

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ANÁLISIS DE LA VALORIZACIÓN Y OPCIONES DE USO DE LOS LODOS GENERADOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO- PERÚ 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autora:

Thalia Rossmery Estela Monteza

Asesor:

Ing. Luis Enrique Alva Diaz

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

Este presente trabajo de investigación está dedicado a: Mi madre Rosa Monteza Gonzales que sin su apoyo y amor no hubiera sido posible llegar satisfactoriamente a este punto de mi vida, a mi hermana Yessly Margiory Estela Monteza por su cariño, apoyo moral y aliento que hicieron de mí una mujer con fortaleza, a mi familia que estuvieron cuando más los necesite dándome aliento y consuelo, a mi pareja Felton Guillen López que estuvo conmigo en mi proceso universitario siendo mi soporte y a todos aquellos que me brindaron su amplia experiencia y conocimiento para mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar al sagrado señor por la vida que me dio, por la guía y fortaleza que me brinda a lo largo de este presente trabajo de investigación.

Gracias a mi Madre Rosa Monteza Gonzales que estuvo a mi lado con un su amor, comprensión y apoyo incondicional, a mi querida hermana Yessly Margiory Estela Monteza por siempre estar presente y acompañarme en esta etapa de mi vida, a mis docentes de la Escuela Universitaria Privada del Norte por haberme compartido sus conocimientos y ser fuente de sabiduría y agradecerles a todos aquellos que fueron un apoyo y han hecho posible la realización de esta presente tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. MÉTODO	21
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	26
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	45
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características fisicoquímicas que permiten evaluar la composición de los lodos para su adecuado manejo según la procedencia de los lodos.	26
Tabla 2. Concentración de metales en los lodos según su procedencia.	28
Tabla 3. Características biológicas que permiten evaluar la composición de los lodos para su adecuado manejo según la procedencia de los lodos.....	30
Tabla 4. Concentración máxima de metales pesados en los lodos permitidos por la legislación de cada país.	31
Tabla 5. Límites Máximos Permisibles microbiológicos de los lodos por la legislación de cada país.	32
Tabla 6. Condiciones mínimas físicas de los lodos para uso en suelos	33
Tabla 7. Tecnologías más representativas para implementar en el aprovechamiento de lodos de los diferentes estudios.....	34
Tabla 8. Descripción de la propuesta para la valorización de lodos residuales de las PTAR de Trujillo.	36
Tabla 9. Dimensionamiento de las lagunas facultativas de la PTAR de Cortijo de donde se obtienen los lodos.	136
Tabla 10. Dimensionamiento de las lagunas facultativas de la PTAR de Cortijo de donde se obtienen los lodos.	136
Tabla 11. Proyección económica de los costos para transformar lodos a compost PTAR Covicorti.....	147
Tabla 12. Proyección económica de los costos para transformar lodos a compost en la PTAR Cortijo	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de selección de estudios	25
Figura 2. Ubicación de la PTAR Covicorti por medio del aplicativo Google Eart	124
Figura 3. Área aproximada de la PTAR de Covicorti por medio del aplicativo Google Eart	125
Figura 4. Posible ubicación para el secado de lodos dentro de la PTAR Covicorti	126
Figura 5. Posible área para el secado de lodos en la PTAR de Covicorti	127
Figura 6. Flujograma de la PTAR de Covicorti.....	128
Figura 7. Estructuración gráfica de las lagunas de la PTAR de Covicorti.....	129
Figura 8. Ubicación de la PTAR Cortijo por medio del aplicativo Google Eart.....	130
Figura 9. Área aproximada de la PTAR de Cortijo por medio del aplicativo Google Eart	131
Figura 10. Posible ubicación para el secado de lodos en la PTAR de Cortijo	132
Figura 11. Posible área para el secado de lodos en la PTAR de Covicorti	133
Figura 12. Estructuración gráfica de las lagunas de la PTAR de Cortijo	134
Figura 13. Flujograma de PTAR de Cortijo	135
Figura 14. Dimensiones hipotéticas del área destinada para el proyecto de secado de lodos y proceso de compostaje de la PTAR Covicorti.....	138
Figura 15. Dimensionamiento hipotéticas del área destinada para el proyecto de secado de lodos y proceso de compostaje Cortijo.	138
Figura 16. Diagrama de flujo de valorización	143
Figura 17. Concentraciones máximas en suelo receptor de compost	145
Figura 18. Concentraciones máximas de mentales en lodos para aplicación al suelo.....	145
Figura 19. Frecuencia de análisis a efectuar a los lodos para el compost	146

RESUMEN

En esta investigación se analizaron estudios en relación a la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), realizando un análisis sistemático y comparativo de las operaciones, tecnologías y normatividad establecidas por las PTAR de otros países o ciudades, en relación con las de Trujillo. El objetivo es analizar la utilización y el valor que se le da a los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Trujillo- Perú. Además, se presentaron datos obtenidos por bibliografía existente y confiable de fuentes como: Scielo, Google académico, Redalyc.org, Nova, Universidad Católica de Colombia, ResearchGate. Las investigaciones tienen un periodo de antigüedad o actualización de los años 2000 a 2020, la evaluación fue por medio de una selección bibliográfica, criterios de ruta, porcentajes de aportes a la investigación, parámetros normativos de las fuentes de estudio y criterios de viabilidad del uso de los lodos. Los resultados obtenidos nos permitieron realizar la caracterización de lodos, identificar el manejo y disposición final de lodos, evaluar el desempeño operativo de las PTAR según la normatividad establecida y realizar una propuesta viable. En conclusión, las evidencias encontradas y elaboraciones teóricas dan lugar a proyecciones de práctica de tecnologías eficientes para las PTAR de Trujillo.

Palabras clave: Lodos Residuales, Agrosistemas, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Valorización, Tratamiento, Compostaje.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento poblacional y efecto de globalización a nivel mundial, se ha incrementado de manera alarmante la producción de desechos, lo cual se ha convertido en una amenaza ambiental, por ello se debe dar un tratamiento adecuado en las plantas de tratamiento de distintos países, la falta de educación ambiental hace caer en desaprovechamiento del potencial de los lodos, esto ha conllevado a que los lodos sean cedidos a empresas especializadas al manejo de residuos peligrosos, transponiendo la problemática a otro lugar, o en ocasiones van a parar a rellenos sanitarios por temas económicos. Buscando una solución viable, económica y amigable con el ambiente sobre la valorización de estos residuos “Lodos”, se encontró que es una fuente rica en nutrientes para el suelo. Así mismo, con relación a los suelos, estos están siendo destruidos fértilmente, con el uso constante de agroquímicos, plaguicidas, fertilizantes y una gran cantidad de productos industrializados, que aparte de ser muy costosos llegan a ser venenos acumulativos para el medio ambiente.

La disposición de lodos generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es muy escasa y casi deficiente al no tener un adecuado tratamiento, existen 143 PTAR en el Perú (SUNASS, 2015), en las cuales el proceso de tratamiento de lodos no podría llamarse exitoso, debido a que no se le da un factor valorativo al residuo que frecuentemente es desechado, esto trae como consecuencia la contaminación de nuestros cuerpos de agua y por ende áreas agrícolas y de recreación.

Las leyes manifestadas por el Ministerio de Vivienda y el Ministerio del Ambiente (MINAM), establecen las condiciones mínimas del manejo de lodos que de cierta forma facilitan su tratamiento y posterior reúso. Comúnmente los lodos residuales son recirculados dentro de la misma planta de tratamiento, pero a pesar de ello sigue siendo una biomasa

enriquecida en materia que con el adecuado tratamiento funcionaría como biofertilizante, colaborando así con la agricultura amigable con el medio ambiente.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señalan que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina, es sin duda la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas en el Perú, principalmente por desconocimiento, donde utilizan de manera imprudente y en exceso los sistemas de riego, aplicación de fertilizantes sintéticos y mal uso de pesticidas (Altamente tóxicos y no degradables). (Damian, Gonzales, & Quiñones, 2018).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Cortijo- Trujillo no cuenta con un rendimiento satisfactorio, necesita de limpieza de lodos, por deficiencia no son utilizados, ya que al generar lodos en gran magnitud se puede aprovechar el recurso y posteriormente reutilizarlo como un bio-fertilizante que sería muy beneficioso y lucrativo en sus costos de operación. (Espejo & León, 2017).

Debido a la gran contaminación existente en los últimos años y al poco enfoque de implementar un manejo de estos residuos, nos preguntamos ¿Cuál es el análisis de la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Trujillo- Perú, 2021?, es requerido realizar un estudio profundo y detallado de información y estrategias que nos permitan mitigar el impacto ambiental, ocasionado por la mala disposición de los biosólidos generados en las PTAR. Por todo lo ya mencionado esta investigación tiene como objetivo general, analizar la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Trujillo- Perú, 2021, así mismo, se analizará según la procedencia de los lodos, sus características fisicoquímicas y biológicas que permitan evaluar su composición para su adecuado manejo, se comparará las condiciones mínimas establecidas por la normativa vigente de cada país en el manejo y disposición final de lodos, también sé

evaluará las tecnologías más viables para dar uso, valorizar y finalmente poder realizar una propuesta de aprovechamiento de lodos de las PTAR para la ciudad de Trujillo.

Algunos estudios mencionan los grandes beneficios que se obtiene en la aplicación de lodos al modificar las propiedades físicas y químicas del suelo, como disminución de la densidad aparente y retención de agua, aporte de nutrientes y materia orgánica, no obstante, se determina que hay efectos dañinos como la acumulación de elementos trazas metálicos, tanto en el suelo receptor como en los cultivos; siendo así que al aplicarse en las medidas convenientes dadas por las normativas vigentes, vienen a ser de mucho beneficio para los suelos. (Henríquez, 2011).

Existen variables agronómicas que permiten el estudio de lodos a profundidad y así la disposición de estos, se usa como lodo seco o como lodo compostado; ambos criterios se toman en cuenta con la finalidad de ser usado como biofertilizante, los cuales son de provecho en las dosis adecuadas y el terreno al que va dirigido, otro factor es la caracterización del suelo por diferente textura, contenido de carbono cálcico, etc.; con lo cual contribuye a la importancia del estudio del suelo receptor para el posterior uso de lodos, de esta manera la investigación es complementada y detallada en el estudio de lodos residuales. (Francisco, Ramos y Aguirre, 2011)

En el tratamiento de lodos se usan métodos que benefician al estado y condiciones que se requiere del lodo, para su posterior estudio, análisis y procesamiento de la información de esta tesis. Las operaciones previas del tratamiento de lodos es: el bombeo, trituración, desarenado y homogenizado; continuando así con el espesamiento (gravedad, flotación, centrifugación y filtros de bandas), la estabilización (Cal, tratamiento térmico, digestión anaeróbica y aerobia), la deshidratación (filtraciones, centrifugación y secado), desinfección (pasteurización, química, almacenamiento de larga duración), acondicionamiento (químico y térmico), secado térmico (En hornos, incineración,

evaporadores múltiples) y finalmente lograr el compostaje (biológico aeróbico). Amador, Veliz y Bataller (2015).

Cardona y Orozco (2018) en su investigación sobre las tecnologías que puedan adaptarse al tratamiento de lodos en la ciudad de Manizales, tienen como criterios a analizar: ventajas, desventajas, costos, eficiencias, rendimientos, complejidad, normativa y aspectos técnicos, en ello explica que:

“La valorización energética es una opción claramente viable, considerando no solo que el proceso de digestión anaerobia en condiciones normales produce de 0,4 a 0,7 m³ de biogás por cada kilogramo de materia volátil destruida, sino también que la calidad del biogás depende en gran medida de la concentración de metano presente en éste” (Cardona y Orozco, 2018, p. 60).

Según Peña, Ortega, Vera, Sánchez, y Ortiz, (2015); mencionan que el tratamiento de lodos se realiza con algunas estrategias para su posterior uso como es el secado, compostaje y lombricomposta que son algunos de los métodos para su valorización. La incineración en lecho fluidizado y el uso agrícola son los métodos más atractivos desde una representación energética, es por ello que, la estabilización del lodo es necesaria para colocarlas en el ambiente, aporta sustentos esenciales y mejora sus propiedades físicas y químicas, la lombricomposta es una de las estrategias para lograr su estabilización, permite la expulsión de huevos de helmintos y coliformes fecales, pero es deficiente para eliminar Salmonella según el estudio presentado.

Así mismo, en diversas investigaciones realizadas mencionaron el proceso de la obtención del compostaje por medio de uso del lodo y enmiendas. En la META 3 el MINISTERIO DEL AMBIENTE por medio de la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos y el ministerio de economía y finanzas, detallan parte de la valorización de residuos sólidos en donde se puede incluir los lodos y las enmiendas como parte del proceso y aporte

a estas estrategias. Es así que en el estudio de influencia del material de enmiendas en el compostaje de lodos “Se usaron pilas de 1,0 toneladas conformadas por lodo, una proporción fija de material de soporte (10%) y material de enmienda. Fueron evaluadas dos materiales de enmienda: cachaza y residuos orgánicos de plazas de mercados en dos proporciones peso/peso con relación al lodo, correspondientes a 20:80 y 40:60”. (Torres, et al. 2005, p.54).

En la ciudad de Cali, la empresa prestadora de servicios públicos del Acueducto y Alcantarillado en un plan de descontaminación, cuenta con 3 plantas de tratamiento de aguas residuales, siendo la PTAR de Cañaveralejo la que capta aproximadamente el 85%, la PTAR- Río un 15% y la PTAR- Sur captaría los futuros desarrollos urbanísticos. El proyecto de la planta de Cañaveralejo está diseñada para una población de 2060000 habitantes; en la línea de lodos cuenta con 4 digestores anaeróbicos con un volumen cada uno de 6200 m³, deshidratadores que producen 90 toneladas/día de lodo deshidratado; para el transporte del biosólido es por medio de bandas, cargador y volquetes herméticos que son llevados hasta los almacenamientos fuera de la planta, el almacenamiento del lodo digerido tiene un volumen de 4279 m³ y finalmente se realiza una deshidratación final. (Llanos, 2017)

Algunos estudios mencionan los grandes beneficios que se obtiene en la aplicación de lodos, siempre y cuando se modifique las propiedades físicas y químicas del suelo, como la disminución de densidad aparente, retención de agua, el aporte de nutrientes y materia orgánica, no obstante, se determina que hay efectos dañinos como la acumulación de elementos trazas metálicos, tanto en el suelo receptor como en los cultivos; es por ello que al aplicarse en las medidas adecuadas, las cuales son establecidas en las normativas vigentes llega a ser de mucho beneficio para la agricultura sin afectar el medio ambiente. (Henríquez, 2011). Así mismo, en cuanto a las condiciones que deben tener los lodos para su aplicación en suelos, hay tecnologías innovadoras como la ozonificación, el cual permite reducir los indicadores de contaminación fisicoquímicos y microbiológicos en los lodos, atravesando

por una serie de procesos como el secado, estabilización, desinfección y la digestión de manera que le permita un manejo más eficiente del lodo. (Amador, Veliz, y Bataller, 2015)

En el análisis realizado a las PTAR de la municipalidad de Funza- Colombia según Vásquez y Vargas (2018), mencionan que los lodos obtenidos son viables como subproducto para el cultivo de zanahorias y lechugas favoreciendo al ambiente y dando una disposición final adecuada, debido a que “Contrarresta los efectos nocivos de la salinidad, incrementa la actividad de los microorganismos nativos del suelo, lo que va a inducir a una correcta mineralización de los nutrientes del lodo” (p. 79). Demostrando que es una opción factible para el uso como mejorador de suelos para cultivos de hortalizas.

López y Mendoza (2018) indican que los lodos son un mejorador de suelos donde la proporción suelo/ lodos de las PTAR, en un suelo árido es de 60/40, esto indica una mejora en la calidad del suelo de terrenos áridos carentes de materia orgánica, entre ellos las áreas nuevas incluidas en el área de influencia de la III etapa del proyecto especial CHAVIMOCHIC.

En la valorización de los lodos al ser un recurso de beneficio institucional para mejoras del medio ambiente, es una práctica recomendable debido al aumento de lodos y falta de disposición final, teniendo en cuenta su utilidad y límites de uso. (Ruiz y Quevedo, 2017)

La valorización de lodos residuales aparte de ser muy beneficioso en su uso como biofertilizante y en una serie de agrosistemas, tiene grandes enfoques en la utilización como material de construcción bajo estrategias, metodologías y procesos (secado, molienda y caracterización); también, como materia prima en la manufactura de baldosas de cerámicas a través de la refinación por sus cualidades arcillosas, esto nos muestra la gran magnitud de su uso y valorización que se le puede dar a los lodos generados en las PTAR.(Llano, Cardona, Ocampo y Ríos, 2014). Así mismo, Colín, Ayestarán, Gutiérrez, y Torres (2015),

mencionan aplicaciones del lodo como: material de absorción, medio de cultivo para producir ácido giberélico, como fuente para grasa grafitada y puntillas para lápices.

El uso productivo y adecuado de lodos contribuye a la disminución de la contaminación y al recobro de recursos naturales, una de las características de los lodos según su procedencia es la aluminisidad que contiene; al ser usado en la fabricación de ladrillos cerámicos viene a remplazar algún componente, en este caso la arena en un 10%, para lo cual se debe efectuar una deshidratación del lodo y de esa manera no comprometa la resistencia del ladrillo de uso no estructural. (Torres, Hernández y Paredes, 2012). La protección del ambiente, la dependencia de algunos materiales y la escasez del recurso energético suscitan a la búsqueda de materias primas y de energías limpias renovables.

Los autores Gilsanz, Leoni, Schelotto y Acuña, (2013) , indicaron que los rendimientos de fertilización por lodos residuales es superior que la fertilización química y no se observó contaminación excesiva por patógenos, sin embargo, la seguridad de ser empleados en la producción de alimentos es diferible y dependerá de la carga de patógenos humanos y factores que influyan en el tratamiento de lodos y del cultivo destinatario. La acción que tiene la biomasa en relación a los micronutrientes en su deficiencia puede influir en el efecto sobre suelo a quien será dirigido. Según estudios la adición de cloruro férrico para el tratado del lodo residual es inofensivo en la realización de un reactor anaeróbico, teniendo en cuenta siempre la procedencia del lodo en función al reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos, con ello mejoran la calidad de lodos anaeróbicos y su viabilidad para su uso. (Torres, Cardoso, & Rojas, 2011).

Terán (2019), en su estudio de Valorización Agronómica de lodos depurados procedentes de un matadero de porcino, indicó la valorización de los lodos y su adecuación al marco legal vigente para su aplicación agronómica y así determinar su potencial como fertilizante orgánico, donde se analizó el agua residual teniendo en cuenta sus tratamientos

en cada proceso y evaluó la producción de lodos. Los ensayos en el laboratorio para la preparación de la muestra se hizo uso de la Hidrolisis por método Klanson y el método Van Soest & Goering, teniendo como resultados que la carga contaminante es básicamente orgánica.

Respecto al Decreto 130/2003, los lodos secundarios producidos muestran valores por debajo de los requerimientos de la Agencia de Residuos de Catalunya (ARC) y de la normativa estatal (RD 1310/1990) en cuanto a los límites permitidos de metales pesados, contaminantes microbiológicos y características físico químicas, para la valorización y utilización de lodos como fertilizante orgánico” (Terán, 2019, p. 26).

Concluyen de esta manera que apostar por la valorización de los lodos depurados es una opción muy viable para evitar los sobrecostes y la pérdida energética.

Gonzales (2013), en la presentación de su estudio “Uso agrícola de lodos residuales de plantas de tratamiento de aguas”, determinó el efecto de los biosólidos aplicados a suelos agrícolas sobre la fertilidad en función del tiempo y el riesgo del ingreso de metales pesados a las redes tróficas a través de las plantas de maíz; en su metodología determinaron los parámetros de fertilidad del suelo y una espectroscopia de emisión atómica para la cuantificación de los extractos de suelo y tejido vegetal del maíz. Concluyendo así que la fertilidad de los suelos mejorados con biosólidos se incrementa en los primeros tres años después de la aplicación y la concentración de Zn y Cu no excede los límites permitidos para ingerirlos.

En el estudio realizado de lodos residuales como alternativa para la recuperación de suelos, tiene como objetivo destacar la importancia en la aplicación de los lodos residuales hechas en diferentes países sobre los campos agrícolas y los resultados que han obtenido. El costo del tratamiento y disposición final de los lodos es la mitad del costo de tratamiento de aguas residuales esto de acuerdo a la legislación mexicana. En conclusión, según las

características físicas, químicas y biológicas de los lodos, pueden ser aprovechados por una gran variedad de cultivos, tomando en cuenta las medidas necesarias, los métodos adecuados y las normas existentes al momento de la aplicación, no es un sustituto de fertilizantes caros, si no como complemento, en México se lleva a cabo la utilización de los lodos residuales en los suelos degradados y cultivos agrícolas. (Medina, 2003).

En el estudio Propuesta técnica de gestión ambiental sostenible para el aprovechamiento de lodos en campamentos mineros del Perú realizado por Onofre (2018), indicó que como objetivo de su presente investigación es la revisión y análisis de las alternativas técnicas, así mismo, estudiar la implementación de las normas legales y ambientales para una convivencia sana entre la minería, el ambiente y los grupos de interés de las empresas mineras. Obtuvo como resultado, que los lodos sirven como mejorador de suelos de estas áreas mineras incorporando N, K, P, también se impulsa la actividad microbiana y textura en el mismo suelo, indicando así que en “La implementación de la infraestructura del proceso de compostaje para una producción anual de 21 toneladas por año es de S/. 96, 515 soles y en el caso de la lombricultora para 1 tonelada por año es de S/. 34, 665 soles” (Onofre, 2018, p.68).

La resolución ministerial N°128 -2017- vivienda y siendo complementado con el informe técnico 002/2017 Vivienda/VMSC-DGAA de la dirección general de asuntos ambientales, han aprobado las condiciones mínimas de manejo de lodos y las instalaciones para su disposición final, siendo la base principal para la necesidad de optimizar el manejo de los lodos residuales y de su tratamiento para ser posteriormente aprovechados , por otro lado, el ministerio del ambiente, creo la política de gestión integral de residuos sólidos que incluye dentro de ella la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales generan un subproducto “lodo”, esto es producido en gran cantidad lo cual requiere una disposición adecuada debido a que puede provocar un riesgo a la salud y al medio ambiente.

Los lodos están clasificados según el tratamiento biológico realizado en cada planta de tratamiento de aguas residuales, entre ellas el lodo crudo que viene a ser el que no tiene tratamiento ni ha sido pasado por un proceso de estabilización, son extraídos directamente de los depósitos de sedimentación. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S. s.f).

El lodo primario su mismo nombre lo dice, provienen de los tratamientos primarios, son productos no disueltos, con ello contiene gran cantidad de carga microbiana, materia orgánica, papel, cartón y con gran porcentaje de agua entre el 93% y 97%, en cambio el lodo activo se caracteriza por la interacción bacteriana y microbiológica en presencia de oxígeno para su desarrollo y multiplicación, también se encuentra en flóculos los cuales están flotando y son retirados para que los lodos sedimentados “activos” sean removidos de nuevo en el tanque de aireación. El lodo secundario es el proveniente del tratamiento secundario, contiene partículas no hidrolizables y biomasa que es resultado del metabolismo celular. (Lenntech, s.f). Lodos de digestión aerobia son obtenidos de la digestión aerobia de los lodos secundarios, transformándose en sustancias inorgánicas u orgánicas estables. Así mismo el lodo terciario es producido en el proceso de tratamiento terciario en donde se aplican tratamiento fisicoquímico, es por ello que los lodos se producen a partir de la adición de hierro o aluminio y cal, con esto reduce la carga orgánica, compuestos inorgánicos disueltos y precipitar el fosforo. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., s.f).

Los lodos conseguidos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Trujillo son de las lagunas, específicamente de las estructuras de lagunas aereadas, las estructuras de salida de lagunas aereadas, canal de recolección y distribución, lagunas facultativas, lagunas de estabilización y estructuras de salida de lagunas facultativas. (Sedalib, 2009).

Las lagunas de estabilización de la planta Covicorti, de donde se encuentra la mayor cantidad de lodo proyectado para esta investigación, cuenta con una profundidad 2m, un volumen unitario de 27.493 m^3 , con un periodo de retención promedio al 2012 de 6.30 días. En el manual correspondiente a Covicorti se ha mostrado la estructura administrativa para el manejo de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Covicorti y el Cortijo, con ello nos brinda información importante sobre la disposición de sus aguas y residuos que hasta la fecha se mantienen igual. (Sedalib, 2009).

En lagunas aereadas de las plantas Cortijo y Covicorti, la mayor cantidad de lodos a estudiar del tratamiento secundario, debe verificarse en los valores de carga orgánica volumétrica y carga superficial, para así realizar la operalización y la limpieza de lodos de las lagunas. En la PTAR de Covicorti el caudal promedio para las lagunas aereadas es $76,100 \text{ m}^3/\text{d}$ y lagunas facultativas $67,600 \text{ m}^3/\text{d}$. En la PTAR el cortijo; el caudal promedio para las lagunas aereadas $22,700 \text{ m}^3/\text{d}$ y lagunas facultativas $20,100 \text{ m}^3/\text{d}$. Al efecto, el arranque debe efectuarse con un caudal menor al de diseño para favorecer la formación de la biomasa activa en suficiente concentración. (Espejo y León, 2017).

El lodo flotante obtenidos de la PTAR Covicorti se forma debido a la presencia con menos densidad y poca solubilidad, aproximadamente se acumula diariamente un volumen de 1.8 m^3 de lodo flotante y cuando se sobre cargan llegan a cubrir el 60% de la superficie total de la laguna. (Bellarte y Coronado, 2006).

En la caracterización de los lodos podemos describir de manera general que las cantidades que se producen de lodos son en base seca (masa) o en base húmeda (volumen), siempre dependiendo de su procedencia del tipo y caudal de agua tratada, el diseño estructural, clima y tipo de proceso. La composición química de los lodos generalmente se refiere a sustancias poliméricas extracelulares que vienen a ser la mezcla de compuestos de alto peso molecular secretados por los microorganismos, los productos de la hidrólisis de

macromoléculas y la materia orgánica adsorbida por estas sustancias poliméricas y pueden encontrarse en forma soluble o ligadas a las células. Las propiedades físicas dentro de ellas son el contenido de sólidos, densidad, deshidratabilidad y poder calorífico interno; las propiedades biológicas generalmente describen la carga orgánica, biológica y microbiológica que cuenta el lodo estudiado. Laca, Laca y Diaz. (2019).

Chávez y Rodríguez (2011); explicaron que para lograr la realización de la caracterización adecuada y luego sea dispuesto al medio ambiente en forma de fertilizante, sea siempre y cuando se establezca criterios en base a su composición química y biológica y de esta manera pueda consentir su adecuado uso, en pruebas químicas notables son la cantidad de N, P, K, Mg, Fe, Zn y Cu y materia orgánica que esté presente; a nivel biológico se desarrolla análisis permitiendo identificar organismos como bacterias, hongos, coliformes, etc.

