 220	2 870	2 890	2 645	--	1 815
Madre de Dios	2 150	--	1 667	2 620	2 770	2 267	2 740	--
Moquegua	1 720	1 690	1 353	1 960	--	1 813	2 067	1 693
Pasco	1 907	1 811	1 595	2 234	2 210	1 912	2 211	1 930
Piura	1 602	1 721	1 056	2 145	2 250	2 088	2 356	1 589
Puno	1 780	1 666	--	2 134	2 050	2 036	--	--
San Martín	1 740	1 740	1 200	2 200	2 100	1 960	2 480	1 620
Tacna	1 680	1 660	1 200	2 000	--	2 280	2 280	1 560
Tumbes	1 746	1 780	1 200	2 185	--	--	2 383	--
Ucayali	2 273	1 915	1 395	2 543	2 870	2 298	2 657	1 653

Región	Fertilizantes Químicos				Abono Orgánico		
	Abono comp. 12-12-12	Abono comp. 15-15-15	Abono comp. 20-20-20	Roca Fosfórica	Guano de la Isla	Gallinaza	Humus de Lombriz
Amazonas	--	--	--	668	1 133	--	--
Ancash	2 094	2 219	2 261	--	1 177	--	750
Apurímac	1 955	1 968	2 171	1 020	1 112	777	--
Arequipa	--	--	1 939	--	1 375	400	--
Ayacucho	2 137	2 020	2 031	1 125	1 345	383	--
Cajamarca	2 100	2 087	2 020	740	1 294	341	380
Cusco	--	2 200	2 150	1 080	1 087	--	--
Huancavelica	2 185	2 180	2 214	900	1 083	305	--
Huánuco	1 898	2 120	2 162	--	1 330	322	--
Ica	--	--	1 978	--	--	--	--
Junín	1 947	1 998	1 962	668	--	425	--
La Libertad	2 000	2 040	1 975	--	1 120	550	422
Lambayeque	1 863	1 850	2 008	--	1 000	--	430
Lima	--	1 800	1 984	600	--	--	720
Loreto	2 820	--	2 910	1 790	1 200	313	694
Madre de Dios	--	--	2 447	1 430	1 410	--	--
Moquegua	--	--	2 200	--	1 447	--	--
Pasco	1 977	2 060	2 138	780	1 500	410	450
Piura	1 900	1 960	2 157	473	1 242	--	340
Puno	--	1 880	2 067	950	1 000	340	--
San Martín	--	--	2 213	811	1 321	--	--
Tacna	--	--	2 126	--	1 575	--	--
Tumbes	--	--	2 277	--	1 565	--	--
Ucayali	--	--	2 315	690	1 545	300	700

--magnitud cero

Fuente: Direcciones Regionales de Agricultura.

Elaboración: Ministerio de Agricultura - Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos - Unidad de Estadística.

ANEXO 12. Precios de principales fertilizantes en Lambayeque

PRODUCTO	ENVASE COMERCIAL	PRECIOS EN CASAS COMERCIALES				PRECIO PROMEDIO
		NEGOCIOS UNION	SANTA ANA	COMERCIAL RODRIGUEZ	NEGOCIOS VALLE VERDE	
Urea Agrícola	Bolsa de 50 kg.	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Nitrato de Amonio	Bolsa de 50 kg.	83,00	83,00	85,00	85,00	84,00
Sulfato de Amonio	Bolsa de 50 kg.	55,00	53,00	55,00	54,00	54,25
Fosfato Di amónico	Bolsa de 50 kg.	107,00	108,00	107,00	105,00	106,75
Cloruro de Potasio	Bolsa de 50 kg.	100,00	95,00	98,00	95,00	97,00
Sulfato de Potasio	Bolsa de 50 kg.	125,00	120,00	120,00	125,00	122,50

Fuente: Dirección de información agraria.2012

ANEXO 13. Porcentaje de tratamiento de aguas servidas de Epsel S.A.

