



Manual para MUNICIPIOS ECOEFICIENTES



Manual para
**MUNICIPIOS
ECOEFICIENTES**

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2009-15589

Ministerio del Ambiente

Impreso en: ENOTRIA S.A.
Av. Nicolás Ayllón 2890 Ate Vitarte Telf: 317-1600 317-1601 317-1602

Lima, Diciembre 2009



***Manual para
MUNICIPIOS
ECOEICIENTES***



El presente *Manual para Municipios Ecoeficientes* está dirigido a los funcionarios de los gobiernos regionales y municipales, responsables de la gestión ambiental; y tiene por objeto orientar en la identificación de la mejor alternativa ecoeficiente para el tratamiento y reuso de las aguas residuales, el reciclaje y disposición segura de los residuos sólidos y el ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible.





Presentación

El Perú es un país de grandes potencialidades, su cultura y diversidad ecológica significan las mejores oportunidades para su desarrollo y bienestar. El crecimiento económico, la equidad social y el valor ecológico pueden reforzarse mutuamente en torno a políticas públicas que permitan el equilibrio que signifique sostenibilidad.

La ecoeficiencia es una de las principales estrategias que el Ministerio del Ambiente viene impulsando para asegurar que el desarrollo del país esté enrumbado, satisfaciendo las necesidades de las presentes y futuras generaciones en base a una salud y productividad de su población, en armonía con la naturaleza.

El Perú no puede seguir siendo el destino de los residuos, producto del desarrollo. Los ciudadanos y las empresas deben asumir políticas ambientales encaminadas a buscar el bienestar, con el consumo de la menor cantidad posible de recursos naturales y, con una firme vocación hacia la generación de residuos cero. Para ello, la innovación debe convertirse en una de las principales estrategias para lograr esos objetivos.

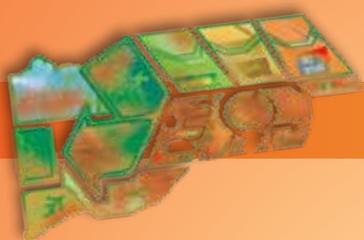
En ese sentido la ecoeficiencia aplicada a la gestión local no sólo es pertinente en el contexto del siglo 21, sino una de las medidas más inteligentes para revertir la grave situación ambiental por la que pasa el país en relación, por ejemplo, al tratamiento de las aguas residuales y la disposición final de residuos sólidos. Recurriremos a la creatividad e innovación para atender a la vez los dos principales problemas ambientales del planeta, la escasez de recursos naturales renovables para la demanda del desarrollo como el agua y la fragilidad de los ecosistemas saturados por la carga contaminante que ha recibido en los últimos cincuenta años.

La opción por los Municipios Ecoeficientes son parte de una decisión adoptada por el Ministerio del Ambiente para lograr metas en el corto plazo, compatibles con la ecoeficiencia en tres líneas prioritarias: tratamiento y reuso de aguas residuales domésticas; reciclaje y disposición final segura de residuos sólidos municipales; y, ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible. Es necesario convertir los problemas en grandes oportunidades y, a los residuos sólidos como a las aguas residuales, hay que empezarlos a ver como recursos que, con innovación tecnológica, aportarán al desarrollo de áreas verdes y creación de empleo entre muchos otros objetivos sociales, económicos y ecológicos.

El Ministerio del Ambiente, en coordinación con los Gobiernos Regionales y Locales, de manera corporativa y con una visión clara y compartida del desarrollo sostenible, desarrollará el fortalecimiento de capacidades y los programas necesarios de inversión, para que los Municipios Ecoeficientes sean una realidad en el más corto plazo en nuestro país.

Dr. Antonio Brack Egg
Ministro del Ambiente





Parte 1

Los Municipios ECOEICIENTES





LOS MUNICIPIOS ECOEFICIENTES

Son comunidades que aprovechan sus recursos y potencialidades con eficiencia, para el bienestar de su población y el desarrollo sostenible. Sus políticas son claras y están orientadas a la modificación de patrones de producción y consumo, a mejorar las técnicas disponibles y al involucramiento de una ciudadanía responsable.

El programa de municipios ecoeficientes es un programa de fortalecimiento de capacidades con énfasis en la asistencia técnica, orientada a identificar las mejores oportunidades para la implementación de ecoeficiencia, asimismo facilita las gestiones técnico financieras para el desarrollo de los proyectos y su implementación.