En torno a la legislación internacional de guías para esta investigación tenemos a la ciudad de México, su reglamento de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. (Publicada por el Diario Oficial de la federación el 30 de noviembre del 2006), detallan las condiciones que debe tener los lodos para su disposición final y adecuado manejo, de igual manera en la Nom-004-semarnat-2002, norma oficial mexicana de protección ambiental, biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de los contaminantes en lodos. (Publicada por el Catálogo Nacional el 15 de agosto del 2003), nos describen al lodo para ser de uso como fertilizante y abono. Chile por otra parte en su decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009), son más específicos en cuanto al uso que se les pueda dar a los lodos y sacarles el mayor provecho. Colombia en su resolución 1433, por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003 (Publicada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo

territorial el 13 de diciembre 2004), describe planes de saneamiento y manejo de vertimientos, también adoptan otras determinaciones que aportan el mismo concepto con referencia a la disposición de estos desechos por las Plantas de Tratamiento de aguas residuales en su país.

Esta investigación se enfocará en el estudio y análisis de investigaciones de valoración y usos de los lodos provenientes de las Plantas de tratamiento de Aguas Residuales, con ello lograr minimizar los efectos negativos de la mala disposición de desechos de las PTAR de Trujillo que afectan al medio ambiente, con esto lograr una compensación positiva dándole valor agregado y posterior utilización viable como fertilizante natural, por todo lo mencionado se propone una alternativa frente a esta problemática, con la transformación del lodo residual a compost, para ser usado como mejorador de suelos y darle un valor económico a esta biomasa enriquecida.

CAPÍTULO II. MÉTODO

La presente investigación se enfocó en la existencia frecuente de cuantificar y analizar datos existentes en las investigaciones estudiadas. En cuanto al propósito según lo mencionan Tam, Vera, Oliveros, (2008), es una INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA - DESCRIPTIVA con la intención de entender los procesos, predecir el comportamiento y así crear o mejorar el comportamiento de tecnologías, así poder desplegar conceptos con potencial aplicativo, con ello resolver problemas para un desarrollo sostenible; no ofrece soluciones inmediatas, ofrece conocimiento que sirve de plataforma para futuras investigaciones tecnológicas.

Con referencia al diseño, Sousa, Driessnack, Costa (2007) indicaron que es un estudio NO EXPERIMENTAL, ya que son usados para describir, diferenciar o examinar asociaciones en vez de buscar relaciones directas entre variables, grupos o situaciones; no existen tareas aleatorias, grupos control, o manipulación de variables, porque este modelo utiliza apenas la observación, con un número de características o variables que no están sujetas, o no son receptivas a manipulación experimental o randomización; así como, por CONSIDERACIONES ÉTICAS, algunas variables no pueden o no deben ser manipuladas. Así mismo, de acuerdo al evento estudiado según el número de mediciones es LONGITUDINAL, donde los datos son recolectados en diferentes puntos en el tiempo; finalmente en la planificación de mediciones, el estudio realizado es PROSPECTIVO debido a los factores y variables potenciales identificadas en la investigación, estas son relacionadas a resultados posibles en el futuro.

La población estudiada está basada en trabajos de investigación sobre valorización y uso de los lodos generados en plantas de tratamientos de aguas residuales. Esta investigación cuenta con una POBLACIÓN INFINITA debido a que forma parte de otra, Aguilar (2005) menciona que “Es infinita cuando se desconoce el total de unidades de observación que la

integran o la población es mayor a 10,000” (p.5). Carrillo (2015) en su exposición de métodos de la investigación, menciona que la población infinita está determinada cuando “No se conoce el tamaño y no se tiene la posibilidad de contar o construir un marco muestral” (p.6). Se utilizó el MUESTREO NO PROBABILÍSTICO, León, O.G. y Montero, I. (Como se citó en Argibay, 2009), mencionan que dentro de un muestreo no probabilístico existe un caso particular de “muestreo a propósito” donde los integrantes de la muestra cumplen con algún o algunos requisitos, disminuyendo así el sesgo de representatividad, es decir “En este caso lo que interesa no es tanto elegir los sujetos al azar para que la muestra sea representativa, sino que los mismos cumplan con ciertas características en función de necesidades de la investigación” (p.19). Es por ello que se tomó un muestreo que permite el adecuado procesamiento y análisis para nuestra investigación. Se empleó 13 trabajos de investigación representativos sobre valorización y uso de los lodos generados en plantas de tratamientos de aguas residuales entre los años 2000 a 2020. Con criterios de ruta y con los criterios de inclusión y exclusión (Anexo 4), basados en la viabilidad y acercamiento muestral de la problemática y realidad local “Trujillo- Perú”. (Universidad Autónoma de Nayarit, 2015).

Las técnicas de recolección de datos, permitieron la obtención sistemática de información acerca de los objetos de estudio y de su entorno. La recolección de datos según Otzen y Manterola (2017) es SISTEMÁTICA, ya que si los datos se recolectan al azar será difícil responder las preguntas de investigación de una manera concluyente por ser parte de un muestreo NO PROBABILISTICO. Así mismo, se realizó un análisis documental, que es un trabajo mediante el cual por un proceso intelectual extraemos unas nociones del documento para representarlo y facilitar el acceso a los originales según lo describió Rubio, (s.f). Por otro lado, se utiliza como metodología la indización y los lenguajes documentales, siendo un sistema convencional de signos que permite representar el contenido de los

documentos con el fin de encontrar aquellos pertinentes en respuesta a preguntas sobre un tema.

El instrumento utilizado de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información que pueda ser la guía de observación. Este estudio se basó en el análisis documental, los instrumentos usados es la indización y resumen, en donde la indización es extraer una serie de conceptos que responden a los temas tratados en el documento, y que servirán como puntos de acceso para su recuperación, se debe realizar un trabajo intelectual de lectura, abstracción, análisis y síntesis; todo ello permitirá representar dicho documento y determinar la pertinencia e interés del mismo. (Rubio, s.f). Además se realizó uso de matrices de consistencia, matriz de operacionalización de variables y la matriz de instrumento; estas nos permitieron desplegar la información para su mejor análisis, todo ello está detallado en los anexos 1, 2 y 3. La utilización de los softwares MAXQDA y MENDELEY DESKTOP, permitieron un análisis más eficiente y estructurado de la presente tesis con referencia a la recopilación de información, esto permitió que los resultados obtenidos tengan menos sesgo y más representatividad (Anexos del 6 al 11).

Para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos, se utilizó la opinión y el visto bueno de expertos en el tema de la carrera profesional de ingeniería ambiental de la casa superior de estudios sede Trujillo- San Isidro (Anexo 13), así mismo se realizó un análisis documental, que es el procedimiento por el que se puede determinar la adecuación de un determinado instrumento de recuperación de los contenidos, por el que se verifica la pertinencia de la extracción, segmentación, representación y la idoneidad para la recuperación de información de un modelo de análisis determinado. El método de validación deberá tener en cuenta siempre y simultáneamente todas las variables de los lenguajes documentales. (García, 1995).

Sánchez y Echeverry (Como se citó en Martínez, s.f) entorno a la confiabilidad del sistema utilizado, piensan que al referirnos a la estabilidad del instrumento representamos diferentes escenarios en los cuales podemos determinar su estabilidad. “se puede decir que la confiabilidad es una medición del error que puede generar un instrumento al ser inestable y aplicarse en diferentes condiciones”. Al relacionar criterios comparativos de las investigaciones de este estudio, descritos en los anexos, podemos identificar la confiabilidad de los instrumentos usados para la recolección de información.

Con todas las herramientas necesarias se realizó una búsqueda y análisis de información de distintas tesis, artículos, investigaciones científicas, etc. Las informaciones virtuales fueron obtenidas de bases de datos confiables Scielo, Google académico, Redalyc.org, Nova, Universidad Católica de Colombia, ResearchGate; en este estudio se tuvo en cuenta procesos de selección cronológicamente con una antigüedad de 20 años como máximo, cuyo tema central es la Valorización y opciones de uso de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para tener un detallado registro de información se realizó un protocolo, que nos permitirá una eficaz selección y análisis de toda la información filtrada en criterios como: autor, el año de publicación, título de investigación, diseño metodológico, país de procedencia del estudio y una breve descripción de los objetivos o resumen. La descripción de la tipología metodológica se tomó en base a criterios estudiados por los autores Bermudez, Lamas, Flores, & Avila, (2017) y (Cairampoma, 2015), que nos guiaron en la determinación las tipologías de estudio descriptivo, revisiones, investigación de campo, investigaciones experimentales, cuasiexperimentales, cuantitativas y cualitativas.

Con la información seleccionada y teniendo los conceptos claves, procedemos al filtrado y la revisión detallada de las investigaciones, estas fueron guiadas por nuestra línea de investigación y tema seleccionado, todo ello se clasificó en una tabla con características

que aportaron a nuestra investigación (Anexo N° 4, 5 y 6). El análisis estadístico se realizó en base al porcentaje de aporte a nuestra investigación (Anexo N°4) y se utilizaron herramientas virtuales como el Software MAXQDA y Mendeley Desktop.

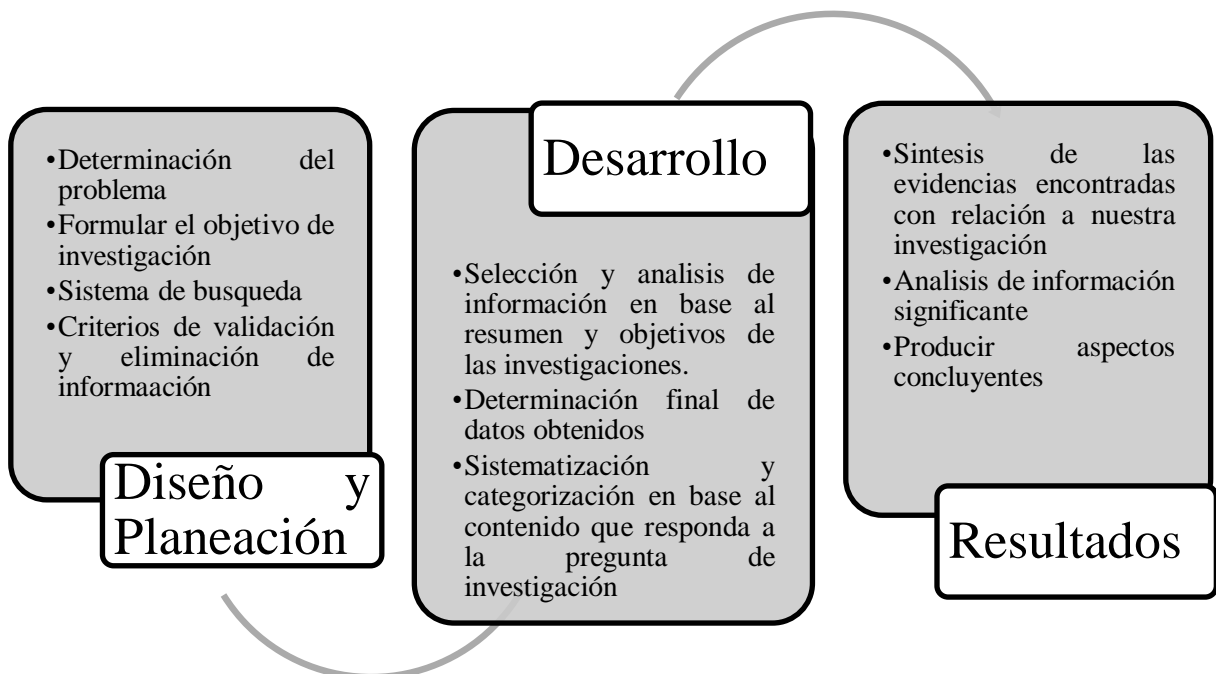


Figura 1. Proceso de selección de estudios

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se analizó según la procedencia de los lodos, sus características fisicoquímicas que permitan evaluar su composición para su adecuado manejo, estos son descritos en la tabla 1, fueron recopilados de las investigaciones más influyentes y de gran aporte a esta tesis.

Tabla 1. Características fisicoquímicas que permiten evaluar la composición de los lodos para su adecuado manejo según la procedencia de los lodos.

ESTUDIOS	PARAMETRO											
	Ph	Conductividad eléctrica (dS m-1)	Temperatura °C	Humedad %	% Materia	Nitrogeno total	Nitrogeno Orgánico (g)	Fosforo total	Fosforo disponible	Potasio	PCI	PROCEDENCIA
1	7.5 - 8	*	13-25	*	4 al 12	12 g	8	3	*	*	Gas de digestión: 22 400 kJ/m ³ . Gas natural: 37300 kJ/ m ³ .	Lodos activados
2	6.6 - 7.1	4,8 - 15.2 (dS m-1)	*	75	41.4 - 45	18.5-30.2 %	0.3-1.7	*	*	*	18.500-23.000 Kcal/Kg	Centrifugación
3	6.97-6.82	4.69-3.65 (mS/cm)	14.7 - 25.3	*	8.22 g/100g	*	*	*	*	*	*	Lodos activados

4	*	*	35	22	6	*	*	*	*	*	*	Estabilización
5	6.8-7.6	500 (us/cm)	*	66	20	1.6- %	3.3	0.44 - 1.9 %	0.04-3.3 %	0.007-0.4 %	*	Estabilización
6	6.82	1.32(mS/cm)	*	*	25.02	1.61%	1.43%	3,21-0.52 ppm	19.68ppm	1.77 ppm	*	Aerobio, Anerobio y Estabilización
7	6.8-7.6	*	*	94-97	*	3 a 7	*	0.5-1.5	*	*	*	Anaerobia y Estabilización
8	7-8.5	*	*	*	*	200- 1500 mg/L	*	40-300 mg/L	*	*	*	Digestión aerobia y estabilización
9	6.7	*	*	69.2	28.79%	2.37%	28.79%	0.87%	*	0.10%	*	Espezamiento, estabilización, deshidratación y tratamiento secundario
10	11.5-12	*	55- 70	38-17	90<	*	*	*	*	*	*	Estabilización

11	6.5-8	*	*	14.5	22.40%	4%	*	8.12%	*	19,000- 23,000 (KJ ST/Kg)	*	Tratamiento secundario
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3400 Kcal/Kg	*	Tratamiento secundario
13	6.8-7.6	*	60	94-97	20%	3-7%			0.5-1.5 %		*	Lodos digeridos

Nota: Los estudios realizados están detallados en anexos, las unidades se detallan conforme se hallaron en cada estudio. Los vacíos existentes fueron llenados con asteriscos debido a que dichos estudios no realizaron esos parámetros.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se muestra una comparación de las investigaciones en base a la concentración de metales que tienen los lodos, esto según el tratamiento del que provienen, permitiendo así evaluar la composición del lodo en cada estudio.

Tabla 2. Concentración de metales en los lodos según su procedencia.

Estudio	Metales											Procedencia
	Ar (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Se (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Ag (mg/kg)	
1	75	85	3000	4300	840	57	7500	420	*	*	*	Lodos activados
2	8.5- 23.5	1.0-4.9	*	360-558	45.9-72.5	1.0-3.3	1594-1984	32.8-80,5	10.3-13.1	*	*	Centrifugación
3	16-11.40	<2	12.4-22.59	*	49.6-48.49	0.725-0.81	*	*	*	*	*	Lodos activados

4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Estabilización
5	*	*	*	0.2-2	0.2-2	*	0.2-2	*	*	*	*	Estabilización
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Aerobio,
7	0.47	2.78	849	180	84	*	966.3	65.4	*	*	*	Anaerobia y
8	20-40	20-40	1000-1750	1000-1750	750-1200	16-25	2500-4000	300-400	*	*	*	Estabilización
9	*	*	*	0.0154%	*	*	0.083%	*	*	*	*	Digestión
10	*	8 al 40	*	1000	300-400	4 al 20	2000-2800	80-420	*	*	*	aerobia y
11	<9	5.1	723	457	47	<4	1182	387	<9	*	*	estabilización
12	<0.0100	<0.0200	<0.0200	*	<0.100	<0.00100	*	*	<0.000500	<0.500	<0.0200	espesamiento,
13	*	*	*	0.2-2	0.2-2	*	0.2-2	*	*	*	*	estabilización,
												deshidratación
												y tratamiento
												secundario
												Estabilización
												Tratamiento
												secundario
												Tratamiento
												secundario
												Lodos
												digeridos

Nota: Los estudios realizados están detallados en anexos, las unidades se detallan conforme se hallaron en cada estudio. Los vacíos existentes fueron llenados con asteriscos debido a que dichos estudios no realizaron esos parámetros.

Fuente: Elaboración propia

Se evaluó las características biológicas de los lodos que permitieron estudiar su composición, estos son detallados en la tabla 3, fueron recopilados de las investigaciones más influyentes y de gran aporte a esta tesis.

Tabla 3. Características biológicas que permiten evaluar la composición de los lodos para su adecuado manejo según la procedencia de los lodos.

N° de investigación	Biológicas				Procedencia de lodos
	Microbiológicas y parapsicológicas: Salmonella spp (NMP/g en base seca)	Cuenta viable de microorganismos (NPM/100ml)	Coliformes totales y fecales (NMP/g)	Prueba de helmintos (NMP/g en base seca)	
1	1×10^8	0-2 ciclos log10	2×10^{11}	4×10^5	Lodos activados
2	*	*	*	*	Centrifugación
3	6 - 1600<		$14 \times 10 - 160000<$	4×10^5	Lodos activados
4	*	*	*	*	Estabilización
5	1-3 N° por 100ml	10-100	<100	*	Estabilización
6	*	*	*	*	Aerobio, Anerobio y Estabilización
7	< 3	100-1000	*	<1 en 4g	Anaerobia y Estabilización
8	*	*	*	$10^6 - 10^8$	Digestión aerobia y estabilización
9	*	*	$4.3 \times 10^{10} - 7.1 \times 10^8$	13	Espesamiento, estabilización, deshidratación y tratamiento secundario
10	<3	*	1000>	< 1 en 4g	Estabilización
11	*	*	*	*	Tratamiento secundario
12	*	*	*	*	Tratamiento secundario
13	<1,00E (+3)	10 – 100	<1,00E (+3)	*	Lodos digeridos

Nota: Los estudios realizados están detallados en anexos, las unidades se detallan conforme se hallaron en cada estudio. Los vacíos existentes fueron llenados con asteriscos debido a que dichos estudios no realizaron esos parámetros.

Fuente: Elaboración propia

Se comparó la concentración máxima de metales pesados en lodos, las cuales fueron establecidas por la normativa vigente de cada país en el manejo y disposición final de lodos descritos en la tabla 4.

Tabla 4. Concentración máxima de metales pesados en los lodos permitidos por la legislación de cada país.

Metales	Concentración de metales permitida por país (mg/kg de lodo en base seca)					
	Perú	Chile	México		Colombia	
			Excedentes	Buenos	Categoría A	Categoría B
Ar	54	-	41	75	20	40
Cd	18	8-40	39	85	8	40
Cr	1200	-	1200	3000	1000	1500
Cu	1200	1000-1500	1500	4300	1000	1750
Hg	300	4-20	17	57	10	20
Ni	180	80-420	420	420	80	420
Pb	300	300-400	300	840	300	400
Zn	1800	2000-2800	2800	7500	2000	2800
FUENTE	Serpa, (2017)	Castro, et. (2007)	Espejo, et. (2017)		Rincón, (2019)	

Elaboración propia

Los valores obtenidos en la tabla 5, representan los límites máximos permisibles microbiológicos, que fueron establecidas por la normativa vigente de cada país.

Tabla 5. Límites Máximos Permisibles microbiológicos de los lodos por la legislación de cada país.

Parámetro	Países						
	Perú	Chile		México		Colombia	
		Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría
	<	A	B	A	B	A	B
Coliformes Fecales	1.0E+03 UFC/g Base Seca	<1.000 (NMP) por gramo de sólidos totales en base seca.	<2.000.000 NMP por gramo de sólidos totales	<1000 NMP/g en base seca	<1000 NMP/g en base seca	< 1,00 E (+3)	< 2,00 E (+6)
Salmonella	< 3.0 NMP/4g Base Seca	<3 NMP en 4 gramos de sólidos totales en base seca.	-	<3 NMP/g en base seca	< 3 NMP/g en base seca	-	< 10,0
Enterovirus	< 1 PFP/4g Base Seca	-	-	-	-	-	< 1,0
Helmintos	< 1 huevo viable/4g Base Seca	<1 en 4 gramos de sólidos totales	-	<1 /g en base seca	<10 /g en base seca	-	< 1,0
FUENTE	EPA (descrito por Serpa, 2017)	Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del (2009)		Publicada por el Catálogo Nacional el 15 de agosto del (2003).		Publicada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial el 13 de diciembre (2004)	

Nota: EPA (Agencia de Protección Ambiental)

Algunas de las condiciones mínimas físicas a tener en cuenta para el adecuado uso de los lodos en los suelos, son detallados en la tabla 6, de acuerdo a la normativa vigente de cada país.

Tabla 6. *Condiciones mínimas físicas de los lodos para uso en suelos*

Parámetro	Perú	Chile	México	Colombia
pH	12	12	11.5	-
Poder Calorífico	-	-	-	3400 kcal/Kg.
Temperatura	16.5 C°	55 C°	-	50 C°
Humedad	40.5%	10%	85%	20%
Fuente	Serpa, (2017)	Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del (2009)	Publicada por el Catálogo Nacional el 15 de agosto del (2003).	Rincón, (2019)

Elaboración propia

En la tabla 7, se detallaron las tecnologías más representativas de cada investigación analizada en torno al aprovechamiento de lodos.

Tabla 7. *Tecnologías más representativas para implementar en el aprovechamiento de lodos de los diferentes estudios.*

N° DE INVESTIGACIÓN	TECNOLOGÍAS	
ESTUDIO 1	✓ Composteo: Composteo de lodos en montículos en hileras, Composteo de lodos en montículos en pilas	✓ Disposición de lodos en lagunas ✓ Disposición de lodos en el suelo: Disposición de lodos en zanjas, disposición de lodos en terreno.
ESTUDIO 2	✓ Agrosistemas: Lodos como mejorador de suelos, lodos como fertilizante, lodos en plantaciones forestales.	
ESTUDIO 3	✓ Compost y fertilizante	
ESTUDIO 4	✓ CO- Generación de energía.	✓ Se abren caminos para investigar y motivar intereses alrededor de los siguientes usos: Materiales de construcción, fabricación de compost, uso agrícola, acondicionamiento de suelos.

- ESTUDIO 5 ✓ Mejoramiento de la calidad del suelo usado en el sector floricultor ✓ Materia prima para la fabricación de ladrillo cerámico
- ESTUDIO 6 ✓ El compostaje y lombricomposta
- ESTUDIO 7 ✓ Agrícola forestal y ✓ Fabricación de ladrillos y/o cerámica ✓ Gasificación por lecho fluidizado ✓ Recuperación de energía por medio de digestión anaerobia ✓ Utilización de cenizas como sustitución de árido fino en bloques de hormigón prefabricados ✓ Incineración
- ESTUDIO 8 ✓ Compostaje
- ESTUDIO 9 ✓ Compostaje aeróbico con volteo manual
- ESTUDIO 10 ✓ Biosólido como mejorador de las características físicas y productivas de los suelos.

- ESTUDIO 11 ✓ Insumo de cultivos y mejoramiento del suelo abono orgánico para cultivo de hortalizas
- ESTUDIO 12 ✓ Elaboración de materiales de construcción como el ladrillo cerámico
- ESTUDIO 13 ✓ Aplicación de los lodos estabilizados como mejorador de suelo de campamento minero

Elaboración propia

Después de un análisis de varias investigaciones, se realizó una propuesta metodológica para la valorización de lodos provenientes de las PTAR Covicorti y Cortijo de la ciudad de Trujillo, siendo el compostaje del lodo en base seca la propuesta, descrita en la tabla 8 y el detalle en el Anexo 13.

Tabla 8. Descripción de la propuesta de tratamiento y transformación del lodo a compost en la ciudad Trujillo.

Procesos	Descripción
Generación de residuos orgánicos.	Residuos obtenidos de PTAR (Lodos): Primero se transporta la biomasa que ha sido tratada microbiológicamente, en el lugar dispuesto los vertederos son habilitados con un aislamiento de geomembranas en pozas para el secado de lodos por medio del esparcimiento. Otra materia de uso para el compost son los residuos orgánicos, de los mercados (frutas y verduras en desecho) y de áreas verdes (ramas y hojas en verde y seco).

- Segregación en la fuente** Los residuos orgánicos producto de la poda de áreas verdes serán acopiados en un área para su manejo y uso facilitando su recolección.
- Recolección selectiva** Los restos de los mercados son seleccionados al hacer uso solo de frutas y verduras, libres de materiales inorgánicos, para evitar la contaminación e interferencia con el proceso de formación de compost.
- Transporte de residuos orgánicos.** Se debe realizar con apoyo y gestión municipal para transportar con personal capacitado al vertedero habilitado para realizar el compost.
- Tratamiento de residuos orgánicos.** Para el lodo: Se realiza un tratamiento biológico teniendo una interacción de las bacterias habiendo una suspensión de la fermentación acida; deshidratación del lodo reduciendo al máximo la cantidad de agua contenida ya sea por lechos de secado o la estabilización biológica teniendo en cuenta parámetros como temperatura y humedad para mantener la existencia de las bacterias (todo ello destinado por la PTAR). (Rincón, 2019)
- Frutas y verduras: Serán triturados con picos lampas y/o máquina trituradora para reducir el tamaño de los materiales a 5cm – 10 cm con finalidad de ser descompuestos en menor tiempo.
- Las ramas serán reducidas de tamaño con la máquina trituradora y pasar a un proceso de secado reduciendo la humedad.

Producción de abono orgánico Las formaciones de pilas de compostaje están compuestas en orden desde la base por: Cartón/papel, poda de hojas secas picadas, poda verde picada, lodo, cascarilla de arroz, residuos orgánicos municipales y lodo, estos serán humedecidos de manera moderada para llevar a cabo la actividad microbiana dependiendo de la carga biológica y humedad que tenga el lodo, usándose “la técnica del puño” consiste en coger un puñado de compost y apretarlo, si no escurre agua entre los dedos la humedad es adecuada. Para evitar pérdidas se recubre con una cubierta de malla Rachel. También se realizará volteos de pilas de compost entre 15 a 20 días de haberse iniciado el proceso con el fin de homogenizar la descomposición de los residuos. Cabe resaltar que en los procesos microbiológicos aeróbicos consumen bastante oxígeno para la obtención de energía y nutrientes, es por ello la importancia de volteos periódicamente así evitar malos olores o lixiviados.

Se tendrá un control de Temperatura, humedad y ph para la regulación de condiciones aptas para el compost.

Almacenamiento del compost Pasando 60 a 90 días se obtiene un compost maduro el cual es tamizado para separar material grueso que no ha llegado a término de descomposición.

Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En los resultados registrados en las tablas 1, 2 y 3, se realizó una comparación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los lodos estudiados y recopilados de cada una de las investigaciones; las medidas que se establecieron están relacionadas al proceso y tratamiento tecnológico del cual son recolectados los lodos; los parámetros más significativos para el manejo de lodos son: pH, temperatura, humedad y poder calorífico; teniendo en su investigación Castro, C., Henríquez, O., Freres, R. (2007) los datos más atípicos y altos en pH y Humedad con relación a los demás estudios, esto recalando que el lodo que estudiaron proviene del proceso de estabilización. En el caso de las Plantas de tratamiento de aguas residuales Covicorti y Cortijo según Sedalib (2009), en su manual de mantenimiento describe los procesos que se llevan a cabo y de donde se obtienen los lodos, siendo el proceso de lagunas el que logra la mayor cantidad de lodos para su posterior almacenamiento; los señores Espejo y León (2017) obtuvieron sus datos del proceso de lodos activos de las PTAR Covicorti y Cortijo de Trujillo, en su análisis con referencia a los metales pesados y al compararlos con otras investigaciones, estos datos distan unos de otros debido a que depende mucho del estado de lodo estudiado, ya sea en base seca o base húmeda.

En las tablas 4, 5 y 6 se puede observar la comparación de las normas establecidas en cada país descritas en las investigaciones estudiadas. Los criterios legislativos en base a las condiciones mínimas que deben tener los lodos para la valorización y utilización de los lodos provenientes de las PTAR son: En el PERÚ, el Informe Técnico - Legal N.º 001-2017-VIVIENDA/VMCS-DGAA, N.º 002-2017 VIVIENDA/VMCSDGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento) y el Informe N.º 502-2017-VIVIENDA/OGAJ (Oficina General de Asesoría Jurídica del estado Peruano); en el país de MÉXICO, la norma mexicana (NOM-004SEMARNAT-

2002); en el país de CHILE, el decreto 4 de la Ley Chilena (Reglamento para el manejo de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas servidas); por último el país de COLOMBIA, con el DECRETÓ N°1287 de las facultades Constitucionales y Legales, en especial las conferidas en el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, el numeral 14.23 del artículo 14 y la Ley 142 de 994 del estado de Colombia.

En la tabla 7 se realizó la comparación de las tecnologías realizadas en cada investigación, las más abordadas fueron: el Compost, Lombricomposta, abono orgánico y fertilizante. Así mismo, dentro de las PTAR en el proceso de estabilización de lodos que se encuentra dentro del tratamiento secundario detallado en Anexo N° 5, se obtiene el biomaterial (lodo), que funciona perfectamente como mejorador de los suelos ornamentales y forestación, así lo indican los investigadores Amador, A., Veliz, E. y Bataller, M. (2015). Del mismo modo, Espejo y León (2017), Torres et al. (2005), Vásquez y Vargas (2018) y Onofre (2018), en sus investigaciones concuerdan con mayor exactitud la realización de la tecnología de “Compostaje” para el mejor aprovechamiento de los lodos. Por otra parte, Peña, J., Ortega, M., Vera, A., Sánchez, E. y Ortiz, L. (2015) nos mencionan, que se debe tomar en cuenta los materiales extras utilizados para realizar el compostaje. Ruiz, A. y Quevedo, L. (2017) nos indican también tener presente el cumplimiento en la evaluación y la asimilación que este tenga con el suelo donde se aplique (Anexo N°5). López y Mendoza (2018) mencionan en su investigación de los lodos como mejorador de suelos, la proporción suelo /lodos de las PTAR para un suelo árido es 60/40; indicando una mejora en la calidad del suelo de terrenos áridos que son carentes de materia orgánica entre ellos las áreas nuevas incluidas en el área de influencia de la III etapa del proyecto especial CHAVIMOCHIC, dando como resultados que la textura ha mejorado, pasando de ser un suelo árido a un suelo arenoso franco, el porcentaje de humedad retenida mejora pasando del 0.00% en los suelos áridos a un porcentaje de retención de humedad de 2.53%, la

densidad aparente mejora desde 1.45 g/cc hasta 0.93 g/cc y la porosidad desde 0.51, 0.57 y 0.65. Por otro lado, los lodos tratados como fuente de nutrientes que incorporan al suelo N, K, P, también se impulsan la actividad microbiana y textura en el mismo suelo como lo respalda Onofre, (2018).

En la tabla 8 se plasmó la descripción de nuestra propuesta para la valorización de lodos de las PTAR de Trujillo con el respaldo de las investigaciones de Espejo y León (2017), Torres et al. (2005), Vásquez y Vargas (2018) y Onofre (2018) son aquellos con más influencia en esta tesis, asimismo para lograr la viabilidad de esta propuesta se tuvo en cuenta lo siguiente: las opciones tecnológicas de acuerdo a la población del área de estudio, capacidad de las PTAR, cantidad de lodos a tratar y edad o proyección del proyecto; que son criterios influyentes en la valorización de los lodos residuales (ANEXO N°6). Con respecto a los costos de inversión en la línea de lodos y al darles un adecuado manejo, los investigadores Llanos, E. (2017) y Onofre (2018), nos menciona que es entre un 50% y 60% el porcentaje del costo de inversión destinado a la línea de lodos residuales en un proyecto de PTAR. Por otro lado, basándonos en la realidad actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales Cortijo y Covicorti, resulta más cómodo la obtención del lodo en materia seca para su posterior valorización, en un secado manual y al aire libre, separándolo del suelo con una geomembrana para evitar filtraciones no deseadas, además la integración de otras materias residuales municipales como los desechos de frutas y verduras, la poda de jardines, papel o cartón, todo ello favorecen económicamente a la investigación y opción de uso más viable. Además, los residuos orgánicos municipales forman parte de los proyectos en las municipalidades de Trujillo en los incentivos a la mejora de la gestión municipal- meta 3 (Ministerio de economía y finanzas, 2021), y con la colaboración de las Plantas de tratamiento de aguas residuales se lograría el desarrollo y valorización del recurso “lodos”, así mismo facilitarían su inversión y posterior

comercialización para el crecimiento económico de la población. El compostaje a base de lodo seco y estabilizado en composta con residuos sólidos orgánicos municipales, abono, madera follaje (residuo de áreas verdes), papel y cartón es la propuesta más viable para valorizar y dar uso a los lodos provenientes de las PTAR Covicorti y Cortijo. El compostaje es un proceso biológico aeróbico, mediante el cual los organismos actúan sobre la materia y son rápidamente biodegradables.

Según SEDALIB SA (2009), en su manual de operación y mantenimiento de aguas residuales de ambas plantas de tratamiento están compuestas por las siguientes estructuras: Cámara de rejas manual, estructura de medición, estación elevadora de aguas residuales crudas, dos lagunas aereadas-facultativas y tres lagunas facultativas; por lo cual no existe en la actualidad un tratamiento de lodos enfocados en su reúso, por el momento las proyecciones por SEDALIB SA es la incineración o verter al mar, los cuales traen consecuencias graves para el medio ambiente. El material resultante de la limpieza de las rejas y del desnatado de las lagunas se almacenará en contenedores situados en las proximidades de la cámara de rejas desde donde se dispondrá periódicamente al relleno sanitario, los cuales hasta la fecha no se realizan. En el sistema de tratamiento de las aguas residuales de Trujillo, se llega a obtener la mayor cantidad de “lodos” en las lagunas de estabilización del tipo facultativo, en las capas más profundas, mientras que existen flóculos flotando en las capas superficiales de agua, estas se registran para su posterior evacuación y almacenamiento de los mismos. Se debe realizar a una selectividad de los lodos obtenidos de las lagunas facultativas del último proceso de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales Covicorti y Cortijo manejan el 80% del caudal total de la población Trujillana, con un diseño la PTAR de Covicorti; el caudal promedio para las lagunas aereadas es 76,100 m³ /d y lagunas facultativas 67,600m³/d y la PTAR El cortijo; el caudal promedio para las lagunas aereadas

22, 700 m³/d y lagunas facultativas 20,100 m³/d. Al efecto, el arranque debe efectuarse con un caudal menor al de diseño para favorecer la formación de la biomasa activa en suficiente concentración. (SEDALI SA, 2009).

En la presente investigación se concluye que, la mayoría de los datos conseguidos en cada investigación están relacionados, teniendo en cuenta las diversas condiciones que influyen en el estudio de los lodos residuales (El tratamiento del lodo, el volumen, el proceso del que provienen, el estado en seco o húmedo, técnicas de muestreo, análisis de los datos, etc.).

Respecto al aprovechamiento de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales bajo las condiciones normativas, son más representativos aquellos que apuestan por el uso de estos lodos como fertilizantes; siendo clasificados por la Normativa Peruana DECRETO SUPREMO N.º 015-2017- del Ministerio de Vivienda con “Clase C” para su disponibilidad como mejorador de suelos.

La apuesta por la tecnología de compostaje es la más viable para mejorar suelos áridos y con pocos nutrientes, siguiendo una metodología adecuada se podrá obtener un compost de buena calidad.

Existen métodos para el manejo y disposición final de lodos, nuestra propuesta del compostado es una de las opciones con más registro de efectividad; es una vía importante para la evacuación de lodos, teniendo en cuenta que se debe realizar un estudio profundo del destino a las tierras a mejorar, ya que no se puede hacer de uso doméstico o venta al público en general, así mismo, se puede esparcir los lodos en terrenos agrícolas, pueden reciclar nutrientes y ser útiles desde el punto agronómico.

En esta tesis se obtuvo la suficiente información sobre la valorización y opciones de uso de los lodos de diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales, pero a la vez se considera ciertas limitaciones, tales como el no poder acceder a revistas indexadas que

cobren por las inscripciones, así mismo debido a la coyuntura actual de la pandemia del COVID-19 que nos prohíbe de alguna manera acceder a datos más reales, fehacientes y corroborar de una manera aplicativa; por lo mencionado se consideró como un pequeño obstáculo en el desarrollo de esta tesis. Por otro lado, desde el punto académico, nuestra investigación permitió analizar los posibles usos que se pueden dar a los lodos provenientes de las PTAR de Trujillo, según una serie de parámetros extraídos de los estudios y validados empíricamente; también realizar una integración de información, que hasta el momento muy poco se ha logrado abordar en temas sobre la problemática ambiental ocasionada por la mala disposición final de los lodos; además, contribuir al llenado de vacíos informativos respecto al logro de un compost, esto a partir de los lodos residuales y con inclusión de enmiendas como parte del proceso. Finalmente, desde el punto de vista práctico, las conclusiones de esta investigación permiten la toma de decisiones para la puesta en marcha de esta propuesta, el transformar lodos en compost para mejorar la fertilidad de suelos y posiblemente lograr un impacto positivo ambiental.

REFERENCIAS

- Acodal. (2017). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo PTAR-c Santiago de Cali*. Recuperado de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_08-59-24140095.pdf
- Agudelo, L.M., Macias, K.I. y Suarez, A.J. (2005). Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 57-60. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520110>
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Redalyc.org*. 11 (1-2), 333-338.
- Amador, A., Veliz, E., y Bataller, M. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *CENIC*, 46, 1-10
- Argibay, J. C. Muestra en Investigación Cuantitativa. *Redalyc*, 13 (1), 13-29.
- Bellarte, J., y Coronado, M. (2006). *Obtención de combustible líquido a partir de lodos residuales de las lagunas de oxidación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de Covicorti- Trujillo*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Bermudez, H., Lamas, M., Flores, A., y Avila, A. (2017). *Metodología de la investigación*. Recuperado de <https://docplayer.es/78709287-Metodologia-de-la-investigacion.html>
- Biblioteca del Congreso Nacional. Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas. 30 de enero del 2009. Santiago, Chile.
- Cairampoma, R. (2015). Tipos de Investigación científica : Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *REDVET*, 16(1), pp. 1-14
- Cardona, D., y Orozco, N. (2018). Valorización de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. (2). <https://doi.org/10.20961/ge.v4i1.19180>

- Carrillo, A. L. (2015). *Población y muestra* [Diapositiva]. México: Universidad Autónoma del estado de México. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>
- Chávez, Á., & Rodríguez, A. (2011). Análisis químico y biológico de biosólidos sometidos a sistema de lombricultura como potencial abono orgánico. 53–59.
- Colín, A., Ayestarán, L., Gutiérrez, E., & Torres, J. (2015). Nuevas aplicaciones de lodos residuales. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/265287718_NUEVAS_APLICACIONES_DE_LODOS_RESIDUALES
- Consortio Provincial Residuos Sólidos Urbanos Málaga (2021). Residuos Orgánicos. Recuperado de <https://www.consorciosumalaga.com/5936/residuos-organicos>
- Damian, M., Gonzales, F., & Quiñones, P. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*, 25(1), 141–158. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- Decreto Legislativo N° 1278. Decreto Legislativo que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. 23 de diciembre del 2016. Perú.
- Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA [D.S]. (2017). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (22 de junio del 2017). Diario Oficial El Peruano.
- Espejo, M., & Leon, L. (2017). *Análisis comparativo del sistema de tratamiento de aguas residuales de Covicorti y Cortijo ante parámetros de la planta de tratamiento de Nuevo Laredo, Tamaulipas-México* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO. Trujillo, Perú.
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f). *Lodos activados: Definición, clasificación y tipos* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/lodos-definicion-clasificacion-tipos/>
- Francisco, J., Ramos, P., & Aguirre, G. (2011). Aprovechamiento agrícola del lodo generado en la PTAR de Puente Piedra - Lima. *SciELO*. 77(1), 75–85.

- García, A. (1995). *Metodología de Validación del Análisis documental y de los lenguajes documentales en el discurso periodístico*. (Tesis de posgrado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Gilsanz, J., Leoni, C., Schelotto, F., & Acuña, A. (2013). Uso potencial de los lodos urbanos en la producción agrícola. *Scielo*. 17(2), 1–10. <https://doi.org/10.2477/vol17iss2pp1-10>
- Gonzales, E. (Setiembre 2013). *Uso agrícola de lodos residuales de plantas de tratamiento de aguas. III Simposio internacional de residuos en el Perú*. Simposio llevado a cabo en Lima, Perú.
- Grupo GHA (2021). *¿Qué es una geomembrana?* Recuperado de <https://grupogha.com/2020/12/09/que-es-una-geomembrana/>
- Henríquez, O. (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* (Tesis de posgrado). Universidad de Chile. Chile.
- Innova ambiental (s.f) *La valorización de residuos: un desafío que requiere del compromiso de todos*. Recuperado de <https://www.innova.com.pe/la-valorizacion-de-residuos/>
- Laca, A., Laca, A. y Díaz, J. M. (2019) Producción y características de lodos. En Díaz Fernández, J. M. (coord.) *Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas* (pp. 251-262), Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Lenntech. (s.f). *Tratamiento biológico de aguas residuales produce distinto tipo de lodos dentro de cada uno de los procesos individuales*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.lenntech.es/tipo-de-lodos.htm#ixzz78vD2UWIT>
- Llano, B., Cardona, J., Ocampo, D., & Ríos, L. (2014). Tratamiento Físicoquímico de las Aguas Residuales Generadas en el Proceso de Beneficio de Arcillas y Alternativas de Uso de los Lodos Generados en el Proceso. *Scielo*. 25(3), 73–82.
- Llanos, E. (2017). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo PTAR-C Santiago de Cali*. Recuperado de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_08-59-24140095.pdf

- Ley N° 27314. Ley General de Residuos Sólidos. 20 Julio del 2000. Perú.
- Lopez, A. y Mendoza, C. (2018). *Efecto de las diferentes concentraciones de lodos secos del PTAR – COVICORTI para el mejoramiento de suelos áridos*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Trujillo.
- Martínez, J. L. (2019). El proceso de elaboración y validación de un instrumento de medición documental. *Acción y Reflexión Educativa*. 44, 1-10. Recuperado de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/226/226955004/index.html>
- Medina, J. (2003). *Lodos residuales como alternativa para la recuperación de suelos*. [Monografía]. Recuperado de <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/unarrow/0092.pdf>
- Mianambiente (2015). *Minambiente presenta nueva Norma de Vertimientos que permitirá mejorar la calidad agua del país*. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. 13 de diciembre del 2004. D.O. N° 45.774.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). Guía para el cumplimiento de la Meta 3 del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal correspondiente al año 2021. (p. 14 a 16). Perú: Ministerio del Ambiente.
- NOM-004-SEMARNAT-2002. Norma oficial mexicana, Protección Ambiental. - lodos y biosólidos. -especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. 15 de agosto de 2003. México.
- Onofre, E. (2018). *Propuesta técnica de Gestión Ambiental Sostenible para el Aprovechamiento de lodos que provienen de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas en campamentos mineros del Perú* (Tesis de posgrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Ortiz, L., Gutiérrez, M., & Sánchez, E. (1995). Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca, estado de Morelos, México. *Revista Nacional de Contaminación*

- Ambiental*. Recuperado de
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/30992>
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.* 35 (1), 227-232.
- Peña, J., Ortega, M., Vera, A., Sánchez, E., & Ortiz, L. (2015). *Estabilización de lodos residuales municipales por medio de la técnica de lombricompostaje*. Recuperado de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-01-27_09-51-01139738.pdf
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española* (23^a ed.). Madrid: Espasa Calpe.
- Reglamento de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (31 de octubre del 2014). México. Recuperado de https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1162/1/reglamento_de_la_ley_general_para_la_prevenicion_y_gestion_integral_de_los_residuos.pdf
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 128-2017-VIVIENDA [R.M]. (2017). Aprueban Condiciones Mínimas de Manejos de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final (5 de abril del 2017). Diario Oficial del Bicentenario El Peruano.
- Rincón, Lady. (2019). Aprovechamiento de los lodos de planta de tratamiento de aguas residuales en empresa láctea, municipio de Cogua. *Duke Law Journal*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rubio, M. (s.f). *El análisis documental: Indización y Resumen en bases de datos especializadas*. Recuperado de http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis_documental_indizaci%C3%B3n_y_resumen.pdf
- Ruiz, A., & Quevedo, L. (2017). *Análisis de los lodos provenientes del proceso de tratamiento de aguas residuales del municipio de Guatavita*.
- Sedalib. (2009). *Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Covicorti*. Trujillo. Recuperado de <https://dokumen.tips/documents/manual-de-operacion-mantenimiento-de-la-planta-covicorti.html>

- Serpa, M. (2017). *Remoción de metales pesados Cd y Hg en lodos residuales de la laguna de estabilización secundaria el espinar – Puno, utilizando Vermicomposteo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Sousa, V. D., Driessnack, M. y Costa, I. A. (2007). Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería. parte 1: diseños de investigación cuantitativa. *Rev Latino-am Enfermagem*, 15(3), 1-6.
- Spenagroup (2016). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales- PTAR*. Recuperado de <https://spenagroup.com/planta-tratamiento-aguas-residuales-ptar/>
- SUNASS (2015) *Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ambito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. (2a ed.). Perú.
- Tam, J., Vera, G. y Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación. *Pensamiento y Acción* (5),145- 154.
- Terán, A. (2019). *Valorización agronómica de lodos depurados procedentes de un matadero de porcino*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Catalunya Barcelonatech, Barcelona.
- Torres, P., Cardoso, A., & Rojas, O. (2011). Mejoramiento de la Calidad de Lodos Anaerobios. Influencia de la Adición de Cloruro Férrico. *Ingeniería y Competitividad*, 5(2), 23. <https://doi.org/10.25100/iyc.v5i2.2293>
- Torres, P., Carlos, J., Pérez, A., Imery, R., Nates, P., Sánchez, G., ... Bermudez, A. (2005). Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR The influence of amendment material on biosolid composting. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 25(2), 56-61.
- Torres, P., Hernández, D., & Paredes, D. (2012). Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 27(3), 145–154.
- Universidad Autonoma de Nayarit. (2015). *Variables independientes y dependientes. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/martinrangel946/criterios-de-exclusion-eliminacion-e-inclusion>

Vásquez, J. y Vargas, G. *Aprovechamiento de los lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia. Colombia.

Zurita, F., Castellanos, O.A. y Rodríguez A., (2011). El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 139-150, Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700011

ANEXOS

ANEXO N°1. Matriz de consistencia

TÍTULO: Análisis de la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Trujillo- Perú, 2020

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
		GENERAL:	VARIABLE 1:	Tipo	de POBLACIÓN
¿Cuál es el análisis de la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	Implícita	Analizar la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de aguas Residuales en la ciudad de Trujillo- Perú, 2020. Teniendo como	• Valorización y opciones de uso de los lodos.	investigación: Descriptiva Diseño: experimental Técnica: Revisión documental,	Trabajos de investigación sobre valorización y opciones de uso de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales

<p>en la ciudad de Trujillo- Perú, 2020?</p>	<p>base resultados de trabajos científicos.</p>	<p>observación no experimental.</p>
		<p>Instrumento: Ficha de resumen, matriz de categorías, base de datos.</p>
		<p>Método de análisis de datos: Método</p>
	<p>ESPECÍFICOS: VARIABLE 2:</p>	<p>MUESTRA</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Determinar las características físico-química y biológica que permitan evaluar la composición de los lodos para su adecuado 	<p>Estadístico descriptivo. Trabajos de investigación sobre valorización y opciones de uso de los lodos generados en las plantas de tratamiento de</p>

manejo según la
procedencia de los
lodos. Teniendo como
base resultados de
trabajos científicos.

- Comparar los procesos
de generación de lodos
de las Plantas de
tratamiento de aguas
residuales que
cumplan con los
estándares
establecidos por la
normativa vigente de
tratamiento de lodos.

aguas residuales de la
ciudad de Trujillo.

TAMAÑO MUESTRAL

Son 22 trabajos
seleccionados para la
investigación sobre
valorización y opciones de
uso de los lodos generados
en las plantas de
tratamiento de aguas
residuales entre los años
2000 a 2019.

- Calcular costos y beneficios de la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de aguas residuales de Trujillo.

Elaboración propia

ANEXO N°2. Matriz de operacionalización de variables.

TÍTULO: Análisis de la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Trujillo- Perú, 2020

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable dependiente: Valorización y opciones de uso de los lodos	Los lodos de las depuradoras de aguas residuales pueden ser utilizadas como fertilizante. Sin embargo, la presencia de metales pesados puede limitar esta aplicación, lo cual es más probable en caso de lodos de aguas residuales industriales. Por lo tanto, una segunda opción es la	Las empresas generadoras de lodos deben tener en cuenta el reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales registrado en la norma peruana	*Medida de acidez o alcalinidad *Capacidad de la materia para permitir el flujo de la corriente eléctrica a través de sus partículas.	Físico-Químicas: Ph Conductividad eléctrica	Intervalo Intervalo

recuperación energética de los del DECRETO
lodos. (Colomer, F. 2010). SUPREMO N° 015-
2017-VIVIENDA

*Magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general	Temperatura	Intervalo
*El agua de que impregna un cuerpo o, también, el agua, en forma de vapor, está presente en el aire ambiental	Humedad	Intervalo

*Cantidad de carga material	% de materia	Intervalo
*Compuesto por el nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico	Nitrógeno total	Intervalo
*Parte de las proteínas de las células	Nitrógeno orgánico	Intervalo
*Todo el fósforo presente en una muestra	Fosforo total	Intervalo
*Fracción orgánica del fósforo como	Fosforo disponible	Intervalo

fuelle para las plantas		
*Nutriente para el crecimiento de las plantas	Potasio	Intervalo
*Conductores de la electricidad y del calor, poseer altas densidades y ser generalmente sólidos a temperatura ambiente	Metales (Cr, Fe, As, Cu, Zn).	Intervalo
*Bacterias infecciosa por contaminación fecal	Microbiológicos y parapsicológicos: Salmonella spp	Intervalo

*Magnitud de la población total bacteriana	Cuenta viable de microorganismos	Intervalo
*Indicadores de contaminación del agua y los alimentos	Coliformes totales y fecales	Intervalo
*Carga de materia bacteriana por huevos	Prueba de huevos de helmintos.	Intervalo

Variable independiente:	Las Plantas de Tratamiento son un conjunto de operaciones y procesos unitarios de origen	Las aguas residuales de Trujillo Metropolitano reciben	MINAM	LMP norma vigente para lodos residuales	Nominal/ Intervalo
--------------------------------	--	--	-------	---	--------------------

Plantas	de físico-químico o biológico, o tratamiento a través de	Ministerio	de	Norma peruana del	Nominal/ Intervalo
Tratamiento	de combinación de ellos que están	7 plantas: El cortijo,	Vivienda	DECRETO	
Aguas Residuales.	envueltos por fenómenos de transporte y manejo de fluidos. (Farias de Marquez, B. 2016).	Covicorti, Salaverry, Huanchaco, El		SUPREMO N.º 015-2017-	
		Milagro, Tablazo de Huanchaco y Valdivia.			

Elaboración propia

ANEXO N°3. Matriz de instrumento.

TÍTULO: Análisis de la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Trujillo- Perú, 2020

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	OPCION DE RESPUESTA				
				Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
Variable dependiente:	Medida de acidez o Ph						x	
	alcalinidad							
	Capacidad de la materia para permitir el flujo de la	Conductividad eléctrica					x	

<p>Valorización y corriente eléctrica a opciones de uso de través de sus partículas.</p>	<p>Cumple con los requisitos registrados</p>	<p>x</p>
<p>los lodos</p> <p>Magnitud física que Temperatura indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general</p>	<p>en la norma peruana del DECRETO SUPREMO N° 015- 2017-VIVIENDA de Lodos</p>	<p>x</p>
<p>El agua de que impregna Humedad un cuerpo o, también, el agua, en forma de vapor, está presente en el aire ambiental</p>	<p>Cumple con los requisitos registrados</p>	<p>x</p>
<p>% de materia</p>	<p>en la norma peruana</p>	<p>x</p>

Cantidad de carga	del	DECRETO	
material		SUPREMO N° 015-	
		2017-VIVIENDA de	x
Compuesto por el Nitrógeno total		Lodos	
nitrógeno amoniacal más			
el nitrógeno orgánico			x
Parte de las proteínas de	Nitrógeno orgánico		
las células		Cumple con los	
		requisitos registrados	x
Todo el fósforo presente	Fosforo total	en la norma peruana	
en una muestra		del	DECRETO

Fracción orgánica del Fosforo disponible fósforo como fuente para las plantas	SUPREMO N.º 015- 2017-VIVIENDA de Lodos	x
Nutriente para el Potasio crecimiento de las plantas	Cumple con los	x
Conductores de la Metales (Cr, Fe, As, Cu, electricidad y del calor, Zn). poseer altas densidades y ser generalmente sólidos a temperatura ambiente	requisitos registrados en la norma peruana del DECRETO SUPREMO N.º 015- 2017-VIVIENDA de Lodos	x
		x

Bacterias infecciosa por contaminación fecal	Microbiológicos y parapsicológicos: Salmonella spp		
Magnitud de la población total bacteriana	Cuenta viable de microorganismos	Cumple con los requisitos registrados	X
Indicadores de contaminación del agua y los alimentos	de Coliformes totales y fecales	en la norma peruana del DECRETO SUPREMO N.º 015-2017-VIVIENDA de Lodos Cumple con los requisitos registrados en la norma peruana del DECRETO SUPREMO N.º 015-	X

2017-VIVIENDA de
Lodos

Cumple con los
requisitos registrados
en la norma peruana
del DECRETO
SUPREMO N.º 015-
2017-VIVIENDA de
Lodos

Cumple con los
requisitos registrados
en la norma peruana
del DECRETO

SUPREMO N.º 015-

2017-VIVIENDA de

Lodos

Carga de materia Prueba de huevos de bacteriana por huevos helmintos. x

Costos y presupuestos Estudio de mercado Es viable las opciones de uso de los lodos.