3.38 PORCENTAJE DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS, SEGÚN EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS, 2002-2010
(Porcentaje)

Empresa	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
EMAPA CAÑETE S.A.	20,3	21,6	18,0	17,5	5,0	16,2	14,8	9,2	8,6
EMSA PUNO S.A.	98,5	100,0	100,0	99,7	99,1	68,8	66,3	64,9	65,5
AGUAS DE TUMBES	25,2	24,5	23,8	23,2	21,3	21,7	22,8	24,8	29,5
EMAPISCO S.A.	86,3	92,7	...	92,7	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0
SEDACAJ S.A.	36,7	30,1	26,0	5,7	...	...	23,2	...	7,4
EPS TACNA S.A.	92,8	98,1	99,7	95,2	93,0	90,8	90,9	86,6	87,8
EMAPAVIGSSA	...	...	...	85,9	88,6	94,3	100,0	100,0	97,2
SEDACHIMBOTE S.A.	67,1	67,0	52,8	59,5	55,4	54,9	56,3	62,0	58,0
EPSASA	100,0	100,0	97,6	97,4	96,8	99,1	98,7	97,4	99,7
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	...	...	...	3,8	...	...	4,3	4,3	4,2
SEMAPACH S.A.	...	...	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8
EPS SELVA CENTRAL S.A.	22,5	22,9	22,5	25,0	28,3	31,8	31,8	26,3	33,9
EPS MOYOBAMBA S.R.LTDA.	43,5	40,6	9,1	31,8	34,4	20,6	22,5	22,5	21,5
EPS MOQUEGUA S.A.	88,2	88,2	88,2	82,0	67,6	53,8	100,0	100,0	53,1
SEDAPAL S.A.	7,2	11,3	12,8	12,2	12,4	13,3	19,5	21,0	20,7
EPS ILO S.A.	71,2	100,0	...	80,2	36,8	60,8	72,7	81,5	97,6
SEDALIB S.A.	93,6	98,1	95,1	92,8	73,7	80,1	71,2	72,9	67,1
EPSEL S.A.	84,1	80,5	85,3	89,1	89,0	89,2	92,1	95,0	88,1
SEDAPAR S.A.	13,2	14,8	13,1	15,8	17,7	16,1	18,1	15,8	15,0
EPS SEDACUSCO S.A.	39,8	59,7	64,6	85,1	86,9	75,4	84,0	92,7	92,9
EPS GRAU S.A.	53,4	59,6	46,3	42,7	41,7	50,6	50,8	50,9	49,0
EMAPICA S.A.	51,2	86,2	95,0	98,2	97,5	97,2	96,9	97,2	100,0
EPS NOR PUNO S.A.	...	...	...	...	...	43,9	5,9	...	51,7
SEDAJULIACA S.A.	76,0	42,6	73,4	62,6	65,4	57,5	55,3	52,4	0,0
EPS MANTARO S.A.	...	...	...	7,4	4,1	4,0	4,0	4,8	3,8
EPS MARAÑÓN	...	27,1	...	97,6	95,0	93,9	95,5	97,2	92,8
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	...	...	...	...	32,9	26,7	0,0	0,0	24,3

Fuente: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

ANEXO 14. Producción de agua potable, según empresa prestadora de servicio en miles de m³