OBJETIVOS DEL PROGRAMA

1. Equidad: Amplia las oportunidades de la población.
2. Sostenibilidad: Satisfaciendo las necesidades de las presentes y futuras generaciones.
3. Eficacia y eficiencia: Produciendo más con menos recursos y menos impactos ambientales negativos.

POLÍTICAS

1. Patrones de producción y consumo ecoeficientes.
2. Mejor técnica disponible.
3. Responsabilidad ciudadana.

ESTRATEGIAS

1. Alianzas público - privadas.
2. Propiciar los acuerdos voluntarios (industrias, jóvenes, consumidores).
3. Difundir la existencia y condiciones de uso de los fondos privados.
4. Intensificar la comunicación ambiental.

La ecoeficiencia está estrechamente ligada al desarrollo sostenible, ya que equivale a optimizar tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y valor ecológico.

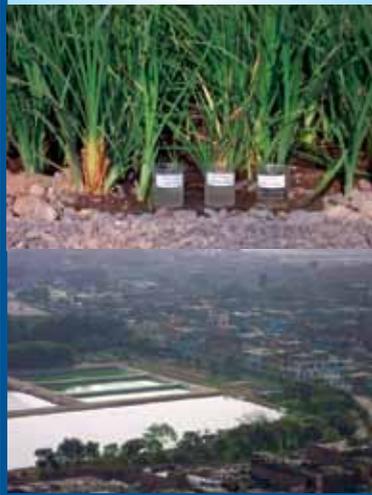
La ecoeficiencia significa "producir más con menos recursos y menos impactos negativos al ambiente".

LÍNEAS DE ACCIÓN DE MUNICIPIOS ECOEFICIENTES

El Programa de Municipios Ecoeficientes, a través de la asistencia técnica a los gobiernos locales, permitirá identificar las oportunidades para el tratamiento y reuso de las aguas residuales; el reciclaje y disposición segura de los residuos sólidos. Asimismo, el ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible; asimismo apoyará en las gestiones técnico financieras para el desarrollo de los proyectos y su implementación.



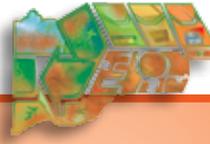
1. TRATAMIENTO Y REUSO DE LAS AGUAS RESIDUALES



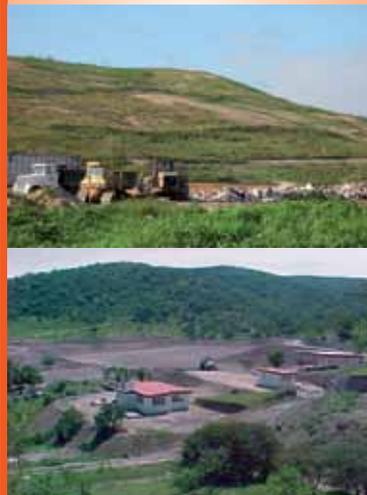
1. Ahorro de agua en empresas y domicilios.
2. Minimización de la generación de efluentes.
3. Tratamiento y reuso de las aguas residuales.
4. Disposición segura de las aguas residuales.

Tecnologías ecoeficientes:

- Reactores anaerobios de flujo ascendente;
- Lagunas de estabilización;
- Humedales artificiales;
- Filtros percoladores.



2. RECICLAJE Y DISPOSICIÓN FINAL SEGURA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

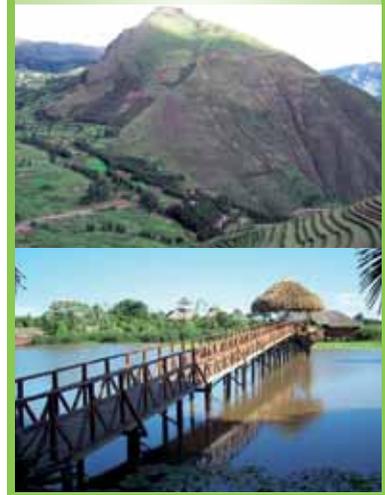


1. Minimización de la generación de residuos sólidos.
2. Reciclaje de residuos sólidos.
3. Recolección, transporte y transferencia eficiente de residuos sólidos.
4. Disposición segura de residuos sólidos.

Tecnologías ecoeficientes:
Plantas de reciclaje de residuos; compostaje; rellenos sanitarios manuales y mecanizados. Se promueve la formalización de segregadores.



3. ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



1. Zonificación ecológica-económica.
2. Circuitos de riqueza por agregación de actividades económicas y sociales.
3. Áreas verdes conservadas y productivas.
4. Planeamiento de la ciudad.
5. Ordenamiento del transporte.

Acciones ecoeficientes:
Manejo integrado de cuencas; ejes de desarrollo; análisis de potencialidades y limitaciones; y análisis de vulnerabilidad.

DEFINICIÓN DE LA ECOEFICIENCIA

Las crecientes “necesidades” de los seres humanos de las actuales y futuras generaciones, así como las mayores “limitaciones” del ambiente para satisfacerlas, nos obliga a adoptar patrones de producción y consumo ecoeficientes, los que deben fortalecerse con políticas públicas firmes y una gestión consecuente con el modelo de desarrollo sostenible. Esta opción obliga a ejecutar un proceso de gestión capaz de lograr la eficiencia en relación a la satisfacción de las necesidades, así como la recuperación y cuidado de nuestro medio ambiente; garantizando las condiciones de vida adecuadas para las presentes y futuras generaciones.

Entre otros, dos son los factores que se deben tener en cuenta para abordar la ecoeficiencia como un enfoque estratégico, el primero está relacionado con que "a los recursos renovables no se les está concediendo el tiempo necesario para que se renueven, de tal forma que se está viviendo del capital del planeta más que de sus intereses". El segundo factor debe tener en cuenta que "los sistemas para absorber y disponer de desechos y contaminantes están llegando al límite de su capacidad".

Los elementos o acciones esenciales de la ecoeficiencia, entre otros, son:

- 1.Reducir la cantidad de materiales utilizados en la producción de bienes y servicios.
- 2.Reducir el consumo de energía en la elaboración de productos y servicios.
- 3.Reducir la dispersión de residuos en el aire, agua y suelo.
- 4.Aumentar la capacidad de los bienes para reciclarse.
- 5.Llevar al máximo el uso sostenible de recursos naturales.
- 6.Aumentar la durabilidad de los materiales empleados.
- 7.Aumentar la vida útil de los bienes y servicios producidos.

La definición de la ecoeficiencia* para fines programáticos es: "Producir más con menos recursos naturales y menos contaminación ambiental".

*El Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) establece que "La ecoeficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humanas y proporcionen calidad de vida, mientras progresivamente reducen los impactos ecológicos y el consumo de recursos a los largo de su ciclo de vida, por lo menos hasta un nivel acorde con la capacidad de carga estimada de la tierra.

LA ECOEFICIENCIA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

La ecoeficiencia se debiera aplicar en la administración pública, especialmente en los gobiernos locales. La gestión pública se convierte en ecoeficiente cuando: actúa, invierte, presta servicios y elabora productos de la mejor calidad posible, con el menor consumo de recursos naturales, generando los menores impactos al ambiente. Promueve, gestiona y controla el desarrollo local y regional, teniendo como objetivo, su aplicación en el quehacer cotidiano de los actores políticos, sociales y económicos en favor del desarrollo.

Lo que nos lleva a definir que una localidad es ecoeficiente cuando sus actores sociales y económicos generan desarrollo sustentable contribuyendo concurrentemente a los objetivos del crecimiento económico, equidad social y valor ecológico.

En este contexto el Ministerio del Ambiente, asume la Ecoeficiencia como la filosofía que le permite impulsar un accionar destinado a mejorar las condiciones de competitividad del país de cara al siglo 21, para una transición rápida hacia el desarrollo sostenible. Tanto la iniciativa privada como la gestión pública deben impregnarse de dicha filosofía. Las oportunidades para el desarrollo requieren de un accionar conjunto, los esfuerzos públicos y privados deben reforzarse mutuamente para el bien del Perú.

El crecimiento económico, la equidad social y el valor ecológico son objetivos compartidos y la ecoeficiencia nos permite complementarlos para lograr el desarrollo sostenible.

La ecoeficiencia puede ser asumida por la administración pública, sobre todo por los gobiernos locales, que están más cerca de la población, y son los más idóneos, para ejercer la competencia o función que se requiera para sacar adelante a la localidad, por ello se propone desarrollar la ecoeficiencia a nivel local a través del Programa de Municipios Ecoeficientes.