Variable

independiente MINAM LMP norma vigente para Cumple con los x
Plantas de lodos residuales requisitos establecidos
tratamiento de aguas por LMP de la norma
residuales x

Norma peruana del vigente para lodos

Decreto Supremo Residuales

Nº 015-2017-Ministerio

de Vivienda

ANEXO N°4. Artículos incluidos en la investigación según criterios de selección.

N° de Estudio	Autor(es) y año de publicación	País de procedencia del estudio	Link	Título de investigación	Diseño Metodológico	Motivo de inclusión	Motivo de Exclusión	Palabras claves	Objetivo	% de aporte a la investigación
Estudio 1	(Espejo y León, 2017).	Perú	Google Académico	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE	Investigación de Campo	Responde a la pregunta de investigación	-	-	Realizar un análisis comparativo del sistema de plantas de tratamiento de aguas residuales de Nuevo Laredo-	67%

			COVICORTI Y				México para	
			CORTIJO ANTE				mejorar el	
			PARAMETROS				tratamiento de	
			DE LA PLANTA				aguas residuales de	
			DE				Covicorti y el	
			TRATAMIENTO				Cortijo de la	
			DE NUEVO				localidad de	
			LAREDO,				Trujillo, Distrito de	
			TAMAULIPAS-				Trujillo – Trujillo –	
			MEXICO				La Libertad.	
Estudio 2 (Henríquez, 2011)	Chile	Google Académico	ANÁLISIS Y CRITERIOS MÍNIMOS PARA LA APLICACIÓN	Investigación documental	Responde a la pregunta de	PTAS, lodos tratados,	Analizar la normativa aprobada en Chile y la existente en el	60%

(Francisco				APROVECHAMIE	Investigació	Responde	-	Lodos de	Determinar	su	
Estudio 3	et al.,	Perú	Scielo	NTO AGRÍCOLA	n	a la		PTAR,	aprovechamiento	57%	
	2011)			DEL LODO	experimenta	pregunta		metales	agrícola del lodo		
				GENERADO EN	l	de		pesados	procedente de la		
				LA PTAR DE		investigaci		en lodos,	Planta de		
				PUENTE		ón		aprovech	Tratamiento de		
				PIEDRA- LIMA				amiento	Aguas Residuales		
								agrícola,	PTAR.		
								diseño			
								experime			
								ntal,			
								variable			
								agronóm			
								ica,			
								Norma			

Técnica

40CFRP

art 503

Estudio 4	Llanos, E. (2017)	Colombia	Google Académico	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAÑAVERALEJO PTAR-C SANTIAGO DE CALI	Investigación documental	Responde a la pregunta de investigación	-	-	El proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo PTAR-C. se describe con algún grado de detalle, enmarcado en los beneficios esperables de	52%
-----------	----------------------	----------	---------------------	---	--------------------------	---	---	---	---	-----

contar con un
proyecto de esta
magnitud a nivel
local, regional y
nacional.

Estudio 5	(Ruiz y Quevedo, 2017)	Colombia	Universidad Católica de Colombia	ANÁLISIS DE LOS LODOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Investigación de campo	Responde a la pregunta de investigación	-	Afluente, Efluente, Biosólidos, Eficiencia de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Guatavita	Proponer una alternativa de uso de los lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales en el municipio de Guatavita	59%
-----------	------------------------	----------	----------------------------------	---	------------------------	---	---	--	---	-----

DEL MUNICIPIO
DE GUATAVITA

biológico

,

Compost

aje

aguas

residual

s-

purificac

ión-

proceso

de lodo

activado,

Plantas

para

tratamien

to de
aguas
residuale
s.

Estudio 6 (Peña et al., 2015)	México	Researc hGate	ESTABILIZACIÓ N DE LODOS RESIDUALES MUNICIPALES POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE LOMBRICOMPO STAJE	Investigació n experimenta l	Responde a la pregunta de investigaci ón	-	Estabiliz ación; lodos residuale s; lombrico mpostaje	Evaluar eficiencia lombricompostaje para la estabilización del lodo residual crudo de acuerdo a la NOM- 004- SEMARNAT-2002	la del 58%
-------------------------------	--------	------------------	---	---------------------------------------	---	---	---	--	---------------

Estudio 7 (Cardona y Orozco, 2018)	Colombia	Google Académico	VALORIZACIÓN DE LOS LODOS PROVENIENTES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Investigación documental	Responde a la pregunta de investigación	-	Lodos, valorización, Planta de Tratamiento de Agua Residual.	Comparar diferentes tecnologías desde la base de datos, para el tratamiento, valorización y disposición final de lodos provenientes de una PTAR y analizar su aplicabilidad en el contexto de la PTAR de la ciudad de Manizales.	52%
------------------------------------	----------	------------------	--	--------------------------	---	---	--	--	-----

Estudio 8 (Amador et al., 2015)	Cuba	Redaly c.org	TRATAMIENTO DE LODOS, GENERALIDADE S Y APLICACIONES	Investigación documental	Responde a la pregunta de investigación	-	Lodos, caracterización, reuso, tecnología a de tratamien to, ozonizac ión	Valoración sobre las normativas existentes para el manejo de los mismos o su aplicación en los suelos y los procesos tecnológicos de tratamiento que se aplican para disminuir su impacto ambiental.	55%
---------------------------------	------	--------------	---	--------------------------	---	---	---	--	-----

(Torres et				INFLUENCIA	Investigació	Responde	-	Compost	Evaluar el proceso	
Estudio 9	al., 2005)	Colombia	Redaly	DEL MATERIAL	n de campo	a la		aje,	de compostaje	65%
			c.org	DE ENMIENDA		pregunta		biosólido	aerobio con volteo	
				EN EL		de		s,	manual, de los	
				COMPOSTAJE		investigaci		material	lodos generados en	
				DE LODOS DE		ón		de	la Planta de	
				PLANTAS DE				enmiend	Tratamiento de	
				TRATAMIENTO				a,	Aguas Residuales	
				DE AGUAS				cachaza,	de Cañaveralejo	
				RESIDUALES –				residuos		
				PTAR				orgánico		
								s de		
								plazas de		
								mercado,		
								Planta de		

Tratamiento de
Aguas
Residuales,
PTAR.

Estudio 10	Castro, C., Henríquez, O., Freres, R. (2007).	Chile	Redaly c.org	POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE LODOS O BIOSÓLIDOS A LOS SUELOS	Investigación experimental	Responde a la pregunta de	-	Biosólidos; suelos, BARU's (Unidad	Analizar aquellos suelos que pueden ser receptores de estos lodos sin convertirse en	60%
------------	--	-------	-----------------	--	-------------------------------	------------------------------------	---	---	--	-----

DEL SECTOR investigaci s agentes de
NORTE DE LA ón Homogé contaminación, y
REGIÓN neas de que a su vez tengan
METROPOLITAN Respuest un uso y
A DE SANTIAGO a a la habitabilidad
Aplicaci compatibles
ón de
Biosólid
os)

Estudio 11	(Vasquez y Vargas, 2018)	Colombia	Google Acadé mico	APROVECHAMIE NTO DE LOS LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE FUNZA, COMO INSUMO DE CULTIVO Y MEJORAMIENTO DEL SUELO.	Investigació n experimenta l	Responde a la pregunta de investigaci ón	-	Aguas residuale s doméstic as, Alcantari llado de aguas combina das o combina do, Biosólid	Plantear alternativa para el manejo y aprovechamiento de los lodos generados en la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Funza	una 65%
---------------	--------------------------------	----------	-------------------------	--	---------------------------------------	---	---	--	---	------------

o,
Caudal,
Deshidra
tación de
lodos,
Disposici
ón final
de lodos.

Estudio 12	(Rincón, 2019)	Colombia	Google Acadé mico	APROVECHAMIE NTO DE LOS LODOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	Investigació n experimenta l	Responde a la pregunta de investigaci ón	-	Tratamie nto de aguas, lodo residual, aprovech	Seleccionar alternativa viable ambiental y económicamente para el aprovechamiento	la más y el	59%
---------------	-------------------	----------	-------------------------	--	---------------------------------------	---	---	---	--	----------------------	-----

RESIDUALES EN
EMPRESA
LÁCTEA,
MUNICIPIO DE
COGUA

amiento de los lodos
y residuales
materiales generados en la
s de Planta de
construcción Tratamiento de
ción Aguas Residuales
Industriales PTAR-
I en empresa láctea
en el municipio de
Cogua,
Cundinamarca

Estudio 13	(Onofre, 2018)	Colombia	Google académ ico	PROPUESTA TÉCNICA GESTIÓN AMBIENTAL	DE	Investigación n descriptiva	Responde a la pregunta de	-	-	La revisión y análisis de las alternativas técnicas, y que	%64
---------------	-------------------	----------	-------------------------	--	----	-----------------------------------	------------------------------------	---	---	---	-----

SOSTENIBLE	investigaci	también, por otro
PARA EL	ón	lado, estudie la
APROVECHAMIE		implementación de
NTO DE LODOS		las normas legales y
QUE PROVIENEN		ambientales que
DE LAS		armonicen una
PLANTAS DE		convivencia sana
TRATAMIENTO		entre la minería, el
DE AGUAS		ambiente y los
RESIDUALES		grupos de interés de
DOMÉSTICAS EN		las empresas
CAMPAMENTOS		mineras.
MINEROS DEL		
PERÚ		

Nota: Fueron excluidos los artículos con una antigüedad menor al año 2000, fueron obviadas las investigaciones con fuentes no confiables respecto a su información de referencias incluidas, en idioma distinto al español o en otros idiomas que no cuenten con traducción al español, aquellas que no cuentan con enfoques y/o estrategias que permitan responder a la pregunta de investigación y objetivos.

ANEXO N° 5. Características principales influyentes en el aporte a la investigación.

TÍTULO	CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	DE LA COSTOS POR PROCESO DE TRATAMIENTO DE LODOS	PROCEDENCIA DEL LODO	TIPO DE AGUA A TRATAR	CATEGORIZACIÓN DE RUTA
Estudio 1:					
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COVICORTI ANTE CORTIJO DE PARAMETROS	Es así como se prevé mediante el análisis comparativo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Covicorti y el Cortijo con la Planta de Tratamiento de Nuevo Laredo, Tamaulipas- México; para llegar a una conclusión, comparando los parámetros de diseño, la tecnología, rendimiento y mantenimiento; con un propósito de aportar un estudio al mejoramiento de las Plantas de	El 19,6 % del costo de inversión	Proceso de lodos activados	Aguas municipales	Resumen

LA PLANTA DE Tratamiento de la ciudad de Trujillo. Como
TRATAMIENTO DE primer análisis se comparó los parámetros
NUEVO LAREDO, de diseño de los países de Perú y México
TAMAULIPAS que utilizan para las plantas de tratamiento
MEXICO. Espejo, M., de aguas residuales. analizamos y
& Leon, L. (2017) comparamos la tecnología, rendimiento y el
plan de mantenimiento de las plantas de
tratamiento de aguas residuales de
Covicorti y el Cortijo con la planta de
tratamiento de Nuevo Laredo. Así nos
dimos cuenta cuál de las plantas son más
eficientes y que podemos hacer para
mejorar las plantas de tratamiento de la
ciudad de Trujillo.

<p>Estudio 2: ANÁLISIS CRITERIOS MÍNIMOS PARA LA APLICACIÓN DE LODOS TRATADOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN AGROSISTEMAS DE LA PROVINCIA DE MELIPILLA,</p>	<p>El “Reglamento para el manejo de lodos Y generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (D.S. N°4/2009)”, que entró en vigencia en abril del 2010, entrega los principales criterios para la protección de los agrosistemas ante una aplicación de lodos en los suelos de Chile. Sin embargo, se recomienda incorporar criterios técnicos y ambientales adicionales, Experiencias de terreno señalan que los nutrientes de los lodos pueden sustituir a los fertilizantes minerales como urea y superfosfato triple, en un 50% a partir de la segunda temporada de aplicación y en un 100% durante la</p>	<p>Aún no determinada.</p>	<p>Centrifugación</p>	<p>Subsistema urbano y periurbano</p>	<p>Conclusiones</p>
---	---	--	-----------------------	---	---------------------

REGIÓN METROPOLITANA CHILE. Henríquez, O. (2011). tercera temporada, para cultivos de maíz. La aplicación de lodos en suelos evita la emisión de metano, que se produciría al depositarlos en un relleno sanitario o monorelleno, minimizando así los GEI. Se recomienda desarrollar estudios adicionales de aplicación de lodos, analizando otros cultivos y otros parámetros (fitodisponibilidad, balance de masa, fauna silvestre, entre otros) a objeto de evaluar los impactos.

Estudio 3:	El objetivo de determinar su	No influye	Proceso de lodos	Agua	Resumen
APROVECHAMIENTOS AGRÍCOLA DEL	aprovechamiento agrícola. Se aplicó el		activados y con el	municipal	
	diseño estadístico completamente al azar				

LODO GENERADO EN LA PTAR DE PUENTE PIEDRA- LIMA. Francisco, J y col. (2011). DCA, y el método estadístico de la varianza – ANVA y el Test de Tukey (P 0,05) para el análisis de las variables agronómicas de ≤ emergencia de la plántula (s), altura (H), grosor del tallo (D) y materia seca (F) de la planta f indicadora de maíz (Zea mays L.). El ensayo N.º 1, contenía dosis de lodo seco 0, 2, 4, 6, 8 y 10%, mezclado con arena lavada, y el ensayo N.º 2 contenía dosis de lodo compostado de 0, 25, 50, 75 y 100 %. En ambos casos se usó un fertilizante inorgánico, control NPK 300-400-200 (en partes por millón, ppm). Los resultados estadísticos mostraron diferencias altamente significativas de las variables a

sistema Sequencing

Batch Reactor

mayores dosis de lodo seco o lodo compostado respectivamente. El porcentaje de emergencia de la plántula en los tratamientos mostró pérdida significativa en ambos ensayos, que fue atribuido a una ligeramente alta salinidad del lodo, que generalmente inhibe el crecimiento de las plantas, y la lenta mineralización del lodo que afecta la absorción de nutrientes.

Estudio 4:	Las Empresas Municipales de Cali	Costos elevados	Lodos de	Aguas	Introducción
PLANTA DE	EMCALI E.I.C.E. E.S.P. es la Empresa	aún sin estimación	tratamiento	municipales	
TRATAMIENTO DE	prestadora de los servicios públicos de	real. Siendo el 50%	primario y		
AGUAS	Acueducto y Alcantarillado en la ciudad de	aproximado del	deshidratadores.		
RESIDUALES DE	Cali. Desde la década del 80 se formuló el				

CAÑAVERALEJO plan de descontaminación por vertimientos costo de inversión

PTAR-C SANTIAGO líquidos, con base en los estudios de pre y del proyecto.

DE CALI. Llanos, E. factibilidad para el tratamiento de las aguas
(2017). residuales de Cali. Se definió entonces que
el servicio de alcantarillado sería
complementado con tres plantas de
tratamiento de aguas residuales así: la
planta de tratamiento de aguas residuales
PTAR- Cañaveralejo, que captaría los
colectores e interceptores principales del
sistema de alcantarillado con cobertura
aproximada de 85% de las aguas residuales
generadas en la ciudad, la planta de
tratamiento de aguas residuales PTAR -
Rio Cali que captaría el agua residual

generada en la zona nor-occidental de la ciudad, transportada por los colectores marginales al Río Cali, con cobertura aproximada de 15% y la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR – SUR que captaría el agua residual generada por futuros desarrollos urbanísticos (la tendencia de crecimiento de la ciudad ha sido hacia el sur).

<p>Estudio 5: ANÁLISIS DE LOS Lodos Provenientes del proceso de</p>	<p>La gestión de lodos propuestos, considera - una etapa de adquisición de materiales, mezclado, control, evaluación y aplicación, la efectividad del mismo depende de los materiales utilizados para realizar el</p>	<p>Proceso de estabilización</p>	<p>Aguas municipales</p>	<p>Conclusiones</p>
---	---	--------------------------------------	------------------------------	---------------------

TRATAMIENTO DE compostaje, el cumplimiento en la
AGUAS evaluación y la asimilación que este tenga
RESIDUALES DEL con el suelo donde se aplique. Es
MUNICIPIO DE recomendable almacenar el compostaje
GUATAVITA. Ruiz, resultado de la gestión de lodos hasta dos
A. y Quevedo, L. meses después de la maduración, ya que
(2017). después de este tiempo se pierden las
propiedades y características que pueda
aportar al suelo.

Estudio 6:	El porcentaje de materia orgánica y los	No especificada en	Proceso de	Aguas	Conclusiones
ESTABILIZACIÓN	resultados de los macronutrientes de los	el estudio.	estabilización	municipales	
DE LODOS	sustratos obtenidos de los diferentes				
RESIDUALES	tratamientos, demuestran su alto potencial				
MUNICIPALES POR	como fertilizantes. manifestaron un				

MEDIO DE LA importante incremento de UFC/g en los
TÉCNICA DE tratamientos donde se mezclaron los lodos
LOMBRICOMPOST residuales con composta y materia vegetal
AJE. Peña, J., Ortega, fresca, demostrando así la estimulación de
M., Vera, A., Sánchez, las lombrices inoculadas en la actividad
E., & Ortiz, L. (2015). microbiana.

Estudio 7:	Tecnologías y alternativas que puedan ser -	Tratamiento	Aguas	Resumen
VALORIZACIÓN DE	implementadas en la valorización de los	aerobio y	municipales	
LOS LODOS	lodos que se generan en una Planta de	anaerobio;		
PROVENIENTES DE	Tratamiento de Agua Residual Municipal.	estabilización		
LAS PLANTAS DE	Esta revisión pretende recolectar			
TRATAMIENTO DE	información que nos permita determinar y			
AGUAS	analizar cuáles son las mejores tecnologías			
RESIDUALES.	que puedan adaptarse para el tratamiento de			

Cardona, D. y Orozco, N. (2018). los lodos en la ciudad de Manizales, teniendo en cuenta criterios base como: ventajas, desventajas, costos, eficiencias, rendimientos, complejidad, normativa y aspectos técnicos.

Estudio 8: Las tecnologías de tratamiento para lodos más utilizadas son los tratamientos biológicos como la digestión anaerobia, la estabilización y el compostaje, además de procesos físicos como el espesamiento, deshidratación y secado térmico. La ozonización es una opción de tratamiento viable para los lodos, que reduce la materia orgánica y la contaminación

TRATAMIENTO DE LODOS, GENERALIDADES Y APLICACIONES. Amador, A., Veliz, E., & Bataller, M. (2015).

Tratamientos biológicos: digestión anaerobia y la estabilización.	Aguas residuales domésticas o de las aguas industriales	Resumen
---	---	---------

microbiológica, por lo que se logra una adecuada estabilización y desinfección. Además, se elimina alrededor de un 90 % de los volúmenes, en reducidos tiempos de tratamiento.

<p>Estudio 9: INFLUENCIA DEL MATERIAL DE ENMIENDA EN EL COMPOSTAJE DE LODOS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS</p>	<p>Al evaluar los diferentes procesos para la obtención de materia para el compostaje aerobio con volteo manual, los lodos generados son usados en pilas 1,0 ton, con una porción fija de soporte del 10% y enmiendas, siendo evaluadas y con mejores resultados el 54% sea lodos+ 10% residuo de poda + 36% cachaza.</p>	<p>S/. 736, 287.73 en la línea de lodos.</p>	<p>Proceso de espesamiento, estabilización y deshidratación, Tratamiento secundario</p>	<p>Aguas municipales</p>	<p>Resumen</p>
--	---	--	---	--------------------------	----------------

RESIDUALES –

PTAR. (Torres et al.,

2005)

Estudio 10:	La provincia de Chacabuco fue -	Tratamiento	Aguas Servidas	Discusión
POSIBILIDADES DE	seleccionada para este análisis ya que, de	secundario y	(Municipales)	
APLICACIÓN DE	acuerdo a sus características	terciario		
LODOS	O morfoedafológicas, presentaría las mejores			
BIOSÓLIDOS A LOS	condiciones para la recepción de lodos de			
SUELOS DEL	plantas de tratamiento de aguas servidas			
SECTOR NORTE DE	(PTAS), luego del análisis y consideración			
LA REGIÓN	de la normativa actualmente en trámite final			
METROPOLITANA	de aprobación, se obtuvo que existe una			

DE SANTIAGO. escasa superficie de suelos apta para recibir
Castro, C., Henríquez, biosólidos, debido a la gran cantidad de
O., & Freres, R. suelos de aptitud agrícola existentes que
(2007). deben ser excluidos para esta aplicación.

Los suelos que presentan mejor aptitud como receptores de biosólidos en la provincia, corresponden a aquellos de origen coluvial y aluviocoluvial (de escaso contenido de materia orgánica, texturas finas, pendientes inferiores al 15% y buen drenaje), áreas asociadas fundamentalmente al borde oriental de la cordillera de la Costa.

<p>Estudio 11: APROVECHAMIENTO DE LODOS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPIO DE FUNZA, COMO INSUMO DE CULTIVO Y MEJORAMIENTO DEL SUELO.</p>	<p>Gran parte de los lodos generados en una PTAR debido al desconocimiento de su posible aprovechamiento conlleva a que los lodos sean remitidos a empresas especializadas en el manejo de residuos contaminantes, o en ocasiones dispuestos en rellenos sanitarios por temas económicos, desaprovechando su potencial como mejoradores de suelos en los cultivos.</p>	<p>Costos de inversión de lodos 1, 440, 500 euros.</p>	<p>Tratamiento primario, secundario</p>	<p>Aguas residuales municipales</p>	<p>Introducción</p>
<p>Vásquez, J. y Vargas, G. (2018)</p>					

<p>Estudio 12: APROVECHAMIENTOS DE LOS LODOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EMPRESA LÁCTEA, MUNICIPIO DE COGUA. Rincón, L. (2019).</p>	<p>Se trata de buscar una alternativa económica y ambientalmente que sea viable para una empresa láctea, que genera 9.5 toneladas al mes de biosólido, causando un costo adicional a la organización para su disposición final. Así mismo para la selección de la alternativa se realizó por medio de la matriz de Pugh teniendo en cuenta tres variables de calificación para obtener como la mejor alternativa la elaboración de materiales de construcción.</p>	<p>La empresa estudiada genera costos adicionales en la disposición final de estos lodos, el cual está encargada por un gestor quien es el responsable de su manejo (uso acondicionador de</p>	<p>Tratamiento biológico (secundario)</p>	<p>Agua industrial</p>	<p>Resumen</p>
--	--	--	---	------------------------	----------------

suelo); sin
embargo, la
empresa debe pagar
a este gestor entre
900 mil y 1 millón
de pesos

Estudio 13:	Tratar la gestión ambiental, básicamente,	S/. 131,415.00	Laguna de	Aguas	Introducción
PROPUESTA	los impactos por el manejo inadecuado de	soles considerando	estabilización	municipales	
TÉCNICA	DE las aguas residuales domésticas que se	el terreno para el			
GESTIÓN	producen en la industria extractiva,	compostaje			
AMBIENTAL	específicamente, en el caso de la minería,				
SOSTENIBLE PARA	así como las implicancias generadas por la				
EL	descomposición de lodos de las aguas				
APROVECHAMIENTOS	residuales domésticas por la no				

TO DE LODOS QUE incorporación de tecnologías adecuadas, los
PROVIENEN DE vacíos legales que fueron aprovechados por
LAS PLANTAS DE las empresas mineras y la no adecuación a
TRATAMIENTO DE las disposiciones legales vigentes.

AGUAS

RESIDUALES

DOMÉSTICAS EN

CAMPAMENTOS

MINEROS DEL

PERÚ. Onofre, E.

(2018)

Nota: Información detallada para los resultados de nuestra investigación, basada análisis de costos de tratamiento de lodos, en la procedencia del lodo y el tipo de agua que se trata en la PTAR, características claves que aportan e influyen en nuestra investigación.

Todos los aportes que de alguna manera brindaron a la investigación fueron detallados en este anexo.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 6. Estandarización de información influyente en la investigación para su posible aplicación de las tecnologías en la valorización de lodos residuales de las PTAR de Trujillo.

N° INVESTIGACIÓN	DE POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	CAPACIDAD DE LAS PTAR	CANTIDAD DE LODOS A TRATAR	DE EDAD DEL PROYECTO- PROYECCIÓN
ESTUDIO 1	<p>Población de 799600 conocida en el año 2015 proyectándose al 2020 con una tasa de crecimiento 1.46%/año sería de 857971 habitantes al 2020 en Trujillo.</p>	<p>La PTAR Covicorti tiene capacidad para tratar 840 Lps.</p> <p>La PTAR Cortijo tiene capacidad para tratar 220 Lps.</p>	<p>5% de sólidos degradables de la cantidad agua residual entrante a la PTAR</p>	<p>Entre 15 a 20 años. Actualmente tienen 22 años</p>

Atienden entre el 50% y

80% de las aguas

residuales de Trujillo.

ESTUDIO 2

Posee una población de 185 966 habitantes aproximados (Censo 2017). Correspondiente a 1.700.000; 3.780.000 y 1.938.546 habitantes atendidos por las PTAS, El Trebal, La Farfana y Mapocho, respectivamente.

Las PTAS El Trebal con 4,4m³/seg, La Farfana 9,4 m³/seg y Mapocho 4,4 m³/seg.

Las PTAS El Trebal - 200ton/día, La Farfana 220ton/día y Mapocho 340ton/día

ESTUDIO 3	329,675 (2017)	Diseñada para procesar, - en una primera etapa 422 l/s	20 años a 40 años
ESTUDIO 4	Población 2060000 habitantes	Capacidad de 7,6 m ³ /seg de caudal medio.	Se genera Creada en 1980 al 2020 son aproximadamente 90 20 años. Ton/día de biosólido
ESTUDIO 5	Población de 6,898 habitantes en el año 2015.	Capacidad de 12 lps.	La cantidad de lodos Se implementó en el año generados cada 15 días es 1998 una planta de de 557, 03 kg. tratamiento de aguas residuales que cubría en este entonces el 98%.

ESTUDIO 6	332 habitantes	Capacidad de la PTAR del agua de estudio es de 3 L/seg. Municipio Canatlán	Los valores promedio obtenidos de materia orgánica para los diferentes tratamientos varían en un rango de 17.48 a 21.70%. Se consideran los valores de materia orgánica de los diferentes tratamientos como sustratos extremadamente ricos.	Creación desde el 2014
ESTUDIO 7	Población de la ciudad de Manizales 434,403 habitantes para el 2018.	En la primera etapa el caudal de diseño de 420 L/s, La segunda etapa con	Para la primera etapa la generación de lodos aproximada de 29,4	La primera está proyectada al año 2022 y la segunda

un caudal de diseño de 640 L/s Ton/diarias. La segunda etapa se proyecta para el año 2034. lodos proyectada de 44,5 ton/diarias.