Empresa Prestadora	2004	2005	2006	2007	2008 P/	2009 P/
Total	1 166 384	1 223 264	1 238 121	1 256 524	1 277 570	1 297 000
SEDAPAL	623 149	669 724	664 805	650 762	658 749	671 604
Empresas medianas (40 a 200 mil conexiones)						
Sedapar S.A.	55 017	53 127	52 603	56 691	56 126	57 335
Eps Tacna S.A.	15 296	15 375	16 344	17 021	17 987	17 910
Eps Seda Cusco S.A.	21 485	22 218	22 618	22 829	21 155	18 759
Epsel S.A.	47 945	47 297	49 400	50 909	51 232	53 354
Sedalib S.A.	44 362	44 378	45 931	47 571	47 596	46 816
Eps Grau S.A.	54 412	63 408	68 126	68 049	69 784	70 772
Eps Loreto S.A.	24 870	24 928	26 007	26 501	31 374	36 766
Seda Chimbote S.A.	31 277	30 479	31 667	32 527	30 109	28 810
Empresas menores (hasta 40 mil conexiones)						
Sedam Huancayo S.A.C.	27 670	30 412	31 335	31 341	31 522	33 478
Eps Semapach S.A.	13 090	12 147	12 052	11 911	12 078	13 847
Emap Ica S.A.	19 741	19 325	19 277	19 082	17 957	19 668
Eps Mantaro S.A.	...	3 032	5 929	6 094	6 366	5 332
Eps Selva Central S.A.	8 595	9 030	9 482	10 073	9 827	13 311
Semapa Barranca S.A.	10 346	10 062	9 713	8 806	8 683	8 636
Eps Sedacaj S.A.	7 050	7 124	7 313	7 370	7 809	8 157
Epsasa	16 477	14 967	...	16 962	17 556	14 295
Emapa Huacho S.A.	8 319	8 311	8 001	7 923	8 063	7 528
Eps Ilo S.A.	5 528	6 025	6 121	6 248	6 832	7 023
Emapa Pisco	...	9 398	9 942	10 250	11 926	9 184
Emapa Cañete S.A.	7 283	8 007	8 624	8 172	9 612	9 796
Emapacop S.A.	9 546	9 373	9 749	10 014	10 407	11 883
Emsa Puno S.A.	6 602	6 769	7 043	7 158	7 298	7 564
Seda Huánuco S.A.	15 024	15 024	15 043	15 875	17 869	17 226
Eps Aguas de Tumbes S.A. 1/	12 252	...	16 213	16 173	16 074	16 640
Eps Chavin S.A.	9 814	10 583	10 620	10 545	10 972	11 706
Emapa Huaral S.A.	5 728	5 788	5 942	5 856	5 957	5 940
Eps Sedajuliaca S.A.	6 795	7 585	7 862	7 857	8 009	7 717
Emapa San Martín S.A.	14 885	13 973	11 540	11 913	12 316	12 730
Eps Moquegua S.R.Ltda.	5 583	6 129	7 350	7 728	7 622	7 670
Emapab S.R.Ltda.	3 250	2 624	2 864	3 421	3 189	3 082
Emusap Abancay S.A.	5 220	4 814	4 783	5 153	4 811	4 535
Emusap Amazonas S.R.Ltda.	1 568	1 583	1 463	1 521	1 472	1 444
Emapa Huancavelica S.A.	2 578	2 604	2 491	3 192	4 087	4 049
Emapa Yunguyo S.R.Ltda.	635	814	...	864	966	984
Eps Marañón S.R.Ltda.	5 354	5 197	5 679	5 332	5 780	5 425
Eps Moyobamba S.R.Ltda.	3 234	3 234	3 239	3 463	3 815	1 675
Eps. Sierra Central S.A.	4 041	3 892	3 958	3 992	3 990	3 950
Emapavigsa S.A.	2 013	1 493	1 817	1 882	2 040	1 612
Emaq S.R.Ltda.	4 242	3 655	4 629	5 691	6 416	6 372
Emapat S.R.Ltda.	2 488	2 536	2 542	2 734	3 221	3 335
Empssapal S.A.	2 672	2 726	2 781	3 029	3 035	2 742
Emsap Chanka S.A.	...	...	1 246	1 398	1 388	967
Emapa Pasco S.A.	...	785	1 144	1 734	1 556	2 385
Eps Nor Perú S.A.	948	925	950	1 041	1 045	1 017
Epsmu S.R.Ltda.	...	2 384	1 883	1 866	1 892	1 949

Fuente: Superintendencia de Servicios de Saneamiento (SUNASS) 2012

ANEXO 15. Parámetros de composición del agua residual doméstica cruda

CONTAMINANTES	UNIDADES	DEBIL	MEDIA	FUERTE
Sólidos Totales (ST)	mg/L	350	720	1,200
Disueltos totales (SDT)	mg/L	250	500	850
Fijos	mg/L	145	300	525
Volátiles	mg/L	105	200	325
Sólidos en suspensión	mg/L	100	220	350
Fijos	mg/L	20	55	75
Volátiles	mg/L	80	165	275
Sólidos Sedimentables	mg/L	5	10	20
DBO ₅	mg/L	110	220	400
Carbono Orgánico Total	mg/L	80	160	290
DQO	mg/L	250	500	1000
Nitrógeno (Total en N)	mg/L	20	40	85
Orgánico	mg/L	8	15	35
Amoníaco Libre	mg/L	12	25	50
Nitritos	mg/L	0	0	0
Nitratos	mg/L	0	0	0
Fósforo Total (Total en P)	mg/L	4	8	15
Orgánico	mg/L	1	3	5
Inorgánico	mg/L	3	5	10
Cloruros ^a	mg/L	30	50	100
Sulfatos ^a	mg/L	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/L	50	100	200
Grasas	mg/L	50	100	150
Coliformes Totales ^b	nº/100ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁸ -10 ⁹

Fuente: EPSEL, 2012

ANEXO 16. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LODOS



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS



ANÁLISIS N°251-2012-UST/FIQIA

27 de noviembre del 2012

Solicitante : ALBERTO FERNANDO BURGA RAFAEL
Asunto : Análisis Físico Químico
Muestra : Lodos sedimentales de Lagunas de Oxidación Aguas Residuales de EPSEL
Uso : Agrícola
Fecha de Recepción : 18-06-2012
Fecha de Reporte : 27-11-2012

RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO QUIMICO

DETERMINACION	MEDIDA	RESULTADOS
Aceites y Grasas	%	5.20
Carbono Orgánico	%	11.20
Nitrógeno Total	%	0.87
Demanda Química Oxígeno	%	39.00
Relación	C/N	15/1


Ing. ENRIQUE M. MONTEJO PINILLOS
ANALISTA

ANEXO 17. MAPA VIAL DE LAMBAYEQUE



Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones 2012

ANEXO 18. MÉTODOS PARA REMOVER LOS LODOS ACUMULADOS DE LAGUNAS PRIMARIAS

Método	Ventajas	Desventajas
<u>I. Laguna Fuera de Operación</u>		
Secado completo y recolección con equipo	Simplicidad de operación Método más económico	Tiempo de secado largo Laguna fuera de servicio
Secado parcial con empuje y bombeo o empuje y recoge con excavadora	Una solución apropiada cuando los lodos están demasiado profundos para secar completamente	Tiempo de secado largo Laguna fuera de servicio Necesidad de lechos de secado Manejo de lixiviados
<u>II. Laguna en Operación</u>		
Descarga hidráulica por tubería	Simplicidad operacional Bajo costo Laguna queda en operación	Carga hidráulica requerida Instalación del sistema Dispositivo de descarga tiene tendencia pegar Necesidad de lechos de secado Manejo de lixiviados
Camión de vacío	Simplicidad operacional Lodo transportado en el camión Laguna queda en operación	Costo de equipo Alcance de manguera Personal calificado Necesidad de lechos de secado Manejo de lixiviados
Draga	Laguna queda en operación	Costo de equipo Personal calificado Necesidad de lechos de secado Manejo de lixiviados
Bombeo por balsa	Laguna queda en operación	Costo de equipo Personal calificado Necesidad de lechos de secado Manejo de lixiviados

Adaptado de Franci (1999).

ANEXO 19. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE LA EMPRESA EPSEL S.A.

ZONAL	LOCALIDAD	DESCRIPCIÓN
SEDE CENTRAL	CHICLAYO	"Pampa de Perros" 8 LAGUNAS 02 Primarias 114.7 m x 244.7 m 01 Primaria 112.3 m x 242.6 m 01 Primaria 112.1 m x 242.1 m 01 Secundaria 116.4 m x 246.2 m 01 Secundaria 114.3 m x 244.1 m 01 Terciaria 116.6 m x 246.4 m 01 Terciaria 114.5 m x 244.3 m "San José" 10 LAGUNAS 05 Primarias 108.7 m x 146.7 m 04 Secundarias 231.0 m x 236.4 m 01 Secundaria 190.2 m x 301.6 m
	PIMENTEL	02 LAGUNAS 01 Primaria 104.8 m x 118.2 m 01 Secundaria 95.7 m x 146.7 m
	PAMPAGRANDE	04 LAGUNAS 02 Primarias 39.0 m x 66.0 m 02 Secundarias 27.0 m x 54.0 m
LAMBAYEQUE	OLMOS	01 LAGUNA 01 Primaria 149 m x 194.9 m
	SAN JOSÉ	02 LAGUNAS 02 Primarias 53.8 m x 108.8 m
	MOTUPE	01 LAGUNA 01 Primaria 82.50 m x 136.50 m
	JAYANCA	03 LAGUNAS 01 laguna de madurac. 96.60 m x 167.0 m 02 Lagunas Facultativas 50.0 m X 197.0m
	PACORA	02 LAGUNAS NUEVAS 01 Primaria 47.66 m X 123.20 m 01 Secundaria 47.66 m X 62.20 m
	ÍLLIMO	03 LAGUNAS 02 Primarias 70.0 m x 35 m 01 Secundaria 70.0 m x 35 m
	TÚCUME	02 LAGUNAS 01 Primaria 61 m x 97.20 m 01 Secundaria 45.0 m x 40.0 m
	MOCHUMÍ	04 LAGUNAS 02 Primarias 46.15 m x 88.20 m 02 Secundarias 46.15 m x 49.60 m
	LAMBAYEQUE	04 LAGUNAS 02 Primaria 107 m x 190 m 01 Secundarias 90 m x 206 m 01 terciaria 90 m x 206 m