Proceso de desarrollo del Programa de Municipios Ecoeficientes

1. Para la adhesión voluntaria al Programa de Municipios Ecoeficientes, el Alcalde manifiesta al MINAM su interés de adherirse al programa de manera voluntaria.
2. Para el fortalecimiento de la Gestión Ambiental Local Eficiente, el MINAM apoya los siguientes procesos: diseño de un plan de acción, fortalecimiento de la Gestión Ambiental Local Sostenible, GALS.
3. Para la capacitación y asistencia técnica, el MINAM y el Municipio cooperan para lograr capacidades y desarrollar proyectos sobre: ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible; tratamiento y reuso de aguas residuales; y reciclaje y disposición segura de residuos sólidos.
4. Para fortalecer la sinergia con iniciativas para el nivel local; el MINAM y el Municipio coordinan la articulación de la iniciativa con: Municipios saludables; Municipios sostenibles; Red de Municipalidades Rurales, y otros grupos similares.
5. Para la intervención y cambio de la realidad ambiental local, el Municipio promueve la participación plena de la población y resuelve los problemas ambientales priorizados, aplicando estrategias de participación privada, movilización de fondos, y comunicación ambiental.
6. Promueve y difunde la responsabilidad pública ambiental. El Municipio rinde cuentas públicas de su gestión eficiente a través de vigilancia ambiental; información ambiental; rendición de cuentas; y, certificación de municipio ecoeficiente.





EL SISTEMA DE GESTIÓN *ambiental local*

El Programa de Municipios Ecoeficientes, por su orientación de eficiencia económica y ambiental, y por su naturaleza de fortalecimiento de capacidades, refuerza y ayuda al desarrollo de los sistemas de gestión ambiental local, facilitando su institucionalización y sostenibilidad, así como el de la autoridad ambiental, en el nivel del gobierno local.

La ecoeficiencia, sin embargo, va más allá de las obligaciones normativas; por eso, es una decisión voluntaria que permite, a las autoridades locales y a la sociedad en conjunto, dar soluciones definitivas a los problemas ambientales prioritarios.

Las competencias del nivel local en materia ambiental son:

Competencias ambientales de los gobiernos locales, según la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades:

- Coordinar con los diversos niveles de gobierno nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento y de gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental.
- Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial (municipalidad provincial).
- Determinar las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de desechos (municipalidad distrital).
- Fiscalizar y realizar labores de control respecto de la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente (municipalidad provincial y distrital) pero en ambos casos está señalada como función exclusiva.

- Los gobiernos locales promueven el desarrollo integral para viabilizar el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental.

- Sistema de Gestión Ambiental Local.

- La autoridad municipal debe disponer el decomiso de productos que constituyen peligro contra la vida o la salud y de los artículos de consumo prohibidos por la ley.

Asimismo, la Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización, establece:

Municipalidades rurales

En concordancia con la promoción del desarrollo municipal en zonas rurales, el Programa de Municipios Ecoeficientes pone énfasis en la atención de los problemas ambientales y la identificación de potencialidades y oportunidades para el desarrollo sostenible de las zonas rurales.



COMPETENCIAS MUNICIPALES EXCLUSIVAS

- Planificar el desarrollo urbano y rural de su circunscripción.
- Normar la zonificación de su ámbito.
- Formular y aprobar el plan de desarrollo local concertado con su comunidad.
- Administrar y reglamentar los servicios públicos locales.
- Ejecutar y supervisar obras públicas de carácter local.
- Dictar normas sobre los asuntos y materias de su responsabilidad.

COMPETENCIAS MUNICIPALES COMPARTIDAS

- Educación.
- Salud pública.
- Administración de áreas naturales protegidas.
- Locales, la defensa y protección del ambiente.
- Transporte colectivo y tránsito urbano.
- Vivienda y renovación urbana.
- Gestión de residuos sólidos.



Parte 2

***Tratamiento y Reuso de
AGUAS RESIDUALES***





INTRODUCCIÓN

Existen varios aspectos que deben ser considerados dentro del enfoque de ecoeficiencia por parte de un gobierno Municipal. En el campo del tratamiento de las aguas residuales se plantean un conjunto de programas y planes de implementación, cuyo objetivo, enfocado en la ecoeficiencia, recae en la introducción y aplicación de buenas prácticas, aplicación de la reingeniería de procesos y el análisis del ciclo de vida del agua.

La implementación de la ecoeficiencia se inicia con la mejora de los procesos, aplicando medidas de eficiencia energética, ahorro de agua, buena disposición de residuos sólidos y tóxicos, evitando arrojarlos al alcantarillado.