ESTUDIO 8	No aporta a la investigación -	Diariamente, se generan - volúmenes de estos lodos residuales en las PTAR
ESTUDIO 9	Población 2060000 habitantes Capacidad de 7,6 m ³ /seg de caudal medio.	Se genera Creada en 1980 aproximadamente 60-80 Ton/día de biosólido
ESTUDIO 10	La población del 2007 es 4961 millones de habitantes y .-	Producción desde 21.535 tondía -1 de materia seca

población en las 2021 en 2001 a 75.555 tondía -
6.061.185 habitantes y con 1 en 2004, esperándose
una Tasa de crecimiento del que para el año 2009, la
15,3% población servida. cifra llegue a 111.690
tondía -1

ESTUDIO 11

Última población conocida es Caudal de tratamiento - La PTAR es optimizada en
 $\approx 78\ 100$ (Año 2017). Si la total de 140 Litros por el año 2014.
tasa de crecimiento de la segundo
población sería igual que en el
periodo 2015-2017
(+1.84%/Año), Funza la
población en 2020 sería: 82
536

ESTUDIO 12

Cogua, Colombia última Caudal 3.5 LPS

Producen el 9.5 toneladas -

población conocida es \approx 23

al mes de biosólido.

200 (Año 2017). Si la tasa de

crecimiento de la población

sería igual que en el periodo

2015-2017 (+1.89%/Año),

Cogua la población en 2020

sería: 24 555*

ESTUDIO 13

-

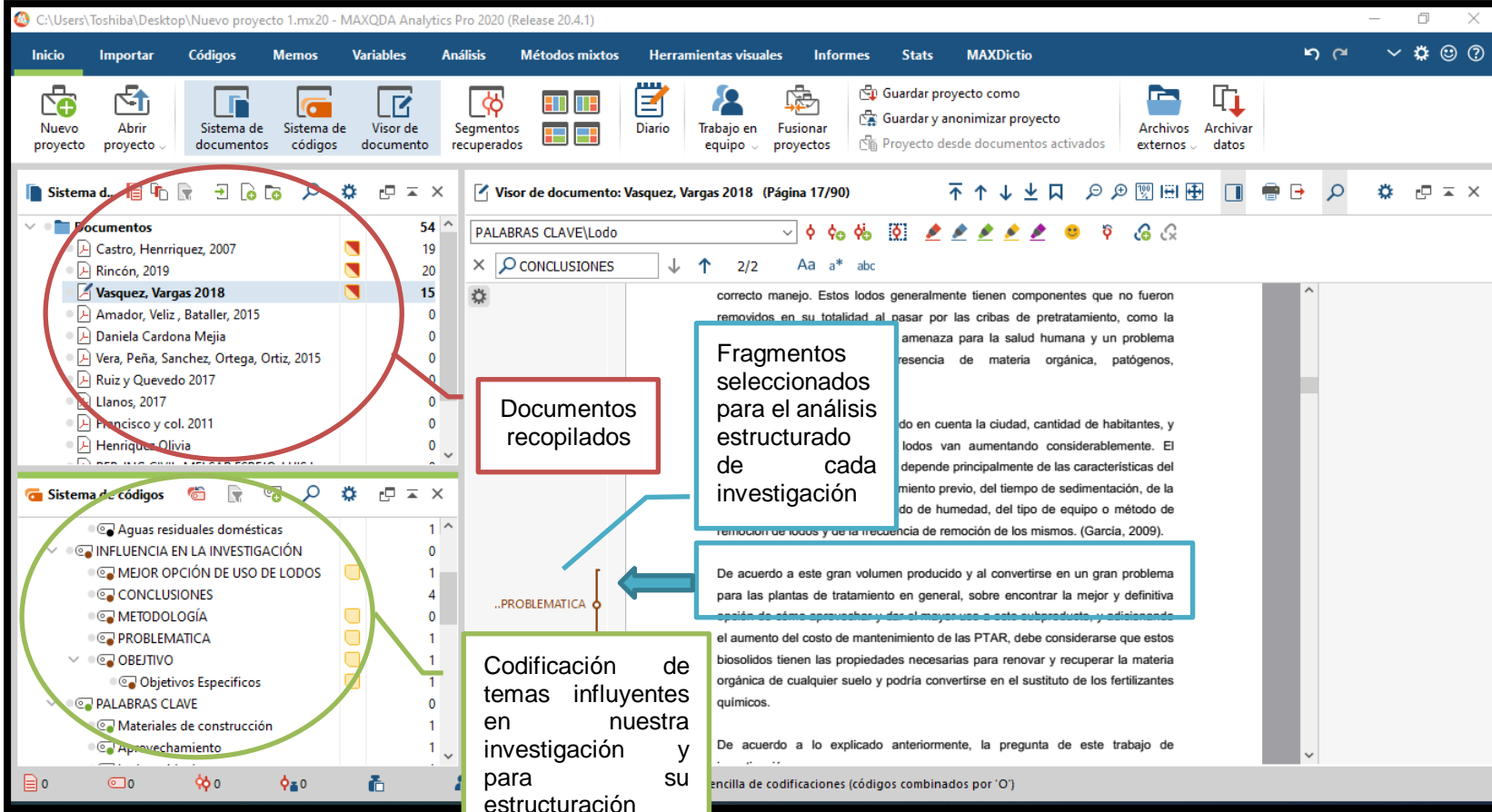
-

21 toneladas de composta

-

al año

ANEXO 7. Uso del software MAXQDA para el análisis y estructuración de información recopilada.

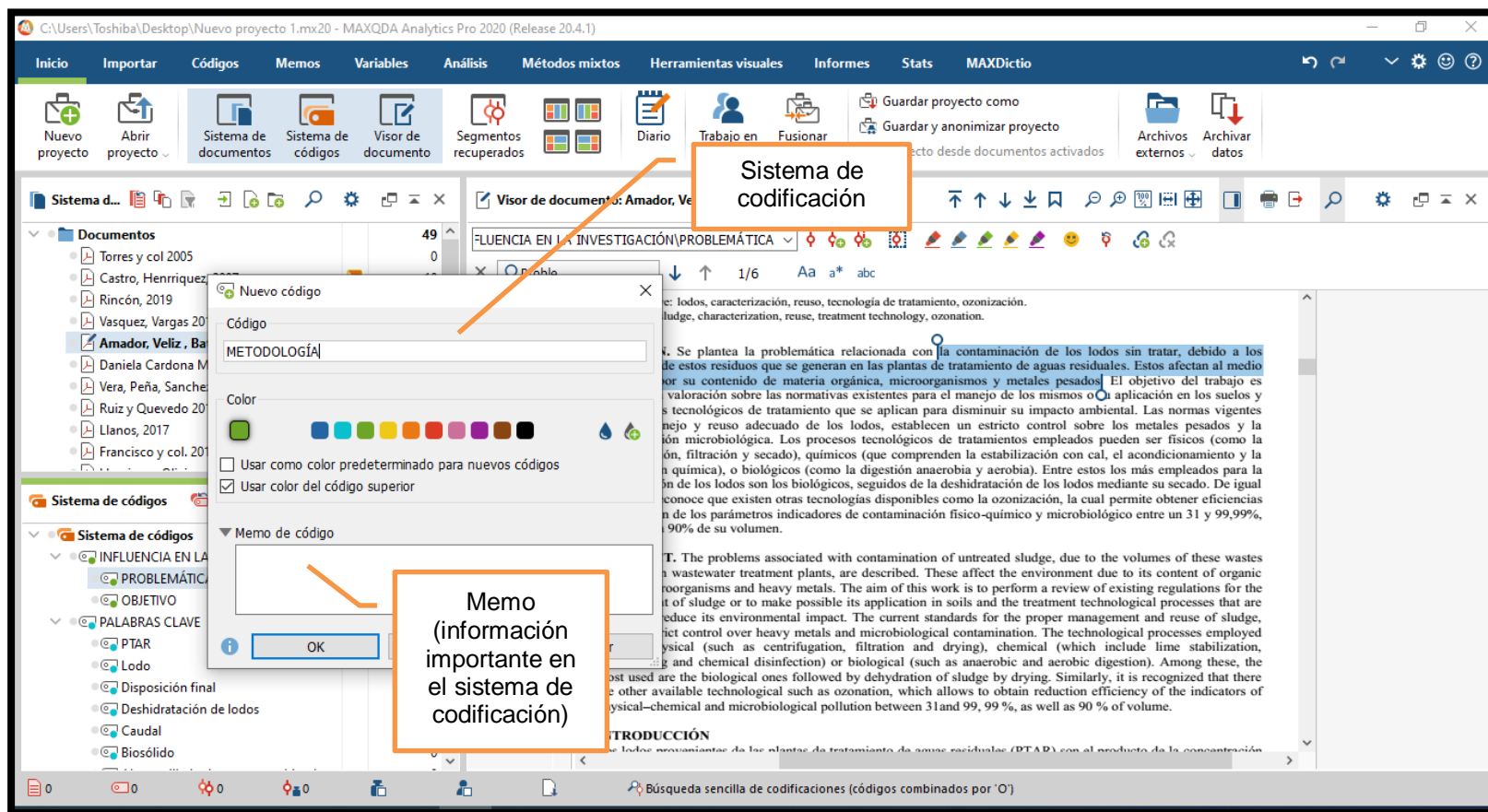


The screenshot displays the MAXQDA Analytics Pro 2020 interface. The top menu includes 'Inicio', 'Importar', 'Códigos', 'Memos', 'Variables', 'Análisis', 'Métodos mixtos', 'Herramientas visuales', 'Informes', 'Stats', and 'MAXDictio'. The toolbar contains icons for 'Nuevo proyecto', 'Abrir proyecto', 'Sistema de documentos', 'Sistema de códigos', 'Visor de documento', 'Segmentos recuperados', 'Diario', 'Trabajo en equipo', 'Fusionar proyectos', 'Guardar proyecto como', 'Guardar y anonimizar proyecto', 'Proyecto desde documentos activados', 'Archivos externos', and 'Archivar datos'.

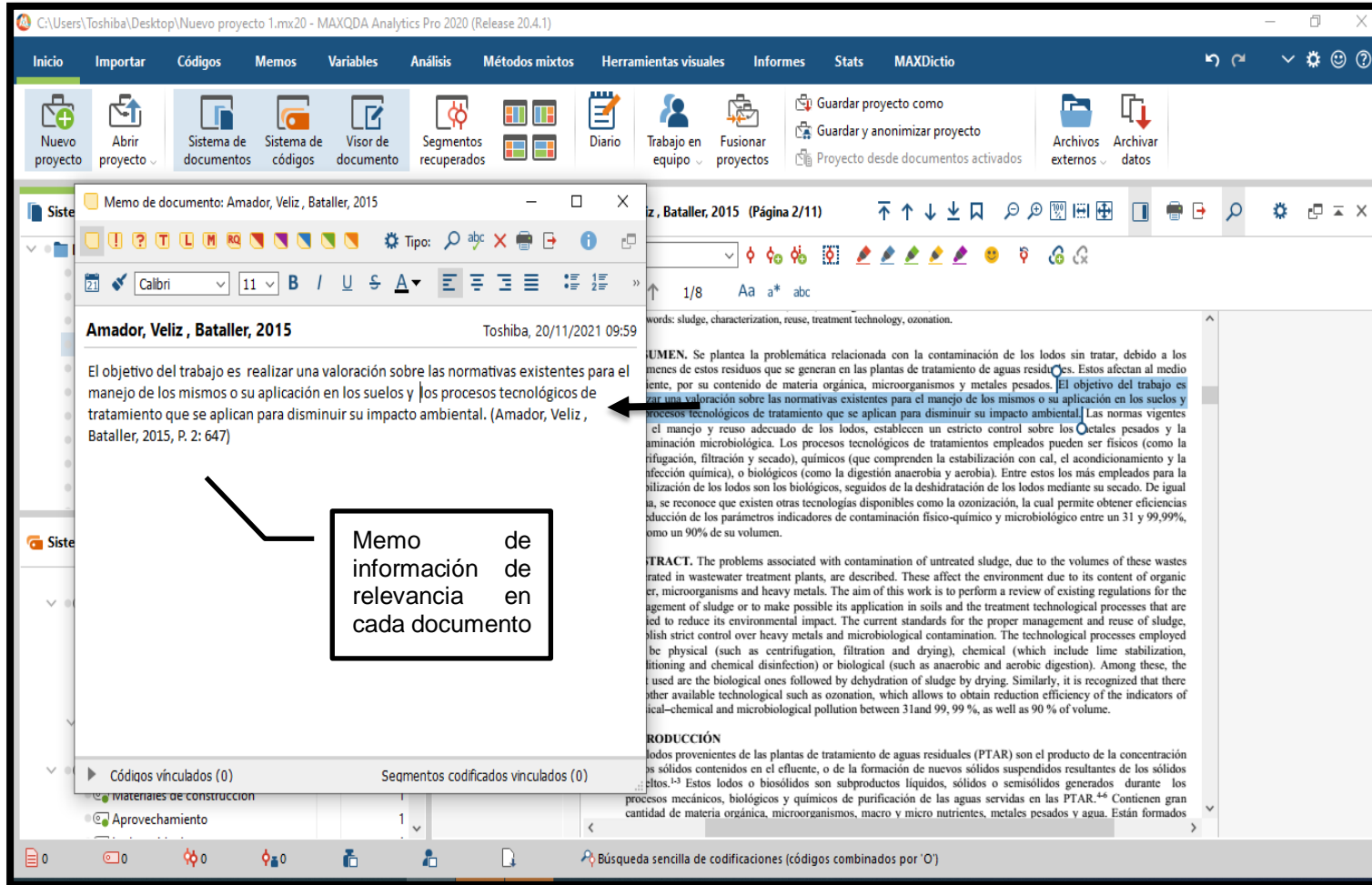
The 'Sistema de documentos' pane shows a list of documents, with 'Vasquez, Vargas 2018' selected and circled in red. A red box labeled 'Documentos recopilados' points to this list. The 'Sistema de códigos' pane shows a hierarchical list of codes, with 'INFLUENCIA EN LA INVESTIGACIÓN' and 'CONCLUSIONES' circled in green. A green box labeled 'Codificación de temas influyentes en nuestra investigación y para su estructuración' points to these codes.

The main 'Visor de documento' pane shows the text of 'Vasquez, Vargas 2018' (Página 17/90). The search bar contains 'PALABRAS CLAVE\Lodo' and 'CONCLUSIONES'. A blue box labeled 'Fragmentos seleccionados para el análisis estructurado de cada investigación' points to a highlighted text segment: 'correcto manejo. Estos lodos generalmente tienen componentes que no fueron removidos en su totalidad al pasar por las cribas de pretratamiento, como la amenaza para la salud humana y un problema presencia de materia orgánica, patógenos, do en cuenta la ciudad, cantidad de habitantes, y lodos van aumentando considerablemente. El depende principalmente de las características del miento previo, del tiempo de sedimentación, de la do de humedad, del tipo de equipo o método de remoción de lodos y de la frecuencia de remoción de los mismos. (García, 2009)'. Another blue box labeled 'De acuerdo a este gran volumen producido y al convertirse en un gran problema para las plantas de tratamiento en general, sobre encontrar la mejor y definitiva opción de cómo aprovechar y dar el mayor uso a este subproducto, y adicionando el aumento del costo de mantenimiento de las PTAR, debe considerarse que estos biosólidos tienen las propiedades necesarias para renovar y recuperar la materia orgánica de cualquier suelo y podría convertirse en el sustituto de los fertilizantes químicos. De acuerdo a lo explicado anteriormente, la pregunta de este trabajo de encilla de codificaciones (códigos combinados por 'O')' points to a specific text segment.

ANEXO 8. Uso del software MAXQDA codificación y memo de información de cada documento.



ANEXO 9. Uso del software MAXQDA en memo (Nota informativo), información de relevancia.



The screenshot displays the MAXQDA Analytics Pro 2020 (Release 20.4.1) interface. The main window shows a document titled "Memo de documento: Amador, Veliz, Battler, 2015". The document content includes the following text:

Amador, Veliz, Battler, 2015 Toshiba, 20/11/2021 09:59

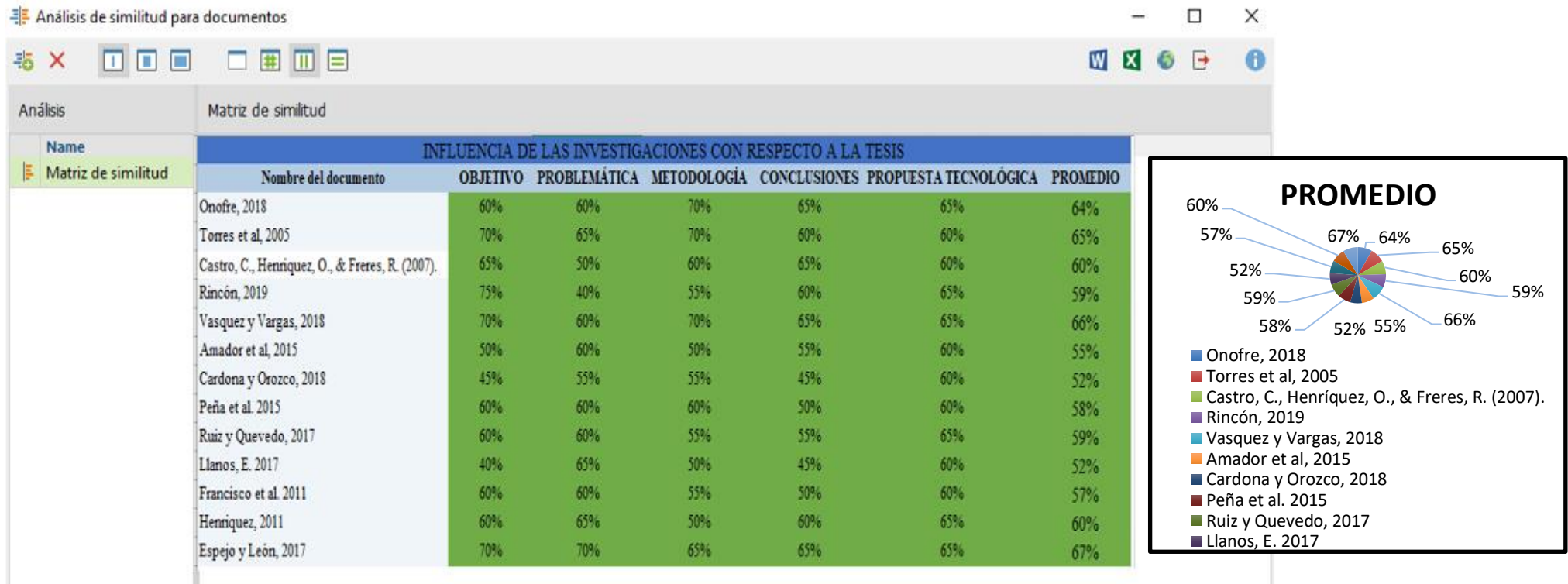
El objetivo del trabajo es realizar una valoración sobre las normativas existentes para el manejo de los mismos o su aplicación en los suelos y los procesos tecnológicos de tratamiento que se aplican para disminuir su impacto ambiental. (Amador, Veliz, Battler, 2015, P. 2: 647)

A callout box with a black border and white background contains the text: "Memo de información de relevancia en cada documento". An arrow points from this box to the text in the memo document.

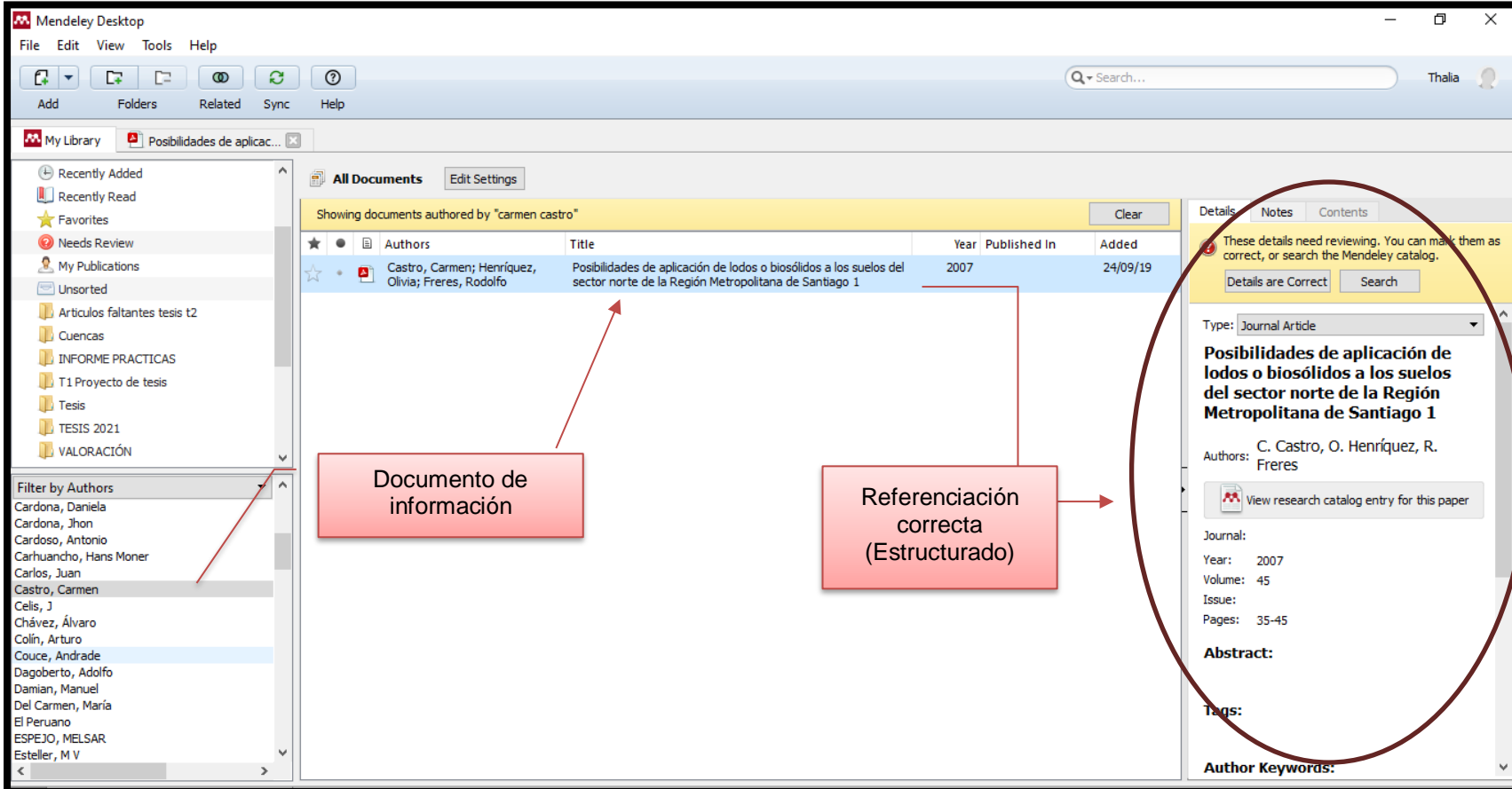
The background document also contains English text, including a paragraph starting with "SUMEN. Se plantea la problemática relacionada con la contaminación de los lodos sin tratar, debido a los volúmenes de estos residuos que se generan en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos afectan al medio ambiente, por su contenido de materia orgánica, microorganismos y metales pesados. El objetivo del trabajo es realizar una valoración sobre las normativas existentes para el manejo de los mismos o su aplicación en los suelos y los procesos tecnológicos de tratamiento que se aplican para disminuir su impacto ambiental. Las normas vigentes para el manejo y reuso adecuado de los lodos, establecen un estricto control sobre los metales pesados y la contaminación microbiológica. Los procesos tecnológicos de tratamientos empleados pueden ser físicos (como la centrifugación, filtración y secado), químicos (que comprenden la estabilización con cal, el acondicionamiento y la floculación química), o biológicos (como la digestión anaerobia y aerobia). Entre estos los más empleados para la estabilización de los lodos son los biológicos, seguidos de la deshidratación de los lodos mediante su secado. De igual manera, se reconoce que existen otras tecnologías disponibles como la ozonización, la cual permite obtener eficiencias de reducción de los parámetros indicadores de contaminación físico-químico y microbiológico entre un 31 y 99,99%, como un 90% de su volumen."

Below the document, there is a section for "Códigos vinculados (0)" and "Segmentos codificados vinculados (0)".

ANEXO 10. Uso del software MAXQDA en análisis de similitud de cada documento con influencia a nuestra investigación.



ANEXO 11. Uso del software MENDELEY DESKTOP para una correcta referenciación y cita de todos los documentos recopilados.