ZONAL	LOCALIDAD	DESCRIPCIÓN
SUR	CIUDAD ETEN	01 LAGUNA 01 Primaria 90.7 m x 91.5 m
	SANTA ROSA	01 LAGUNA 01 Primaria 58.0 m x 117.4 m
	MOCUPE TRADICIONAL	01 LAGUNA 01 Primaria 82.2 m x 126.2 m
	MOCUPE NUEVO	01 LAGUNA 01 Primaria 22.4 m x 49.1 m
	MONSEFÚ	02 LAGUNAS NUEVAS 01 Primaria 79.0 m x 108.3 m 01 Secundaria 96.3 m x 253.0 m
	REQUE	01 LAGUNA 01 Primaria 98.0 m x 107.6 m
	ZAÑA	04 LAGUNAS NUEVAS 01 Primaria 104.85 m x 49.0 m 01 Primaria 103.85 m x 49.0 m 01 Secundarias 65.0 m x 31.0 m 01 Secundarias 91.87 m x 31.0 m
FERREÑAFE	FERREÑAFE	10 LAGUNAS 05 Lagunas facultativas 90 m x 180 m 05 Lagunas de maduración 90 m x 140 m
	PICSI	01 LAGUNA 01 Primaria 80.4 m x 161.1 m
	PÓSOPE ALTO	02 LAGUNAS 02 Primarias 33.0 m x 158.7 m
	BATANGRANDE	02 LAGUNAS 01 Primaria 44.0 x 44.0 m 01 Secundaria 40.0 m x 42.0 m

ANEXO 20. METODO DE GUERCHET

Con el método de Guerchet se calcularán los espacios físicos que se requerirán para establecer la planta, por lo tanto es necesario identificar el número de maquinaria llamados elementos estáticos y también el número de operarios y equipo de acarreo, llamados elementos móviles.

Para cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales:

$$ST = Se + Sg + Sc$$

Donde:

ST = Superficie total

Se = Superficie estática

Sg = Superficie de gravitación

Sc = Superficie de evolución

- **Superficie estática (Se):** Corresponde al área del terreno que ocupan las máquinas y equipos. Esta área debe ser evaluada en la posición de uso de la máquina o equipo, necesarios para su funcionamiento. Se calcula de la siguiente manera:

$$Se = ancho \times largo$$

- **Superficie de gravitación (Sg):** Es la superficie utilizada por el obrero y por el material almacenado para las operaciones en curso, están alrededor de los puestos de trabajo. Esta superficie se obtiene, para cada elemento, multiplicando la superficie estática (Se) por el número de lados a partir de los cuales el mueble o máquinas deben ser utilizados. $Sg = Se \times N$

Donde:

N = Número de lados

Se = Superficie Estática

- **Superficie de evolución (Sc):** Es la que se reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado. Se tiene entonces:

$$Sc = (Se + Sg) \times k$$

Siendo k:

$$K = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}} = \frac{\frac{\sum(A * n * h)}{\sum(A * n)}}{2 * \frac{\sum(S_s * n * h)}{\sum(S_s * n)}}$$

Donde:

S_s = superficie estática

h_{EM} = altura promedio de elementos móviles

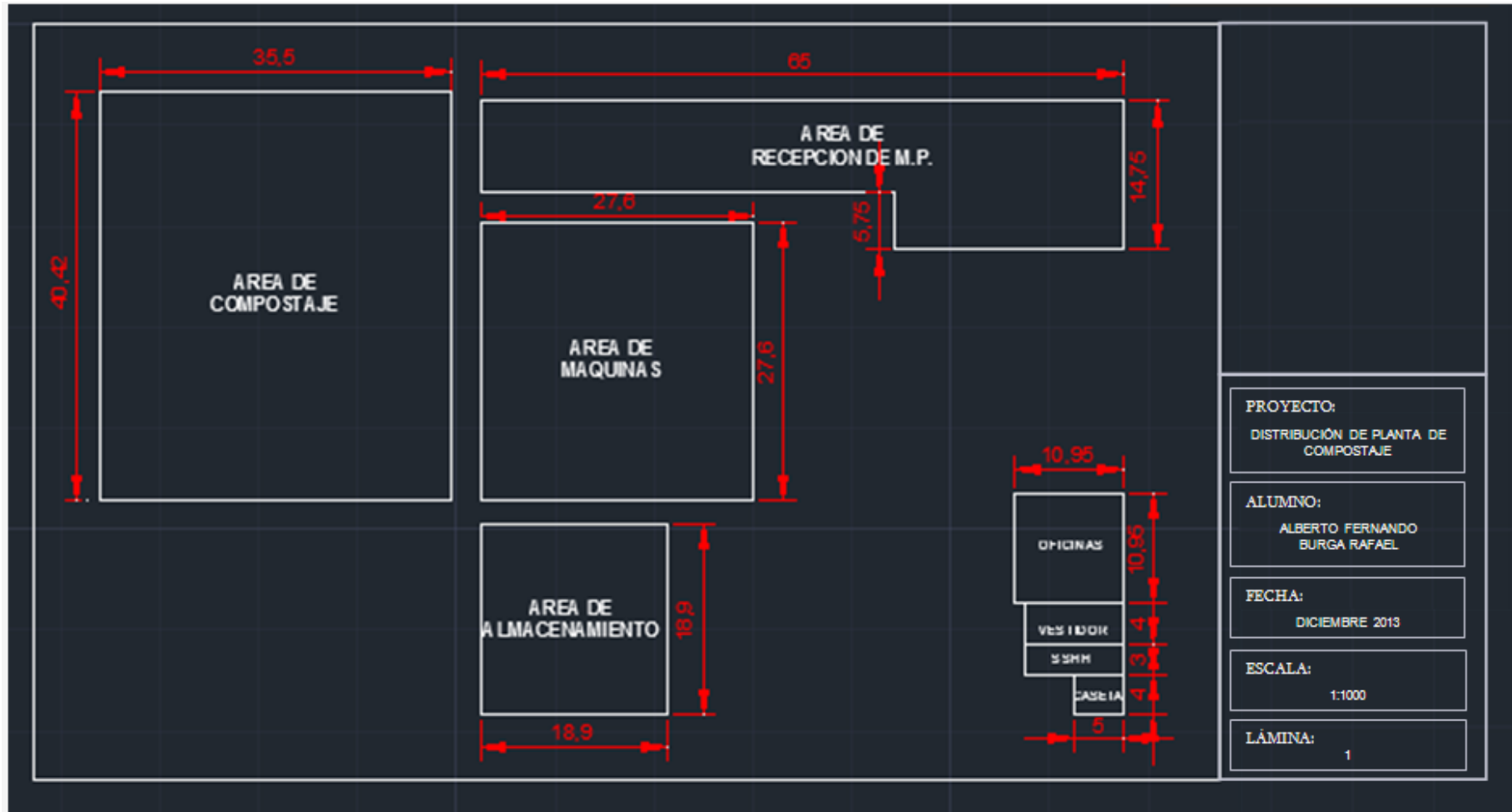
h_{EE} = altura promedio de elementos estáticos

A = área del elemento móvil

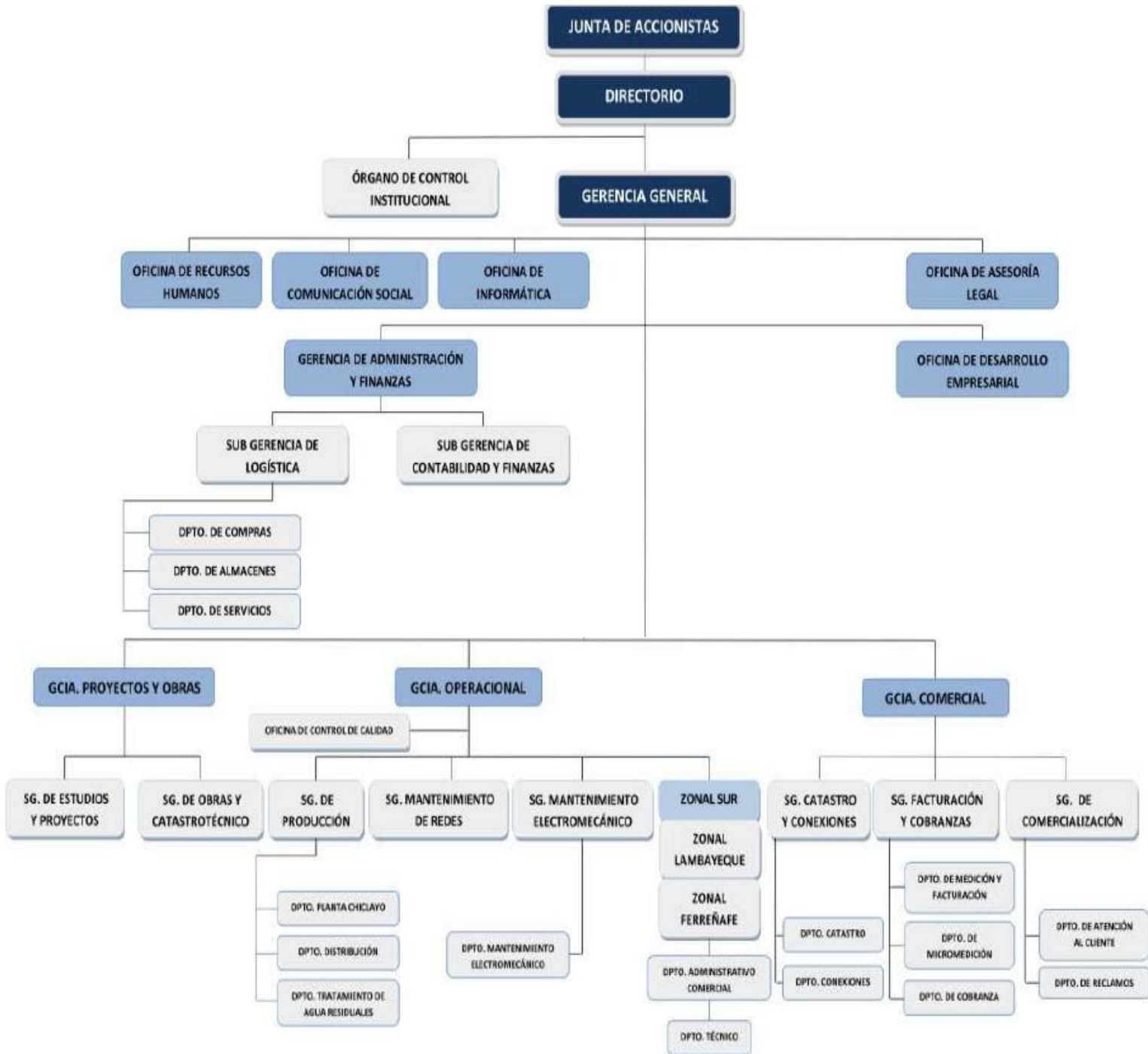
n = número de elementos de cada tipo (móviles o estáticos)