Por otro lado, el análisis del ciclo de vida aplicado al caso del agua implica ver su origen, su uso como medio de transporte de material contaminante, su tratamiento y su reuso. En ese contexto resulta vital impulsar la recirculación del agua, dentro de procesos productivos.

Es importante incluir como parte de los objetivos de la gestión Municipal o Regional, un Plan de “reuso de las aguas residuales tratadas”, tal que permita el aprovechamiento integral de los recursos hídricos dentro del ciclo de vida del agua. Allí donde los recursos hídricos son particularmente escasos, el reuso de las aguas residuales coincide con dos objetivos fundamentales: protección a la salud y la gestión ambiental de los recursos hídricos.

La ecoeficiencia aplicada al tratamiento de aguas residuales no discrimina las tecnologías existentes o empleadas, sino propicia mejorar la articulación de los componentes, para crear operaciones y procesos que, en conjunto, sean más económicos, tengan mejor eficiencia y sean ambientalmente amigables al ser empleados en la depuración de las aguas residuales.

*en la gestión de
aguas residuales municipales*

Los principios de Ecoeficiencia Municipal en la Gestión de Aguas Residuales Municipales se enfocan en los siguientes aspectos básicos:

2.1.1. ESTRATEGIAS DE ECOEFICIENCIA EN LA GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Es vital incluir la cultura del ahorro del agua potable para reducir la cantidad de aguas residuales que se generan en las ciudades y por ende reducir el tamaño y complejidad de las instalaciones necesarias para su tratamiento. La optimización del consumo del agua potable de parte de la población, implica el uso racional del recurso y es la primera estrategia dentro de una visión de ecoeficiencia Municipal. Es por tanto importante desarrollar e impulsar la implementación de un plan de manejo racional del agua.

Diffícilmente un plan de gestión ecoeficiente de aguas residuales puede tener éxito si la gestión sobre el uso racional del agua potable no es parte del enfoque de ecoeficiencia.

El enfoque del Municipio Ecoeficiente tiene su mejor cimiento en la existencia de viviendas ecoeficientes, vale decir, viviendas concebidas y desarrolladas bajo los conceptos de sostenibilidad que articula la estrategia global del Municipio al interior de sus propias instalaciones, con una serie de mejoras que suponen un menor impacto ambiental y un menor consumo de recursos. Si los ciudadanos pueden reducir el consumo de agua en sus hogares, notarán una reducción en la facturación por dicho concepto y a la vez estarán cooperando con la gestión adecuada de los recursos hídricos.

Son estrategias básicas del desarrollo del sistema de ecoeficiencia, aplicado a la gestión de las aguas residuales, las citadas a continuación:

- Promover el uso de tecnología que reduzca el consumo de agua.
- Incorporar el concepto de uso de agua residual doméstica tratada en las políticas de la entidad de

agua y saneamiento, y promover la participación de otros agentes económicos y sociales.

- Utilizar la tecnología que sea necesaria para remover organismos patógenos humanos y otros contaminantes del agua residual doméstica, para alcanzar la calidad sanitaria requerida para su nuevo uso de ser el caso.
- Elaborar propuestas con criterio de costo-eficiencia para el tratamiento del agua residual doméstica, acorde con las reales posibilidades de pago de la comunidad, a fin de asegurar la sostenibilidad del servicio. En tal sentido optar por sistemas que no consuman energía eléctrica en tanto sea posible.
- Sensibilizar a la comunidad respecto a la necesidad de asumir el costo del tratamiento del agua residual doméstica que se genera.
- Incluir el costo del tratamiento del agua residual doméstica en las tarifas de los servicios públicos.
- Diseñar estrategias para propiciar el incremento de las conexiones domiciliarias a los sistemas de alcantarillado, para optimizar su capacidad.
- Concertar la distribución del costo del tratamiento del agua residual doméstica entre quienes la generan y la aprovechan.
- Desarrollar sistemas integrados de tratamiento y uso productivo de agua residual doméstica, para optimizar los beneficios, así como reducir y distribuir mejor los costos.
- Ubicar estos sistemas integrados de tratamiento y uso del agua residual doméstica en áreas con capacidad productiva, para que generen beneficios económicos, sociales y ambientales.