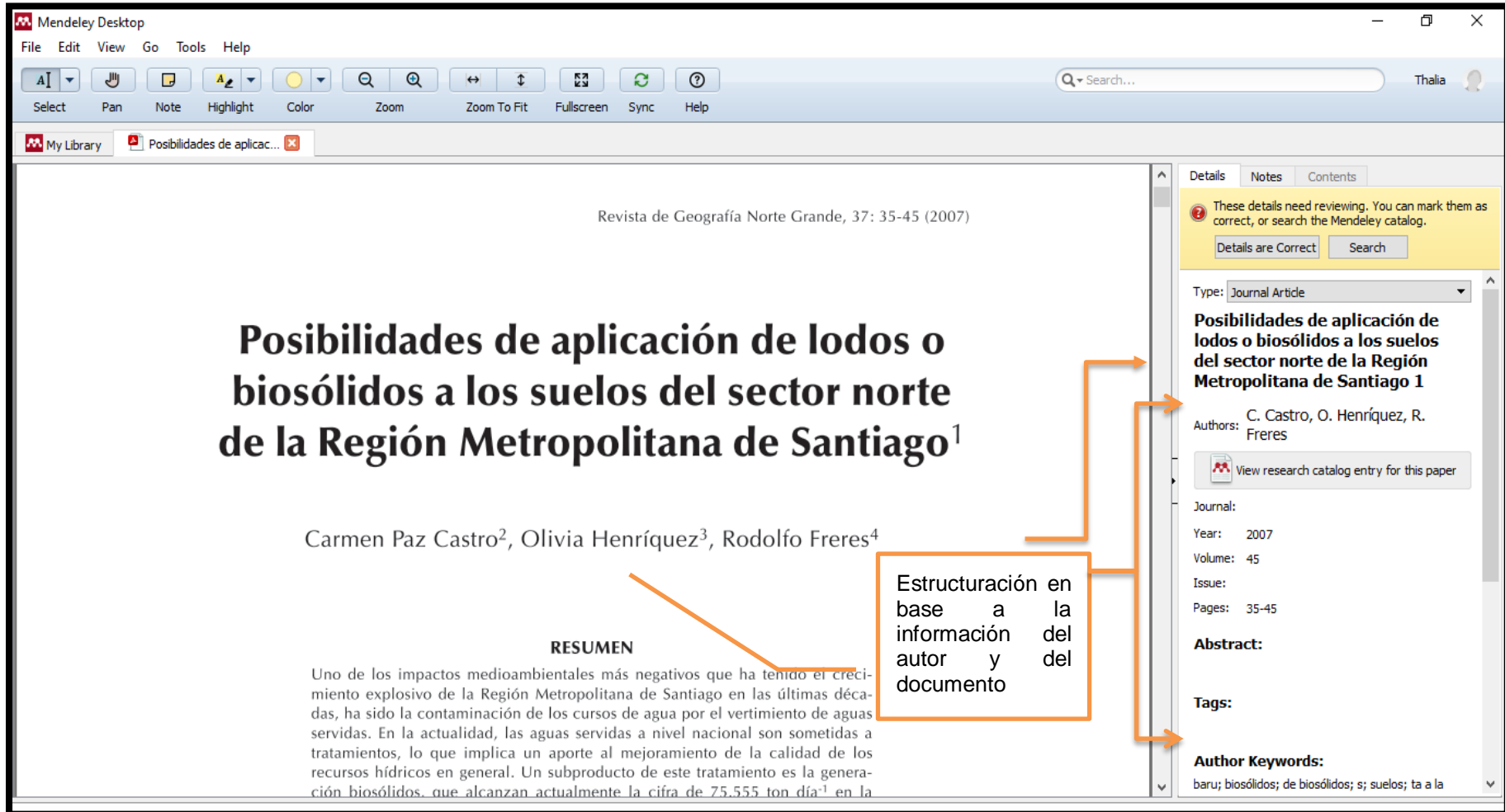
The screenshot shows the Mendeley Desktop interface. On the left, there is a sidebar with a list of authors under 'Filter by Authors', including 'Castro, Carmen'. The main window displays a table of documents. A red box labeled 'Documento de información' points to the selected document entry in the table. Another red box labeled 'Referenciación correcta (Estructurado)' points to the details panel on the right, which is circled in red. The details panel shows the following information:

Authors	Title	Year	Published In	Added
Castro, Carmen; Henríquez, Olivia; Freres, Rodolfo	Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos del sector norte de la Región Metropolitana de Santiago 1	2007		24/09/19

Details panel information:

- Type: Journal Article
- Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos del sector norte de la Región Metropolitana de Santiago 1**
- Authors: C. Castro, O. Henríquez, R. Freres
- Journal:
 - Year: 2007
 - Volume: 45
 - Issue:
 - Pages: 35-45
- Abstract:**
- Tags:**
- Author Keywords:**

ANEXO 12. Uso del software MENDELEY DESKTOP.



The screenshot shows the Mendeley Desktop interface. The main window displays a document entry with the following details:

- Journal: Revista de Geografía Norte Grande, 37: 35-45 (2007)
- Title: **Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos del sector norte de la Región Metropolitana de Santiago¹**
- Authors: Carmen Paz Castro², Olivia Henríquez³, Rodolfo Freres⁴
- Abstract: **RESUMEN**
Uno de los impactos medioambientales más negativos que ha tenido el crecimiento explosivo de la Región Metropolitana de Santiago en las últimas décadas, ha sido la contaminación de los cursos de agua por el vertimiento de aguas servidas. En la actualidad, las aguas servidas a nivel nacional son sometidas a tratamientos, lo que implica un aporte al mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos en general. Un subproducto de este tratamiento es la generación biosólidos, que alcanzan actualmente la cifra de 75.555 ton día⁻¹ en la


The right-hand pane shows the 'Details' tab for this entry, with a yellow warning box at the top: "These details need reviewing. You can mark them as correct, or search the Mendeley catalog." Below this, the entry details are listed:

- Type: Journal Article
- Title: **Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos del sector norte de la Región Metropolitana de Santiago 1**
- Authors: C. Castro, O. Henríquez, R. Freres
- Journal:
 - Year: 2007
 - Volume: 45
 - Issue:
 - Pages: 35-45
- Abstract:
- Tags:
- Author Keywords: baru; biosólidos; de biosólidos; s; suelos; ta a la

An orange callout box with the text "Estructuración en base a la información del autor y del documento" has arrows pointing to the author names in the main document view and the author list in the details pane.

ANEXO 13: Formato de valoración de expertos

1. Título de la propuesta: Análisis la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Trujillo- Perú, 2021				
2. Nombre y apellidos del estudiante: Thalia Rossmery Estela Monteza				
3. Nombre y apellidos del evaluador: Luis Enrique Alva Diaz				
4. Sede: Trujillo- San Isidro		5. Carrera: Ingeniería Ambiental		
6. Facultad: Ingeniería				
7. Resumen ejecutivo de la investigación: En esta investigación se analizaron estudios en relación a la valorización y opciones de uso de los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), realizando un análisis sistemático y comparativo de las operaciones, tecnologías y normatividad establecidas por las PTAR de otros países o ciudades, en relación con las de Trujillo. Además, se presentaron datos obtenidos por bibliografía existente y confiable de fuentes como: Scielo, Google académico, Redalyc.org, Nova, Universidad Católica de Colombia, ResearchGate. Las investigaciones tienen un periodo de antigüedad o actualización de los años 2000 a 2020, la evaluación fue por medio de una selección bibliográfica, criterios de ruta, porcentajes de aportes a la investigación, parámetros normativos de las fuentes de estudio y criterios de viabilidad del uso de los lodos. Los resultados obtenidos nos permitieron realizar la caracterización de lodos, identificar el manejo y disposición final de lodos, evaluar el desempeño operativo de las PTAR según la normatividad establecida y realizar una propuesta viable. En conclusión, las evidencias encontradas y elaboraciones teóricas dan lugar a proyecciones de práctica de tecnologías eficientes para las PTAR de Trujillo				
8. Criterios a evaluar de la tesis				
CRITERIOS	INDICADORES	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
Selección de trabajos	Matriz de consistencia	Sí		
	Matriz de operalización de variables	Sí		
	Matriz de instrumento	Sí		
Análisis de información	Uso de software	Sí		
	Análisis documental	Sí		
Alcance	Objetivo	Sí		
	Localización	Sí		
Introducción	Antecedentes	Sí		
	Marco conceptual	Sí		
	Marco legal	Sí		
Metodología	Justificación	Sí		
	Población	Sí		
	Muestra	Sí		
Resultados	Validez y confiabilidad	Sí		
	Propuesta	Sí		
Discusión y conclusiones	Análisis	Sí		
La tesis está bien fundamentada. Cumple con todos los ítems requeridos.				



Firma y sello del evaluador

ANEXO 14

Propuesta de valorización de los lodos provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Trujillo (Covicorti y Cortijo)

RESUMEN

La proyección de este estudio está basada en un análisis detallado de información documental, que da lugar a una propuesta con el fin de valorizar los lodos provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Trujillo (Covicorti y Cortijo). La recopilación de estudios realizados nos permitió organizar y estructurar esta propuesta para así ser aplicado en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Trujillo en la disposición de sus lodos. La META 3 del Ministerio del Ambiente por medio de la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos y el ministerio de economía y finanzas detallan parte de la valorización de residuos sólidos en donde se puede incluir los lodos y las enmiendas como parte del proceso y aporte a estas estrategias. Así mismo, como base en la Resolución Ministerial N°128 -2017- vivienda y siendo complementado con el informe técnico 002/2017 Vivienda/VMSC-DGAA, han aprobado las condiciones mínimas de manejo de lodos y las instalaciones para su disposición final. Esta presente investigación nos permitirá en un futuro tener una idea y una posible solución a la problemática ambiental en la contaminación por desechos y mala disposición de los lodos.

I. ANTECEDENTES

Torres, et al. (2005), en su investigación con título “Influencia del material de enmienda en compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR” teniendo como objetivo evaluar el proceso de compostaje aerobio con volteo manual, de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo, de EMCALI EICE ESPP- PTAR-C. donde se usaron pilas de 1,0 toneladas formadas de lodos, material soporte (10%) y material de enmienda. El material de enmienda mostró una mejora en el desarrollo del proceso en base a la temperatura manteniendo 55C° en comparación con las pilas sin enmienda, así mismo obtuvo mejor resultados de compost.

Vásquez y Vargas (2018) en su estudio “Aprovechamiento de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo” con la finalidad plantear una alternativa para el manejo y aprovechamiento de los lodos generados en la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Funza. Se realizó un estudio experimental en donde se selecciona un lugar, un insumo y unas alternativas a evaluar, se investiga y recoge información, así mismo, se hace comparaciones de características y de nutrientes en hortalizas (zanahoria y lechuga) con la incorporación de lodo y otra muestra sin el lodo. Se obtuvo como resultados que la composición y contenido de materia orgánica en el lodo evaluado, arroja resultados positivos para su utilización en el mejoramiento del suelo, en esencia para el cultivo de hortalizas con su aporte de nutrientes y la disminución de impacto ambiental por fertilizantes químicos.

Onofre (2018), menciona en su trabajo de investigación “Propuesta técnica de gestión ambiental sostenible para el aprovechamiento de lodos que provienen de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas en campamentos mineros del

Perú” que tiene como objetivo brindar alternativas técnicas del manejo de lodos domésticos para que estén en concordancia con el cumplimiento legal, la responsabilidad ambiental, la convivencia armónica con los grupos de interés (stakeholders) y la mejora en la reputación. se analizaron los fundamentos teóricos, técnicos y la experiencia de tratamientos de lodos en otros países, dando como resultados que los lodos de calidad B obtenidos pueden ser utilizados sin ninguna restricción en las plantaciones forestales y áreas verdes de las mismas empresas mineras. Las empresas mineras desarrollan, también, actividades para la obtención de compost y humus de lombriz estos dan lugar a un abono de mayor calidad.

Sedalib (2009) en el “Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Covicorti y Cortijo- Trujillo” nos describe un instructivo de las plantas de tratamiento, así como información relevante de cada planta para su adecuada operalización y mantenimiento, sirve de base para los estudios en general de dichas Plantas de Tratamiento.

Decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009). Por el cual en el TÍTULO III (Manejo Sanitario de Lodos) y TÍTULO IV (Aplicación de Lodos al suelo), es de gran importancia su aporte a esta investigación proyectada en su realización bajo las condiciones mínimas del subproducto “Lodos”.

II. OBJETIVO

Redactar la propuesta metodológica para la valorización los lodos provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Trujillo (Covicorti y Cortijo).

III. LEGISLACIÓN

Legislación internacional

México

Reglamento de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos.

(Publicada por el Diario Oficial de la federación el 30 de noviembre del 2006).

Nom-004-semarnat-2002, Norma oficial mexicana, protección ambiental- lodos y biosólidos. -especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. (Publicada por el Catálogo Nacional el 15 de agosto del 2003).

Chile

Decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009)

Colombia

Resolución 1433. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre planes de saneamiento y manejo de vertimientos, psmv, y se adoptan otras determinaciones. (Publicada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial el 13 de diciembre 2004)

Legislación nacional

Ley N° 27314.- Ley General de Residuos Sólidos. Se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. (Publicada por Sistema Nacional de Información Ambiental el 21 de julio del 2000)

Decreto legislativo N.º 1278 que aprueba la ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
(Publicado por el Diario Oficial del Bicentenario “El Peruano” el 23 de diciembre del 2016)

Decreto Legislativo N.º 1501.- Decreto Legislativo que modifica el Decreto Legislativo N.º 1278, que aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos. (Publicada por Sistema Nacional de Información Ambiental el 11 de mayo del 2020).

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N.º 128-2017-VIVIENDA, Aprueban Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final. (Publicado por el Diario Oficial del Bicentenario “El Peruano” el 5 de abril del 2017).

IV. LOCALIZACIÓN

Las plantas de tratamiento de aguas residuales Covicorti y Cortijo se encuentran ubicadas en Víctor Larco Herrera 13009 y Huanchaco 13011 respectivamente. Para la proyección de esta propuesta, se requiere un área que permita con sus dimensiones y acondicionamiento el depósito de los Lodos estabilizados y de esa manera lograr el secado integral del lodo para compostaje según esta investigación. Para la PTAR Covicorti se ha estimado un área aproximada de 38 063m² para este fin de secado de lodos, en la ubicación latitud: 8° 7'25.87"S y longitud: 79° 3'1.22"O dentro de la misma Planta de Tratamiento y así evitar mayores costes de transporte y posibles derrames, fue georreferenciado con ayuda del software Google Earth y para la PTAR de Cortijo su ubicación en latitud: 8° 6'19.00"S y longitud: 79° 3'30.15"O siendo aproximadamente un área de 103 131m² y dentro de la misma PTAR de Cortijo.

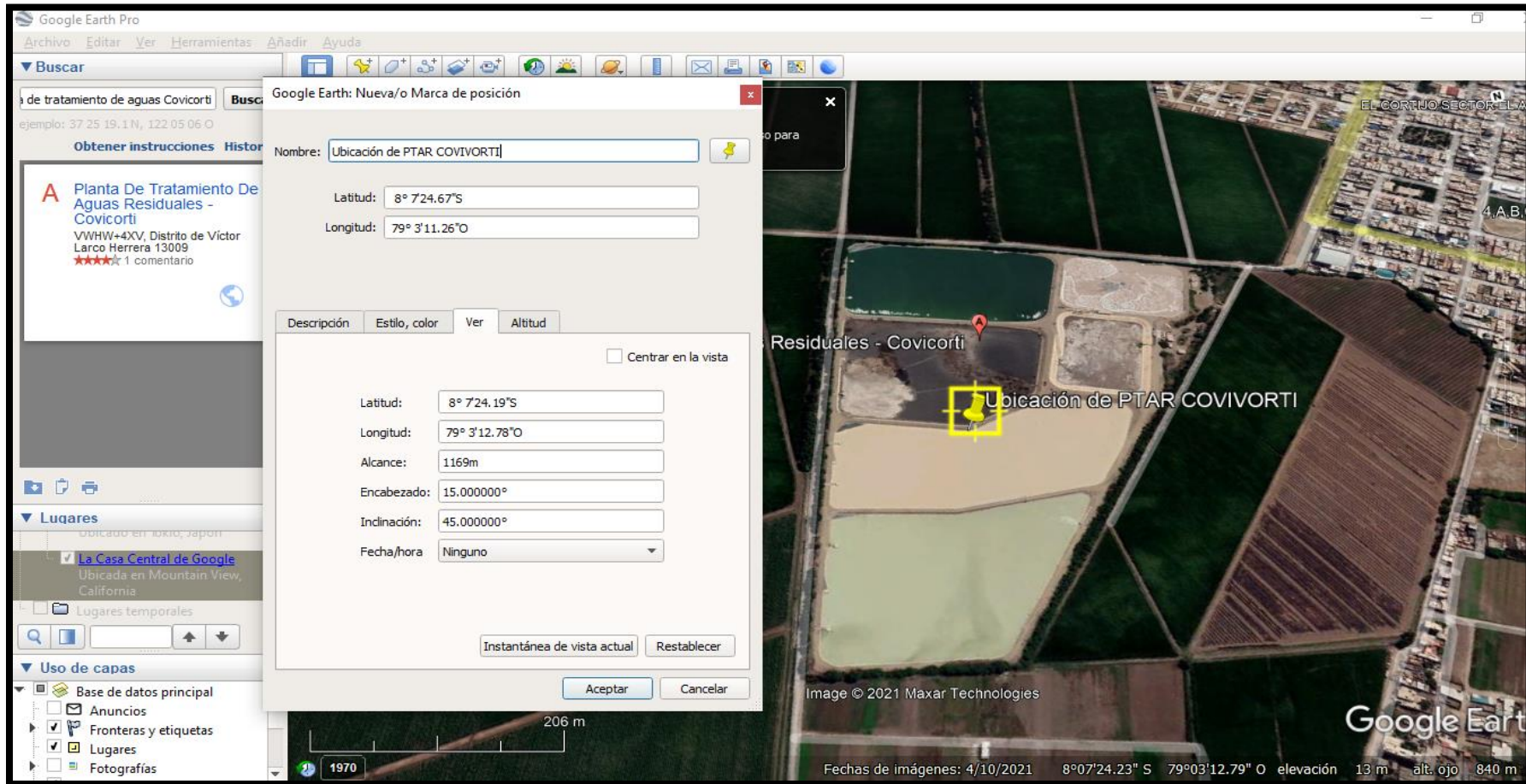


Figura 2. Ubicación de la PTAR Covicorti por medio del aplicativo Google Eart

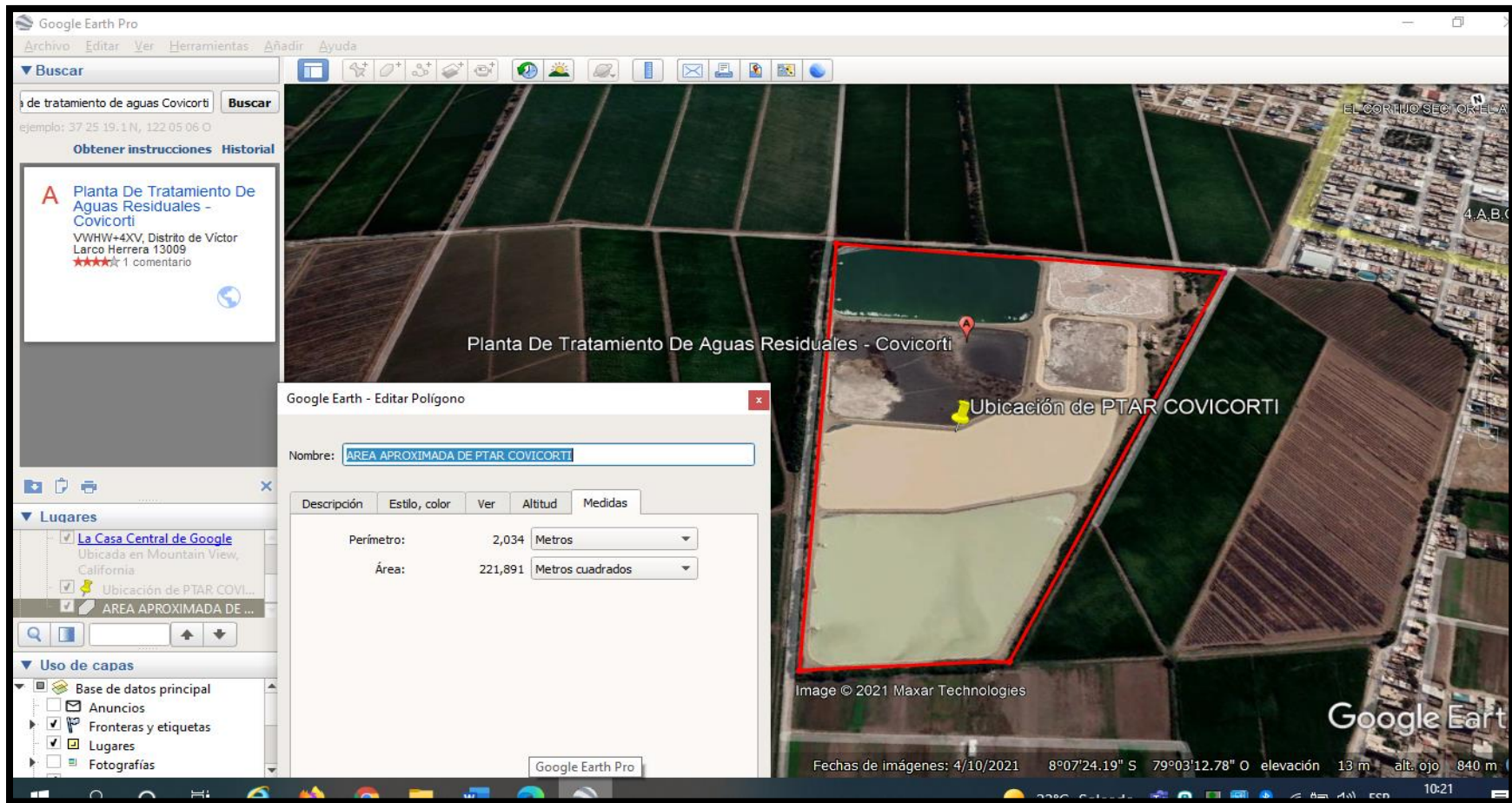


Figura 3. Área aproximada de la PTAR de Covicorti por medio del aplicativo Google Eart