h = altura de elemento (móvil o estáticos)

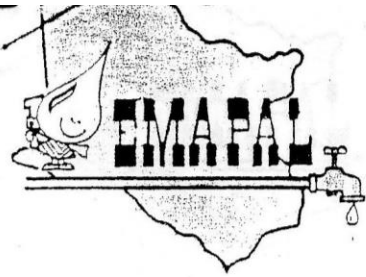
ANEXO 21. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA (en metros)



ANEXO 22. ORGANIGRAMA



ANEXO 23. CONVENIO DE USO DE TERRENO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN JOSE PARA CONSTRUCCION DE PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE EPSEL S.A.



EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE

CONVENIO DE CESION EN USO DE TERRENOS OTORGADOS POR LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SAN JOSE A LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO LAMBAYEQUE PARA LA CONSTRUCCION DE MODULOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.

Conste en el presente documento Convenio de Cesión en Uso de terrenos, celebrado por la COMUNIDAD CAMPESINA DE SAN JOSE representada por su presidente el Sr. Genaro Llontop Santamaria, identificado con L.E. N°17525974 y con domicilio en la calle Jorge Chávez N° 602 de la ciudad de San José y la EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - EMAPAL, con sus representantes el Sr. Arturo Castillo Chirinos, Presidente de la Junta Empresarial, identificado con L.E. N° 16401455 y el Ing. Carlos Cabrera Manrique, Gerente General identificado con L.E. N°22256614, con domicilio legal en la Av. Saenz Peña Cuadra 18 de Chiclayo, en los terminos siguientes:

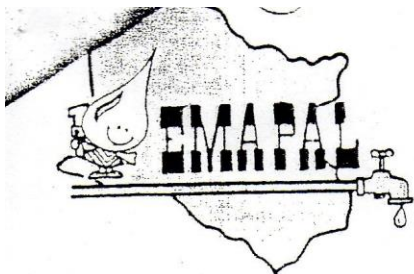


1. La Empresa EMAPAL es una empresa de Derecho Público Interno, con personería jurídica y estatutos aprobados por D.S. N° 020-84-VC del 10 de Abril de 1984, habiendo quedado inscrita en los asientos 1, fj. 457, tomo 37 de la sociedad de Registro Mercantil de Chiclayo.

Según el D.S. N° 138-90-PCM del 29 de Octubre de 1990 las acciones de Senapa fueron transferidas a los Concejos Municipales del Departamento de Lambayeque.