- Promover el máximo aprovechamiento del agua residual doméstica tratada, para reducir al mínimo su descarga al ambiente.
- Realizar un manejo sanitario apropiado de los lodos y otros residuos generados por el tratamiento del agua residual doméstica.

En nuestro país se cuenta con algunos ejemplos de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, cuyo efluente es reutilizada para regar áreas verdes de centros recreacionales, parques y jardines públicos, cementerios y colegios, cuyos propietarios se han visto favorecidos al superar largamente las expectativas previstas. Sin embargo, se debe mencionar que existen casos en los que las aguas residuales son mal tratadas, o simplemente no son tratadas, y que se han venido usando para riego de tierras agrícolas en cultivos de pan llevar los cuales atentan contra la salud pública.

Este manual nos muestra un conjunto de alternativas de tratamiento, principalmente secundario, de aguas residuales domésticas. Se señala que, a partir del efluente tratado, es posible su reutilización, tanto técnica, como ambientalmente, siempre y cuando los sistemas sean operados y mantenidos adecuadamente. Asimismo, debemos tener en cuenta que las alternativas tecnológicas que mostramos son las más usadas y no las únicas, y que toda tecnología empleada es buena, en tanto se la adapte adecuadamente a circunstancias y objetivos de reutilización específicos. Además, quizá algunas sean más recomendables en relación con los costos de producción o de operatividad, y otras sean más adecuadas en ahorro de energía, espacio, facilidad de operación, estabilidad o confiabilidad. Es por ello que este manual está pensado para ser un documento orientador y no un recetario rígido, donde se describe y muestra una serie de propuestas tecnológicas usadas para tratar las aguas residuales, así como ejemplos de reutilización de las mismas para fines diversos, que los Municipios Ecoeficientes deberán considerar en su gestión.



2.2

IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO

y reuso de aguas residuales

Las aguas residuales producidas en el ámbito municipal requieren el tratamiento apropiado, previo a su reuso o disposición final, con la finalidad de proteger el ambiente y la salud de la población. En la perspectiva de los Municipios Ecoeficientes, se trata de plantear la mejor combinación de opciones tecnológicas, que permitan el tratamiento de las aguas contaminadas, minimizando el uso de recursos disponibles, con el mayor beneficio ambiental y al menor costo económico.

En la selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, la ecoeficiencia busca integrar unidades que en conjunto permitan alcanzar los objetivos del tratamiento, pero basado en los siguientes criterios:

- Menor área de terreno empleado.
- Reducir el empleo de energía eléctrica.
- Reducir el uso de químicos u otros insumos que impliquen consumo de recursos y por lo tanto mayor costo.
- Reducir la generación de lodos resultantes del proceso de tratamiento.
- Promover la generación de biogás como subproducto del tratamiento.
- Reuso de las aguas residuales tratadas.



Figura N° 2.1: Vista panorámica de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas, implementado en el distrito de San Borja - Lima.

El resultado de un sistema ecoeficiente de tratamiento de desagües es finalmente aquel que priorice los máximos beneficios que se pueda obtener con dicho sistema.

La generación de biogás en sistemas de tratamiento con procesos biológicos anaerobios ha sido ya empleada en varias zonas con climas cálidos y puede ser promovido como una tecnología de enfoque ecoeficiente.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reuso.

2.3.1. NIVELES DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines prácticos han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. A continuación se describe las consideraciones que caracteriza cada nivel.

2.3.1.1. Pretratamiento o tratamiento preliminar

Tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejillas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos.

2.3.1.2. Tratamiento primario

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un buen sistema de tratamiento primario. Por ejemplo en la ciudad de Ayacucho se han instalado 6 unidades de tanque Imhoff como parte del sistema de tratamiento. También se emplea tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación y lagunas primarias en sistemas de lagunas de estabilización.

Una reciente investigación en Brasil ha encontrado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA o también conocido como UASB por sus siglas en inglés) como un sistema que puede ser promovido como unidad primaria de tratamiento. Aunque esto desvirtúa el concepto tradicional del tratamiento UASB, que ha sido considerado de nivel secundario, su inclusión en los procesos de tratamiento como unidad primaria ha tenido resultados positivos, coincidiendo con el enfoque de ecoeficiencia sobre la mejora en la eficiencia de los procesos, por lo que resulta una opción innovadora que será descrita más adelante.

2.3.1.3. Tratamiento secundario

El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO. Los sistemas más empleados son:

- Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos.
- Lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y los de aireación extendida.
- Lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas.