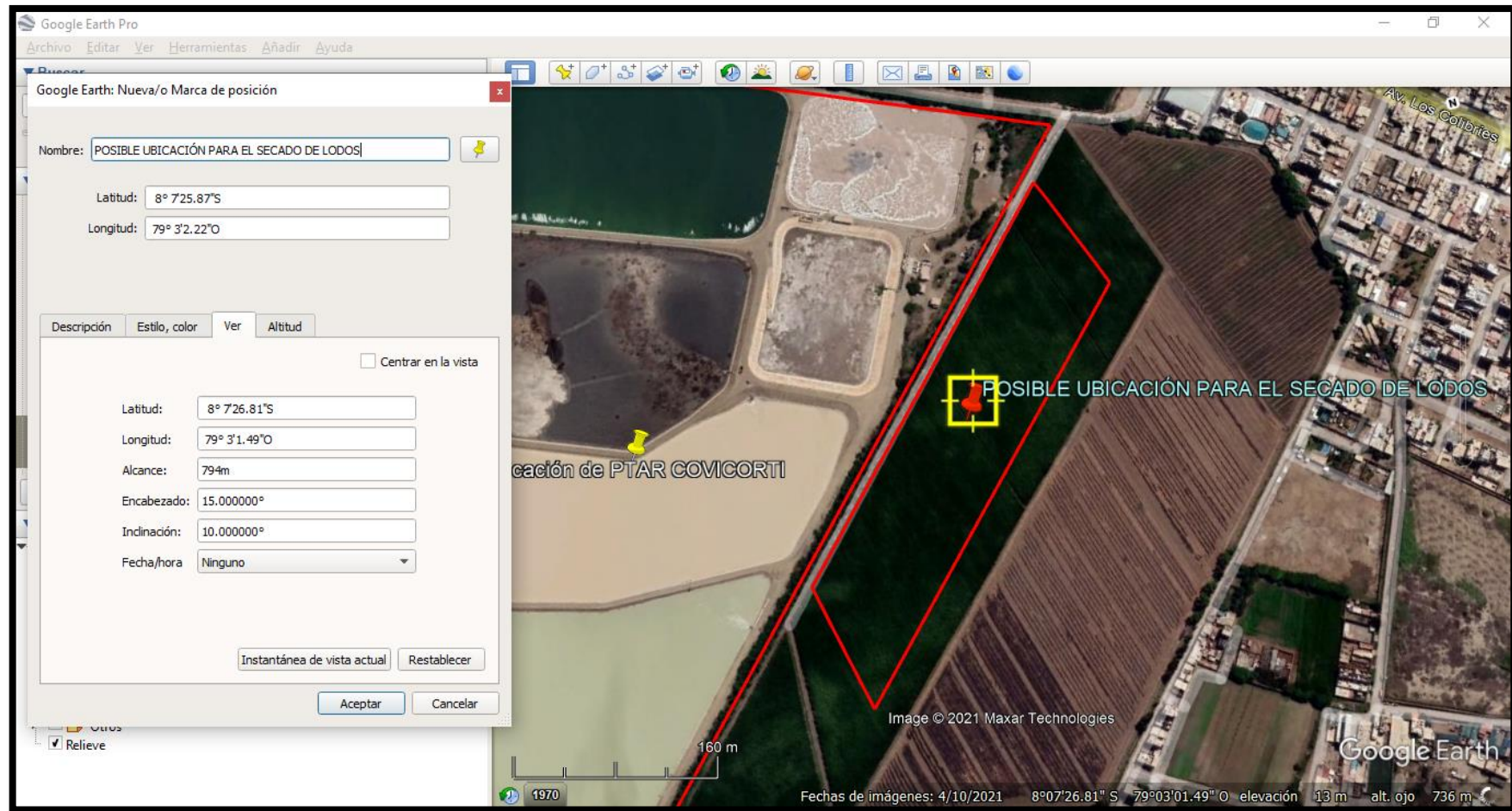


Figura 4. Posible ubicación para el secado de lodos dentro de la PTAR Covicorti

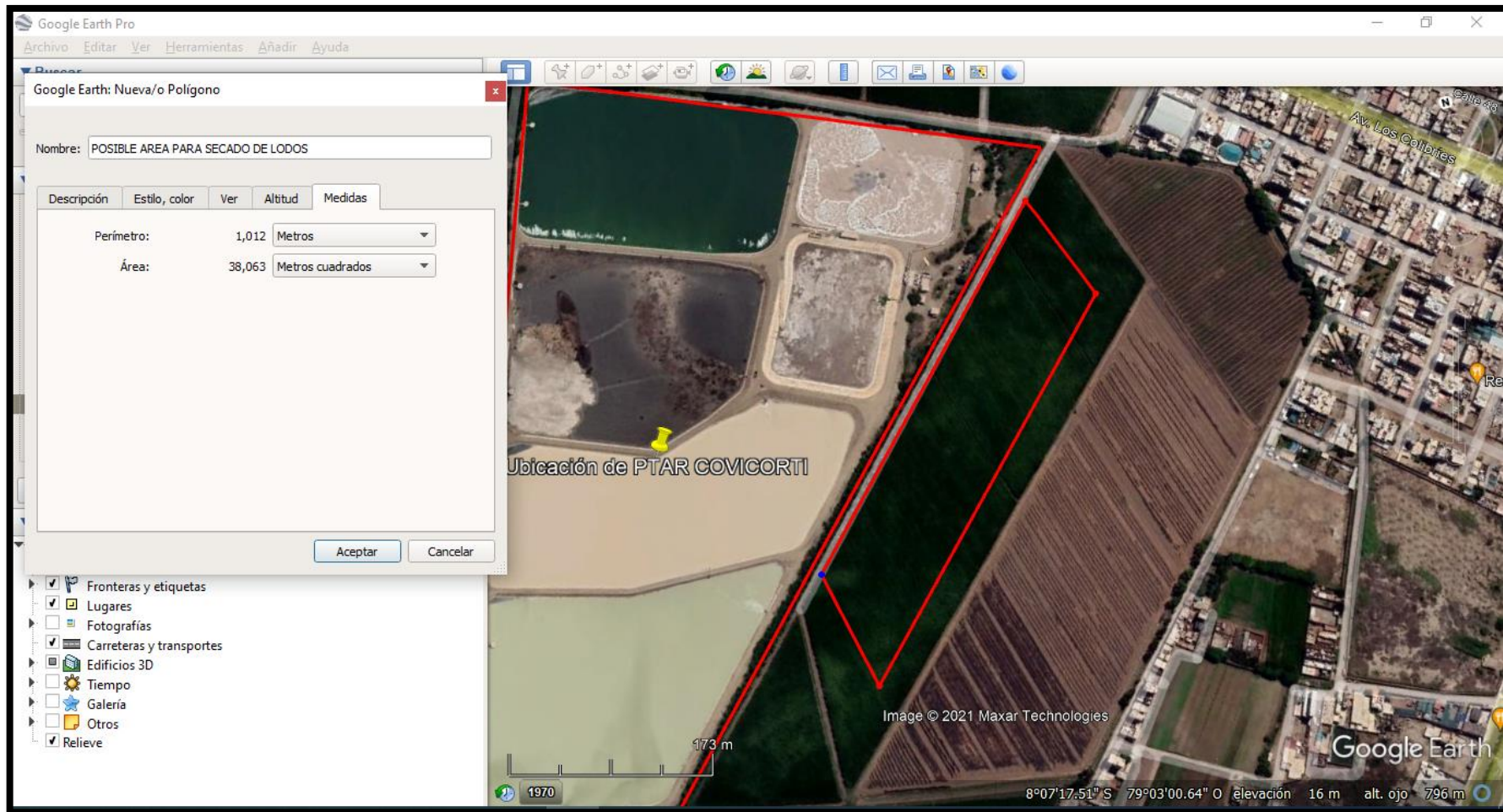


Figura 5. Posible área para el secado de lodos en la PTAR de Covicorti

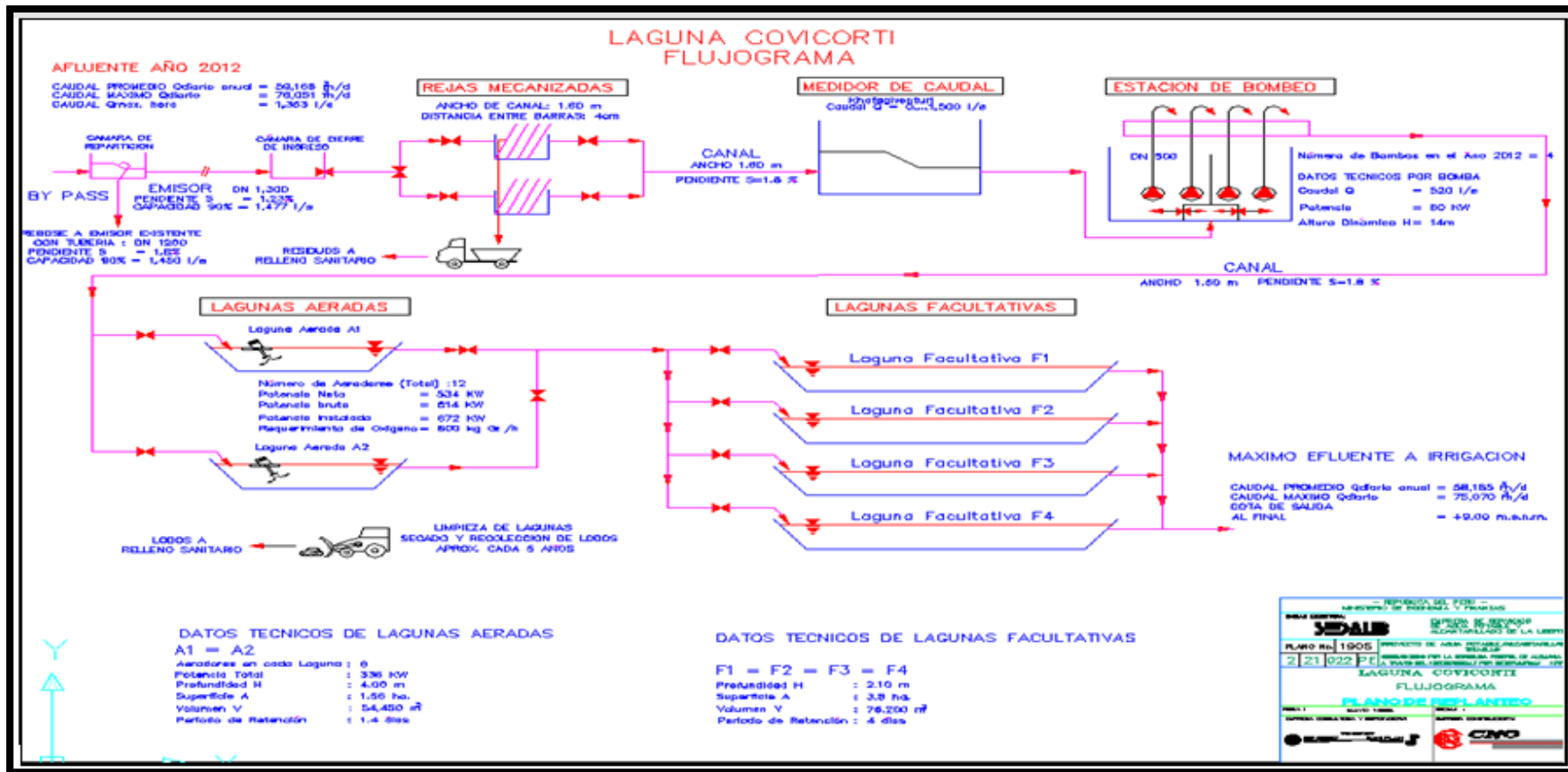


Figura 6. Flujoograma de la PTAR de Covicorti

Fuente: Sedalib (2009). Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR Covicorti

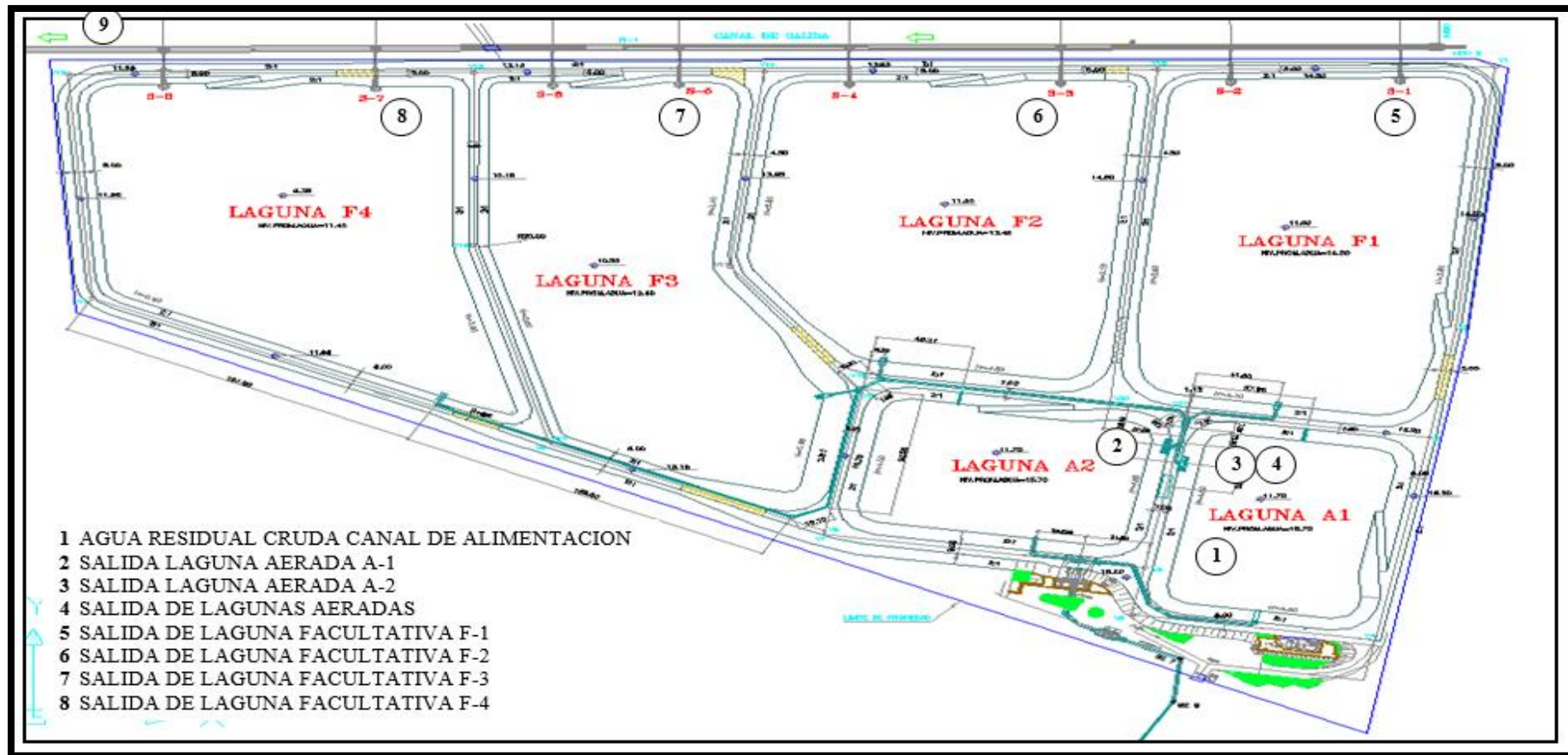


Figura 7. Estructuración gráfica de las lagunas de la PTAR de Covicorti

Fuente: Sedalib (2009). Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR Covicorti

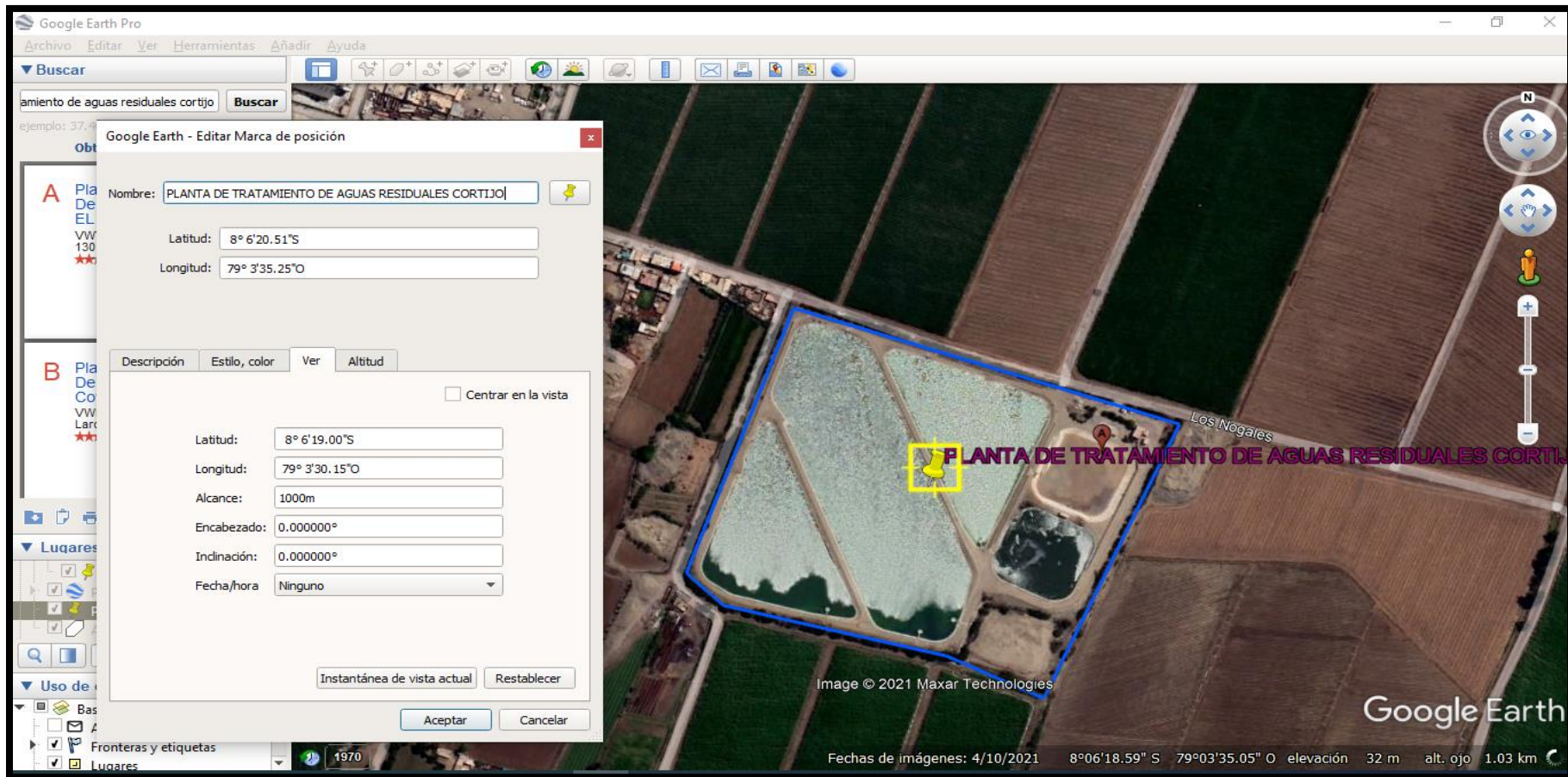


Figura 8. Ubicación de la PTAR Cortijo por medio del aplicativo Google Eart

Fuente: Elaboración propia

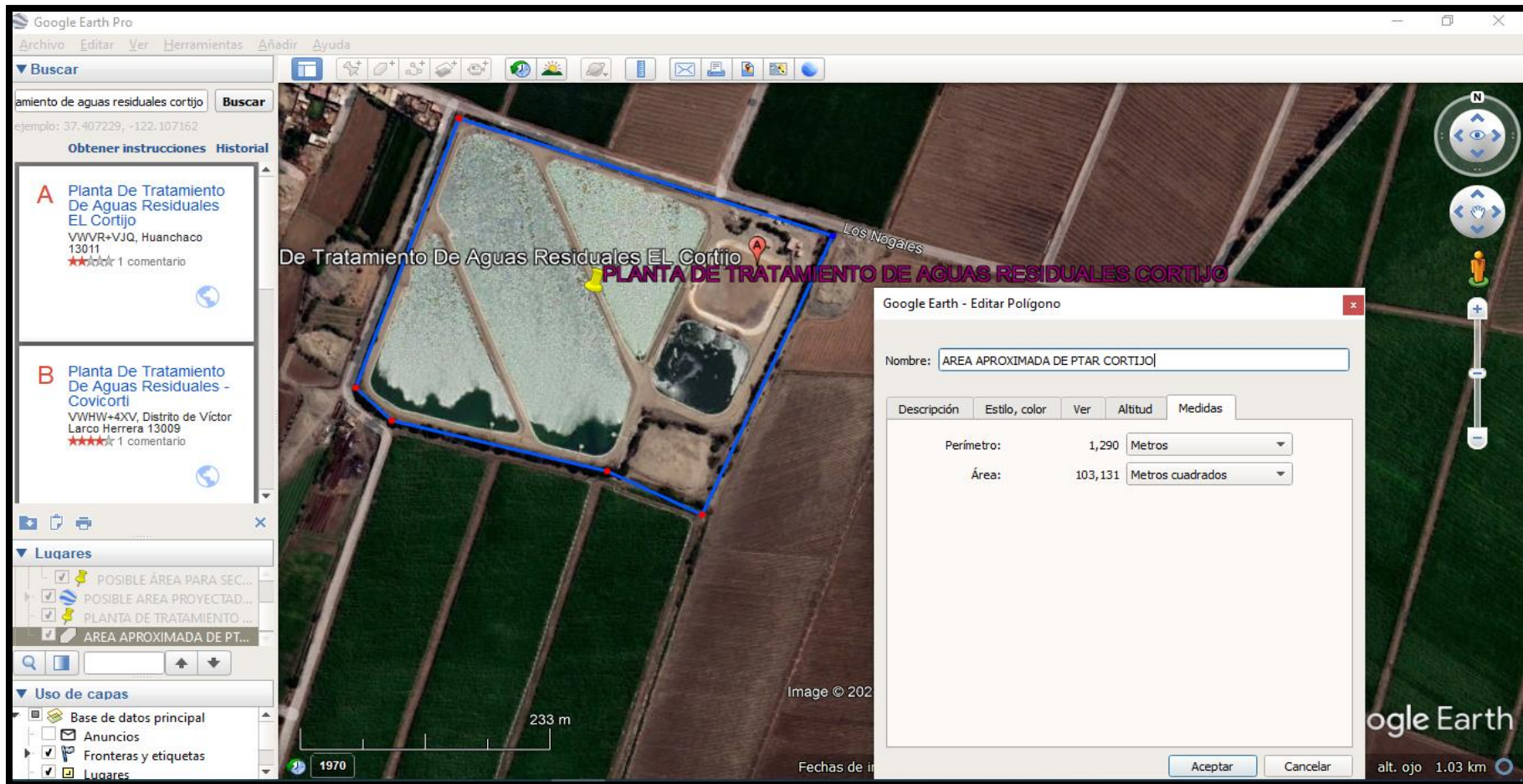


Figura 9. Área aproximada de la PTAR de Cortijo por medio del aplicativo Google Eart

Fuente: Elaboración propia

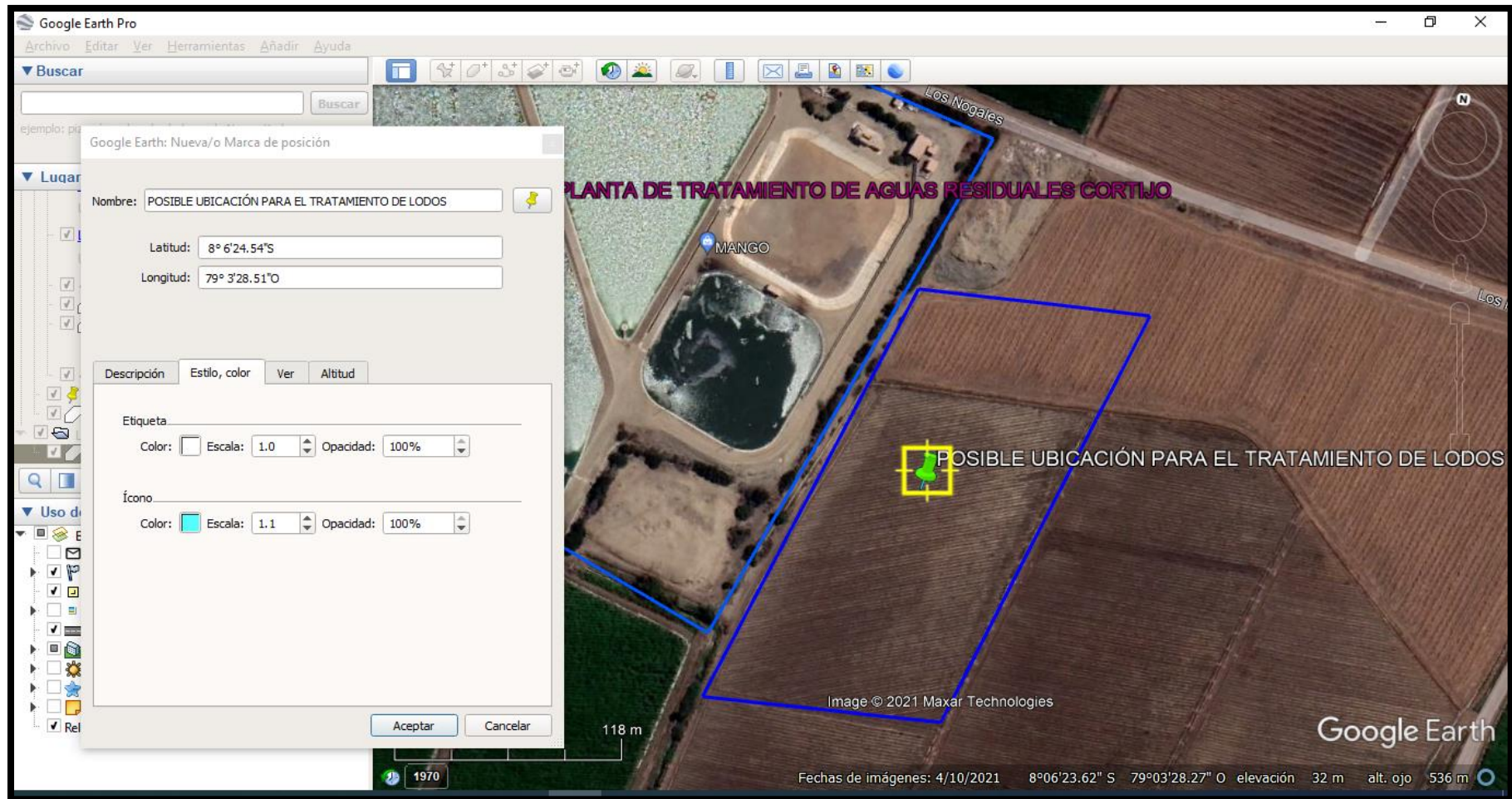


Figura 10. Posible ubicación para el secado de lodos en la PTAR de Cortijo

Fuente: Elaboración propia

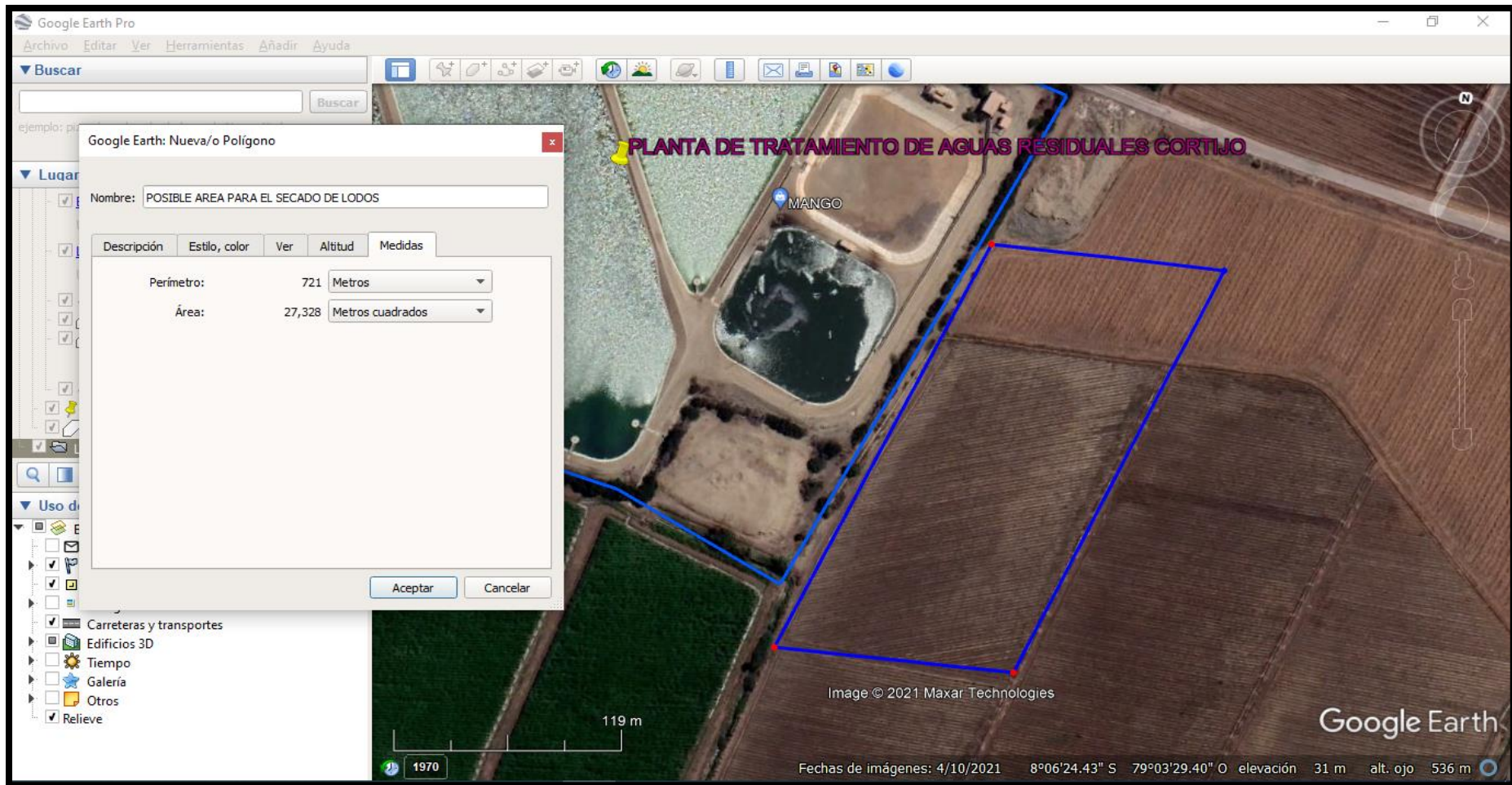


Figura 11. Posible área para el secado de lodos en la PTAR de Covicorti

Fuente: Elaboración propia

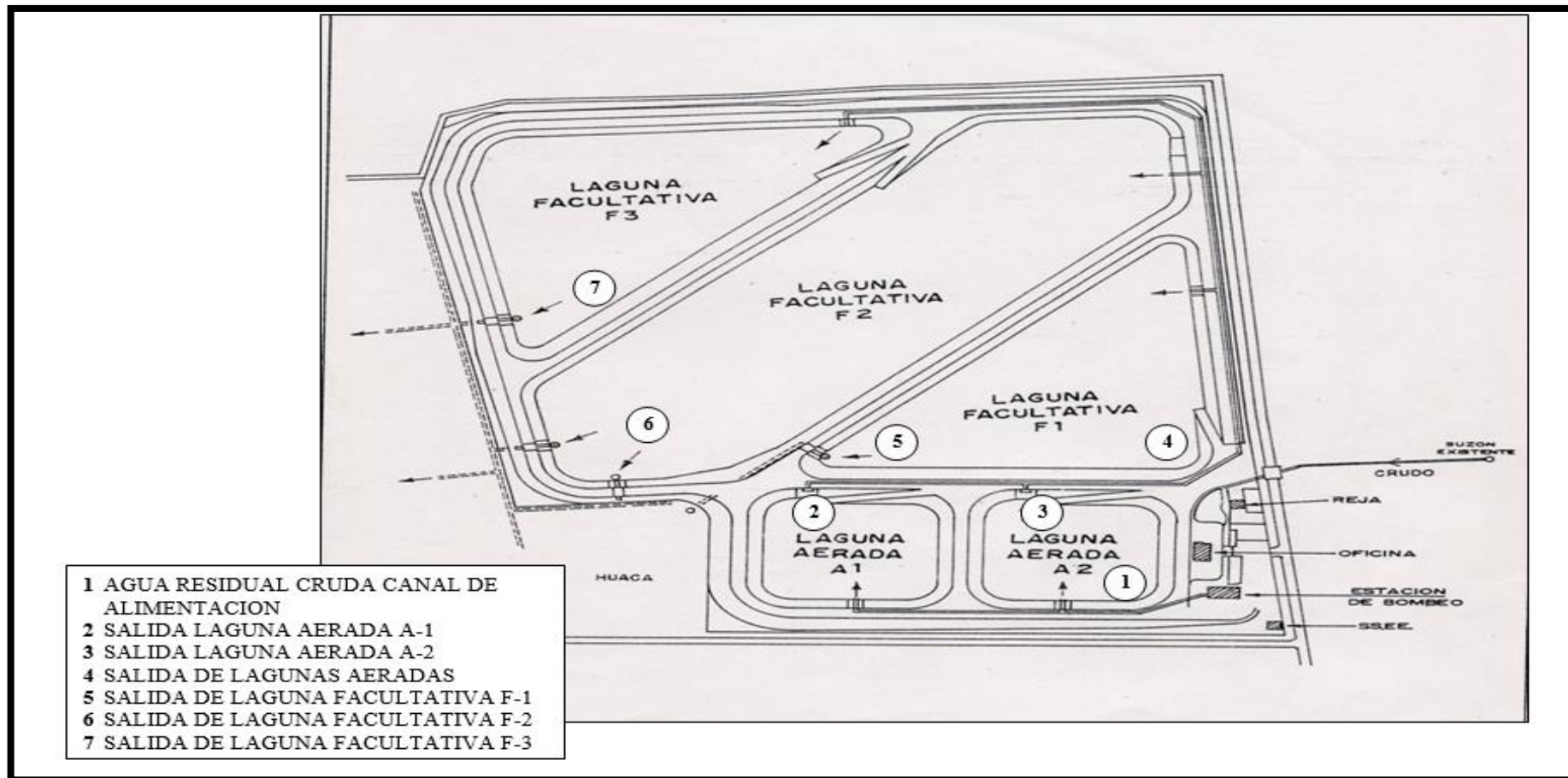


Figura 12. Estructuración gráfica de las lagunas de la PTAR de Cortijo

Fuente: Sedalib (2009). Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR Cortijo.