La Empresa tiene por objeto ejecutar las políticas de los Municipios Provinciales del Departamento de Lambayeque en el desarrollo, control, operación y mantenimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado, con funciones específicas en los aspectos de planeamiento, programación, normatividad, preparación de proyectos, ejecución de obras, supervisión, asesoría y asistencia técnica, así como celebrar todos los actos y contratos necesarios para el cumplimiento de los objetivos.

2. La Comunidad Campesina de San José es una Comunidad reconocida según Resolución Suprema N°476 del 26 de diciembre de 1966 e inscrita en el Registro Nacional de Comunidades Campesinas en el asiento 20 folio 140 con fecha 26 de diciembre de 1966 y propietaria de 7.068.43 Hás.



EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE

3. La Empresa EMAPAL, con el objeto de ejecutar obras de ampliación y mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Chiclayo en un largo plazo: estableció entre las obras más importantes del proyecto la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas a través de lagunas; en un conjunto de 64 Módulos en terrenos que pertenecen a la Comunidad Campesina de San José.

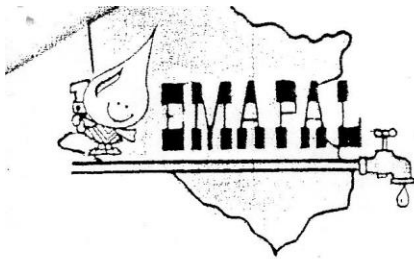
Las aguas residuales tratadas serán utilizadas exclusivamente con fines agropecuarios, por la Comunidad Campesina de San José; respetando la Sanitaria vigente.

4. Que desde antes de la conclusión del Plan Maestro la empresa EMAPAL, realizó muchos esfuerzos a fin de concertar un crédito externo a largo plazo, a fin de lograr el financiamiento de todo el conjunto de obras necesarias, habiéndose logrado con fecha 11 de Abril del pte. año, la suscripción del Convenio Intergubernamental entre los gobiernos de Alemania y Perú; que constituye la base para el Contrato de Aporte Financiero y de Ejecución del Proyecto de Alcantarillado del Plan Maestro de Chiclayo. Dentro de ellas la construcción de veintiseis módulos de Tratamiento de aguas servidas, por lo que nos solicitan tener disponibles las superficies necesarios para su ejecución.

5. La empresa EMAPAL y los representantes de la Comunidad Campesina de San José, establecieron sendas reuniones, concluyéndose en un Acta de Acuerdos el día 11 de Octubre de 1992, mediante la cual acordaron que la Comunidad Campesina de San José, cederá en uso 40 (cuarenta) hectareas de terreno, ubicados en el sector Colector, a través de un Convenio

Las Hectareas restantes para la construcción de los Veintiseis módulos de lagunas de oxidación, serán cedidos en uso por la Comunidad Campesina de San José, a fin de cumplir con los objetivos de este Proyecto.

6. El gobierno Alemán a través de la KFW nos ha comunicado según Fax 5947 con fecha 11 de mayo de 1993, la asignación de un monto de 30 millones de marcos alemanes para financiar el proyecto de alcantarillado del Plan Maestro; con aportes no reembolsables.



EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE

(donacion), habiendo sido éste calificado como proyecto de infraestructura social altamente prioritario.

7. La Comunidad Campesina de San José cede en uso 125 Hás adicionales, de terrenos en el lugar denominado Pampa de Perros y Gallito; para la construcción de los dieciocho módulos de Laguna de Oxidación restantes para el tratamiento de aguas servidas de Chiclayo.
8. EMAPAL se comprometa al uso de éstos terrenos para la construcción de los módulos antes citados, como operar y mantener dichas instalaciones; no pudiendo darle un uso diferente; caso contrario y en forma automática, el Convenio quedara rescindido. Los Terrenos cedidos no utilizados para los fines de la Infraestructura de las Lagunas de Oxidación, Laboratorios y otros; revertirán a la Comunidad Campesina de San José.

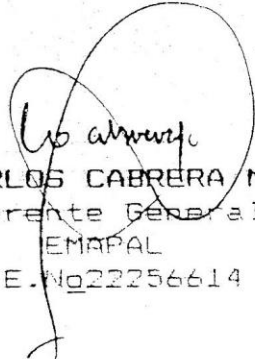
Chiclayo, 04 de Octubre de 1994


SR. ARTURO CASTILLO CHIRINOS
Pdte. Junta Empresarial
EMAPAL
L.E. No 16401455




SR. GENARO LLONTOP SANTAMARIA
Pdte. Comunidad Campesina
San José
L.E. No. 17525974




ING. CARLOS CABRERA MANRIQUE
Gerente General
EMAPAL
L.E. No 22256614