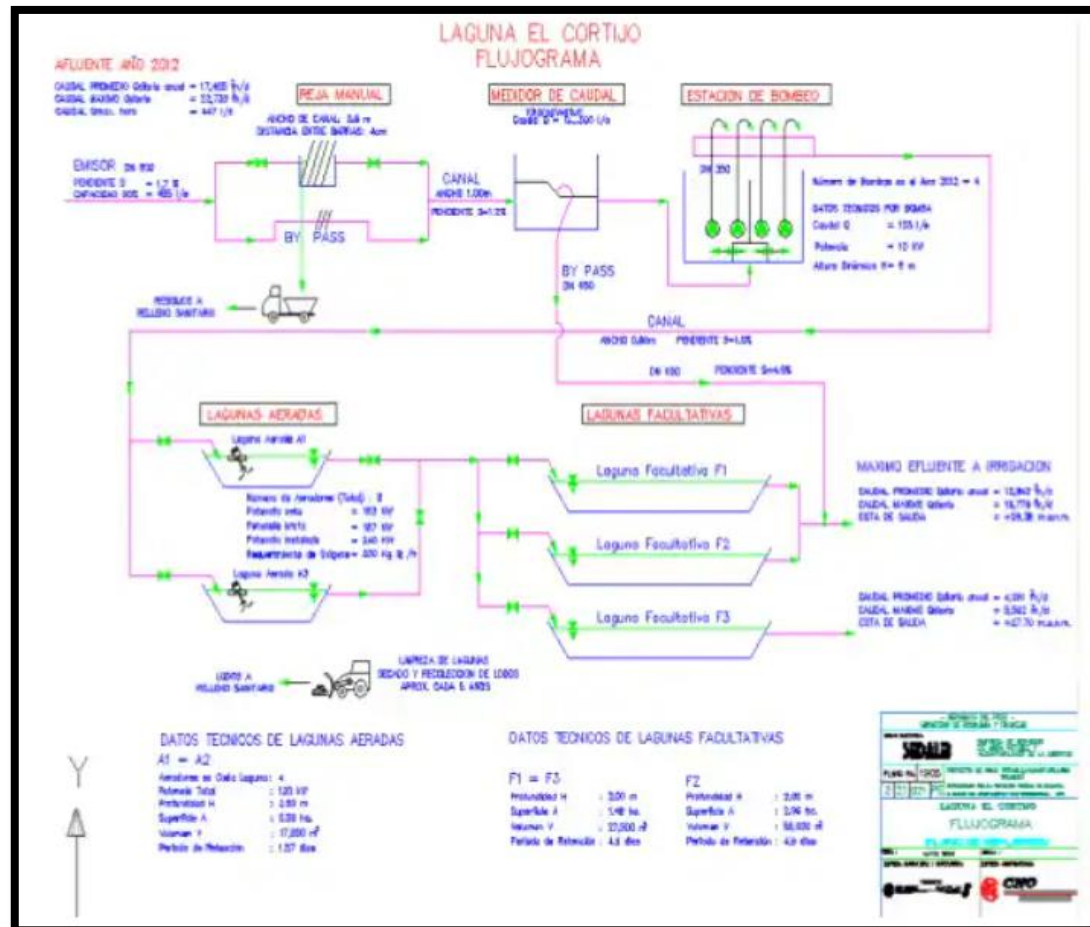


Figura 13. Flujograma de PTAR de Cortijo

Fuente: Sedalib (2009). Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR Cortijo.

V. DIMENSIONES

Las dimensiones registradas que son usadas como fuente para esta propuesta en ambas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Trujillo, que procesan el 80 % del total de los desechos líquidos producidos por la referida ciudad, estos registros se encuentran en el Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR Covicorti y Cortijo.

Tabla 9. *Dimensionamiento de las lagunas facultativas de la PTAR de Cortijo de donde se obtienen los lodos.*

Lagunas facultativas		
Carga máxima	340	Kg DBO/ha-d
Carga de diseño	276	kg DBO/ha-d
Largo	276	m
Ancho	138	m
Profundidad	2.1	m
Unidades	4	
Volumen unitario	76.210	m ³
Área superficial unitaria	3.8	ha
Período de retención mínimo al año 2012	4.0	días
Periodo de retención promedio al año 2012	5.1	días

Fuente: Sedalib (2009).

Cuenta con 4 lagunas facultativas, si se encuentran todas en funcionamiento, el total volumétrico que tratan es de 304.84 m³.

Tabla 10. *Dimensionamiento de las lagunas facultativas de la PTAR de Cortijo de donde se obtienen los lodos.*

Lagunas facultativas		
Carga máxima	340	Kg DBO/ha-d
Carga de diseño	276	kg DBO/ha-d
Largo	172	m
Ancho	85.8	m
Profundidad	2.0	m
Unidades	3	
Volumen unitario	27.493	m ³
Área superficial unitaria	1.48	ha
Período de retención mínimo al año 2012	4.85	días
Periodo de retención promedio al año 2012	6.30	días

Cuenta con 3 lagunas facultativas, si se encuentran todas en funcionamiento, el total volumétrico que tratan es de 82.479 m³.

En el mantenimiento de las lagunas facultativas debe realizarse cuando llegue a alcanzar un tirante de 30 a 40 cm, esta limpieza no debe realizarse en simultaneo, teniendo que alternar la limpieza de una con respecto a las otras en un tiempo de 1 año. Siendo así el volumen obtenido es por 1 laguna cada año, entonces se obtendrá en la PTAR de Covicorti un volumen aproximado de lodo anual de 15 235.2 m³ (14 991.4368 Tm) y en la PTAR de Cortijo y la PTAR de cortijo un volumen aproximado de lodo anual de 5903.04 m³ (5808.59136 Tm).

Dimensiones del lugar para el secado manual de los lodos estabilizados

Las dimensiones realizadas son una aproximación hipotética del área a utilizar para el secado y posterior proceso de compost. Basándose en la cantidad de lodo estabilizado obtenido anual por una laguna facultativa en la PTAR Covicorti de 15 235.2 m³ y Cortijo 5 903.04 m³.

El área para secado tendrá las mismas dimensiones de las lagunas facultativas (Tablas 10 y 11) excepto la profundidad que será máximo de 1 metro, donde el lodo alcanzará una altura máxima de 40 cm para su adecuado volteo de secado.

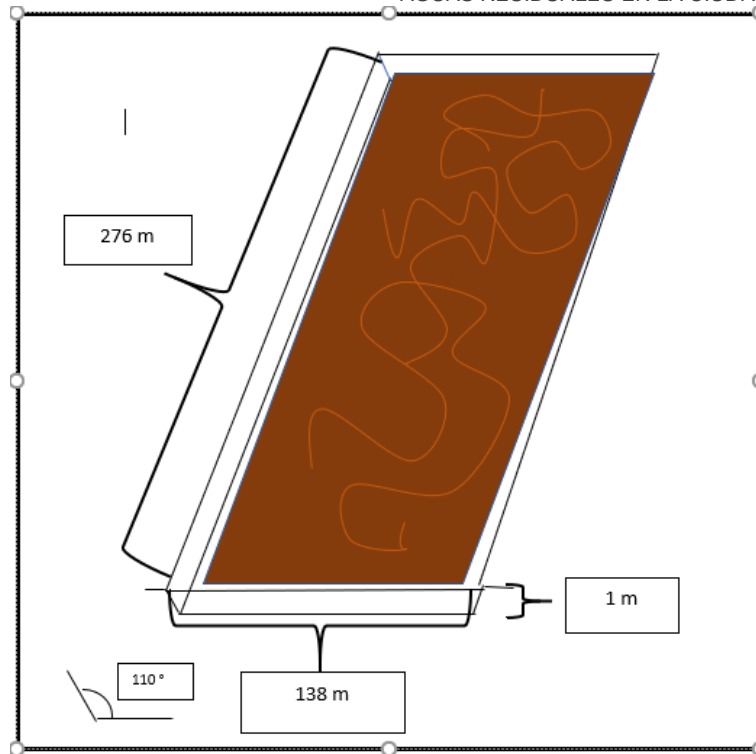


Figura 14. Dimensiones hipotéticas del área destinada para el proyecto de secado de lodos y proceso de compostaje de la PTAR Covicorti

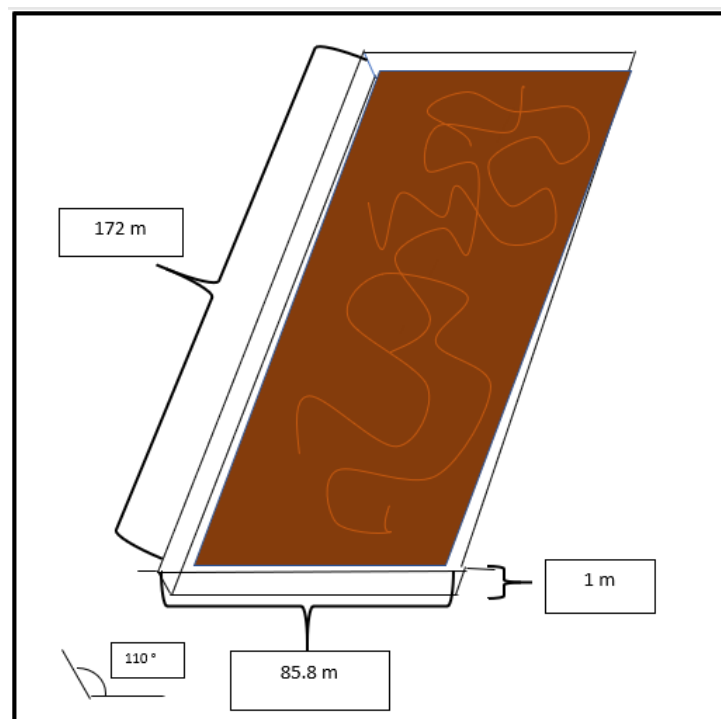


Figura 15. Dimensionamiento hipotéticas del área destinada para el proyecto de secado de lodos y proceso de compostaje Cortijo.

IV. METODOLOGÍA

Proceso de limpieza

Según Sedalib (2009), el procedimiento de limpieza debe ser por lo menos 3 meses y se hará de la siguiente manera:

1. Suspender el llenado de aguas residuales a la laguna a ser limpiada mediante la colocación de la correspondiente ataguía en la estructura de reparto y ajustar las pantallas que alimenta a la laguna que va a ser limpiada.
2. Iniciar el desaguado de la laguna con ayuda de una bomba sumergible y el agua residual descargarlo al canal de disposición final o a la laguna facultativa adyacente. De ser posible, podrán colocarse sifones para ayudar a vaciar más rápidamente la laguna, en estos casos, la descarga se efectúa a la laguna adyacente hasta donde el desnivel de agua lo permita.
3. El bombeo de las aguas almacenada en la laguna bajo limpieza, se efectúa cuidando de no bombear los lodos.
4. Alcanzado el nivel mínimo de bombeo, retirar la bomba sumergible y dejar que la laguna inicie su proceso natural de secado.
5. Durante la etapa de secado natural se formarán pequeños charcos de agua que pueden dar lugar a la proliferación de insectos. Estos charcos deberán fumigarse para el control de las larvas de los insectos.
6. Una vez que los lodos se han resquebrajado y alcanzado una consistencia manejable mecánicamente, proceder al retiro de los mismos.
7. Concluida la etapa de retiro de lodos y antes de llenado de la laguna, proceder a realizar la inspección de la capa impermeable y a la reparación de las áreas que hayan podido ser afectadas.

8. Si por alguna eventualidad, se presentará problemas de malos olores y moscas entre ciclos de recolección, se deberá proceder a cubrir dichos residuos con una capa de cal viva.

Elección del área para realizar el secado manual de lodos estabilizados

El área para la realización del secado y posterior proceso para la obtención del compost debe contar con requisitos los cuales se han obtenido del Decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009) y la RESOLUCIÓN MINISTERIAL N.º 128-2017-VIVIENDA, Aprueban Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final. (Publicado por el Diario Oficial del Bicentenario “El Peruano” el 5 de abril del 2017), los requisitos son los siguientes:

Estar ubicada a más de 300 metros de viviendas como: villorrios, pueblos y ciudades, de hospitales, locales, de expendio de alimentos, escuelas y otros establecimientos similares.

Estar ubicada a más de 300 metros de una captación de agua subterránea para agua potable. En caso de acuíferos vulnerables (por ejemplo, napas ubicadas a bajas profundidades, altas permeabilidades, etc.) la Autoridad Sanitaria podrá determinar radios mayores.

Estar ubicada fuera de una franja contigua al punto de captación de aguas superficiales para agua potable, de una longitud de 1000 metros aguas arriba del punto de captación y 200 metros aguas abajo, y un ancho de 500 metros.

Disponer de una restricción al acceso de animales y personas para evitar riesgos sanitarios (cercos, señalética, etc.).

Almacenamiento pre-secado de lodos

En el Decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009), el almacenamiento de lodos estabilizados deberá:

“Garantizar que no existirán riesgos para la salud, el bienestar de la población y el medio ambiente, debiendo considerar un sistema de impermeabilización y de control de gases y olores. El sistema de impermeabilización debe impedir el escape o migración de líquidos, lateral y de fondo, y deberá consistir en una lámina sintética de polietileno de baja densidad de al menos 0,76 mm de espesor instalada sobre una capa de arcilla de espesor no inferior a 30 cm y una conductividad hidráulica no superior a 10^{-7} cm/s u otro sistema aprobado por la Autoridad Sanitaria que asegure igual o superior impermeabilidad” (Art. 12).

Transporte

Para transportar al área de secado los lodos que presenten una humedad igual o inferior a 85%, podrá realizarse en recipientes cubiertos en condiciones que impidan el escurrimiento, el derrame o la emisión del material particulado durante el mismo.

Acondicionamiento del área para secado de lodos

Los proyectos de mono-rellenos (Secado de lodos), deberán contar como medidas de contingencia con un sistema de impermeabilización y de control de gases y olores. Durante la operación se requerirá del recubrimiento diario de los lodos,

pudiendo la Autoridad Sanitaria exigir una mayor frecuencia si se generan problemas de olores durante la operación del sitio.

Instrumentos para los procesos de secado de lodos

Seguridad

Según Sedalib (2009), con la finalidad de que el personal cumpla con sus funciones y proteja su integridad física, así como su salud, es necesario que cuente con equipo y las herramientas apropiadas para la realización de su trabajo, así como con los elementos necesarios para su seguridad. El equipo de protección personal recomendable para el personal de la planta de tratamiento de aguas residuales de Covicorti y Cortijo es el siguiente:

- ✓ Cascos de seguridad.
- ✓ Botas de jebe.
- ✓ Guantes de cuero.
- ✓ Mascarillas anti-gas para los operadores de la cámara de rejillas y estación elevadora de aguas residuales.
- ✓ Mamelucos.
- ✓ Chalecos salvavidas cuando se ingrese en bote a las lagunas de estabilización o se limpien los diques interiores de las lagunas.

Procesos de la Valorización de los lodos:

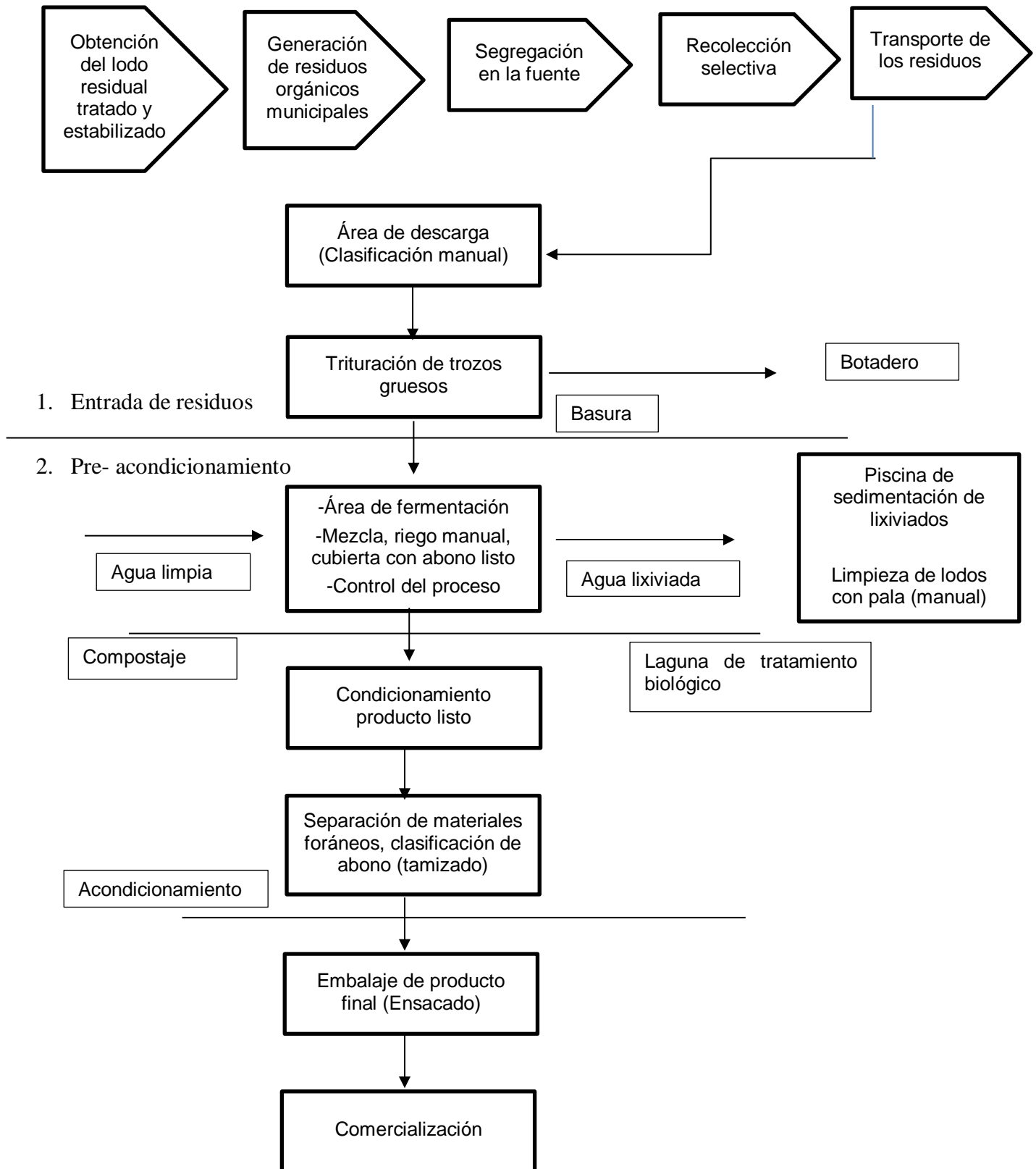


Figura 16. Diagrama de flujo de valorización

Requerimientos del compost para la adición en los suelos

Se requiere análisis y antecedentes del área de aplicación y su representación en un plano georreferenciado a escala de detalle que incluya las distancias a áreas residenciales, viviendas individuales y fuentes de agua potable, así como:

- a) Mapa básico de suelos caracterizados por unidades homogéneas.
- b) Superficie del área de aplicación.
- c) Pendiente (expresada como porcentaje).
- d) Profundidad efectiva del suelo.

Caracterización físico-química del suelo receptor de lodo:

- a) pH
- b) Conductividad eléctrica
- c) Clase textural del suelo
- d) Porcentaje de arena en suelos de textura gruesa
- e) Materia orgánica (expresados como porcentaje)
- f) Contenido total de los metales pesados en el suelo receptor de lodo, señalados en la Tabla 1 (expresados como mg/kg en base materia seca).

Tabla 1. Concentraciones máximas de metales en suelo receptor

Metal	Concentración máxima en mg/kg suelo (en base materia seca) ¹		
	Macrozona norte		Macrozona Sur
	pH >6,5	PH ≤6,5	pH>5
Arsénico	20	12,5	10
Cadmio	2	1,25	2
Cobre	150	100	75
Mercurio	1,5	1	1
Níquel	112	50	30
Plomo	75	50	50
Selenio	4	3	4
Zinc	175	120	175

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales

Figura 17. Concentraciones máximas en suelo receptor de compost

Fuente: Decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009)

La tasa máxima de aplicación de lodos al suelo es 90 Ton/ha por año (base materia seca).

Tabla 2. Concentraciones máximas de metales en lodos para aplicación al suelo

Metal	Concentración máxima en mg/kg. de sólidos totales (base materia seca) ¹	
	Suelos que cumplen los requisitos establecidos en este título	Suelos degradados que cumplen los requisitos establecidos en este título
Arsénico	20	40
Cadmio*	8	40
Cobre	1000	1200
Mercurio*	10	20
Níquel	80	420
Plomo*	300	400
Selenio*	50	100
Zinc	2000	2800

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales.

Figura 18. Concentraciones máximas de metales en lodos para aplicación al suelo

Fuente: Decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009)

Los lodos clase B deberán aplicarse con a lo menos 12 meses de antelación a la siembra. Prohibido la aplicación de lodos durante el ciclo vegetativo de estos cultivos.

En praderas y cultivos forrajeros, podrá procederse al pastoreo o a la cosecha sólo

transcurrido 30 días desde la última aplicación de lodos clase B.

Cantidad de lodos, en ton/año, base materia seca	Frecuencia mínima de análisis
0 – <300	Anual
300 – <1.500	Trimestral
1.500 – 15.000	Bimensual
Mayor a 15.000	Mensual

Figura 19. Frecuencia de análisis a efectuar a los lodos para el compost

Fuente: Decreto 4 - Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (Publicada por la Biblioteca del congreso Nacional de Chile 28 de octubre del 2009).

Presupuesto

En la investigación realizada por Onofre (2018), menciona los costos aproximados que requerirá el proceso para la realización de compost. “La implementación de la infraestructura para el proceso de compostaje para una producción anual de 21 toneladas por año es de S/. 96, 515 soles” (p.68). Si bien es cierto que en la estructura de costos se considera el caso del terreno puede ser obviado del costo inicial. En este sentido el costo básico es de S/. 96, 515 aproximadamente. Teniendo como base esta investigación, en la PTAR Covicorti para tratar 15 toneladas de lodo y transformadas a compostaje su costo aproximado es de S/. 68, 939, con las consideraciones de cada planta en el caso de esta propuesta se obvia los costos de sala de compostaje ya que se realizará en la misma área de secado, así mismo para la PTAR de Cortijo la transformación en compost de 6 toneladas producidas por dicha planta asciende un costo aproximado de S/. 27, 575 con el mismo criterio del uso del

área de secado de lodos para el compost. Por otra parte, el aditivo de protección con geomembrana para el secado de lodos es un agregado en esta presente propuesta.

Tabla 11. *Proyección económica de los costos para transformar lodos a compost PTAR Covicorti*

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costo Total S/.
MAQUINARIA				14 500
Trituradora de ramas	Unidad	1	12000	12000
Mochila Fumigadora (motor)	Unidad	2	1000	2000
Cosedora de costales	Unidad	1	500	500
EQUIPOS/ HERRAMIENTAS				2 050
Carretillas	Unidad	4	250	1000
Palas	Unidad	5	30	150
Picos	Unidad	5	30	150
Trinche	Unidad	5	30	150
Termómetro para Compost	Unidad	1	50	50
Medidor de Humedad	Unidad	1	550	550
MATERIALES				31 715
Equipos de protección personal	Unidad	Global	2000	2000
Microorganismos eficaces	Galones	2	120	240
Costales	Unidad	550	0.5	275
Cartón/ papel	M2	500	Reciclaje	-

Poda de hojas secas picadas	Saco	300	Programa Municipal	-
	(25kg)			
Poda de hojas verde picadas	Saco	300	Programa Municipal	-
	(25kg)			
Cascarilla de arroz	Saco	300	20	6000
	(30kg)			
Residuos orgánicos	Saco	300	Programa Municipal	-
	(25kg)			
Geomembrana	M2	4000	5.30	21200
Cilindros vacíos (55galones)	M2	500	4.00	2000
OTROS ACTIVOS FIJOS				-
Terreno de secado	M2	450	Incluido en la PTAR	-
Terreno de compostado	M2	450	Incluido en la PTAR	-

Costo Total: S/. 48 265

Tabla 12. Proyección económica de los costos para transformar lodos a compost en la PTAR Cortijo

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costo Total S/.
MAQUINARIA				14 500
Trituradora de ramas	Unidad	1	12000	12000
Mochila Fumigadora (motor)	Unidad	2	1000	2000
Cosedora de costales	Unidad	1	500	500

EQUIPOS/ HERRAMIENTAS

2 050

Carretillas	Unidad	4	250	1000
Palas	Unidad	5	30	150
Picos	Unidad	5	30	150
Trinche	Unidad	5	30	150
Termómetro para Compost	Unidad	1	50	50
Medidor de Humedad	Unidad	1	550	550

MATERIALES

13 314

Equipos de protección personal	Unidad	Global	2000	2000
Microorganismos eficaces	Galones	1	120	120
Costales	Unidad	300	0.5	150
Cartón/ papel	M2	300	Reciclaje	-
Poda de hojas secas picadas	Saco (25kg)	100	Programa Municipal	-
Poda de hojas verde picadas	Saco (25kg)	100	Programa Municipal	-
Cascarilla de arroz	Saco (30kg)	100	20	2000
Residuos orgánicos	Saco (25kg)	100	Programa Municipal	-
Geomembrana	M2	1480	5.30	7844
Cilindros vacíos (55galones)	M2	300	4.00	1200

OTROS ACTIVOS FIJOS

-

Terreno de secado	M2	350	Incluido en la PTAR	-
Terreno de compostado	M2	350	Incluido en la PTAR	-

Costo Total: S/. 29 864

CONCLUSIONES

Llega a ser viable la propuesta de valorización de lodos como material de compost al contribuir en una estrategia para la disposición final de los lodos, esto favorece a la mejora de suelos y evita el uso frecuente de fertilizantes químicos que dañan el ambiente. Los costos para la obtención del compost llegan a ser factibles como parte del presupuesto destinado para el tratado de lodos y al contar con un área como parte de la PTAR, disminuye los costos tanto del lugar como del transporte.