2.3.1.4. Tratamiento terciario

La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas.



El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutroficación o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas.

El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros.

2.3.2. OTROS PROCESOS RELACIONADOS CON LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.3.2.1. Desinfección

Se emplea para reducir el contenido de bacterias y virus presentes en las aguas residuales tratadas, previo a su disposición final. La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades. Los tres principales métodos de desinfección en aguas residuales son la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV).

El uso de cloro para desinfectar aguas residuales es un método utilizado por muchos municipios. Aunque es una práctica muy común, se debe indicar que la materia orgánica remanente, presente en el agua residual tratada, oxida el cloro reduciendo su acción desinfectante y permite la formación de compuestos químicos organoclorados que pueden causar problemas a la salud pública, con efectos cancerígenos, poniendo en peligro la vida acuática y puede quedarse en el medio ambiente durante períodos prolongados.

Por otro lado, cuando una planta de tratamiento no dispone de unidades de desinfección, difícilmente puede lograr efluentes con menos de 1,000 coliformes fecales/100 ml, parámetro de calidad requerido para el reuso en riego de áreas agrícolas o áreas verdes de contacto primario que pueden ser utilizadas por el público. En vista del interés de balancear los impactos ambientales

de la cloración con la necesidad continua de una desinfección efectiva, muchas empresas de servicio han optado por seguir otros métodos para la desinfección. La ozonización y la radiación UV son dos opciones adicionales de desinfección, que no generan sustancias químicas residuales en el agua tratada.

Los sistemas de tratamiento por ozonización han sido utilizados en las operaciones de tratamiento de agua desde principios del Siglo XX. En la década del 70, ingenieros de Estados Unidos comenzaron a utilizar el ozono como una alternativa de desinfección de aguas residuales. Los sistemas de desinfección por ozono se producen mediante la creación de una descarga eléctrica en corona, similar a los relámpagos y rayos durante las tormentas eléctricas. El ozono se mezcla con agua o aguas residuales para lograr la desinfección deseada.

La desinfección UV funciona en forma diferente a la cloración y la ozonización, en el sentido de que durante el proceso UV, los patógenos no son destruidos y más bien pierden su capacidad de reproducción. En un sistema de desinfección UV, de aguas residuales, la acción natural de este proceso es acelerada mediante la concentración intensa de rayos ultravioleta, por lo que su efectividad va asociada a la menor turbiedad presente en el agua.

2.3.2.2. Tratamiento de residuos sólidos retenidos y lodos producidos

El tratamiento de las aguas residuales genera una serie de residuos, resultantes de las operaciones y procesos. Los residuos sólidos son esencialmente los materiales retenidos en las cámaras de rejillas y desarenadores. Por su parte, en los sedimentadores, tanto primarios como secundarios, se produce lodos con alto contenido de material orgánico e inorgánico que se acumulan en las tolvas de sedimentadores y deben ser retirados periódicamente. La fracción de residuos sólidos retenidos en el pretratamiento puede ser dispuesto en forma apropiada en un relleno sanitario, oficialmente autorizado. Por su parte los lodos generados en los procesos de tratamiento, antes de su disposición final, deben ser acondicionados y tratados. Debido a su alto contenido de materia orgánica putrescible, los lodos suelen ser tratados por deshidratación y de ser posible se hace un tratamiento especial, empleando procesos biológicos de digestión: anaerobia, digestión aerobia, oxidación procesos de compostaje e incineración.



De las opciones, antes descritas, se dispone de un procedimiento que puede ser destacado dentro de un enfoque de ecoeficiencia. El tratamiento de lodos mediante su deshidratación en lechos de secado y su inclusión progresiva en la producción de humus con lombrices, empleadas para dicho fin, permiten obtener productos de gran utilidad en el campo de la agricultura. Se han producido mediante sistemas controlados del manejo de lodos tratados, complementados con otros insumos naturales, materiales que son utilizados como mejoradores de suelos.

Otro proceso muy apropiado para reducir el volumen de lodo y que favorece su manejo en cantidades menores, sobre todo en plantas de tipo aerobio, corresponde a la digestión de lodos mediante el reactor de tratamiento anaerobio. La alta concentración de materia orgánica, presente en el lodo, da condiciones apropiadas para su tratamiento mediante bacterias anaerobias, reduciendo el volumen del lodo y con producción de gas metano como resultado de dicho proceso.

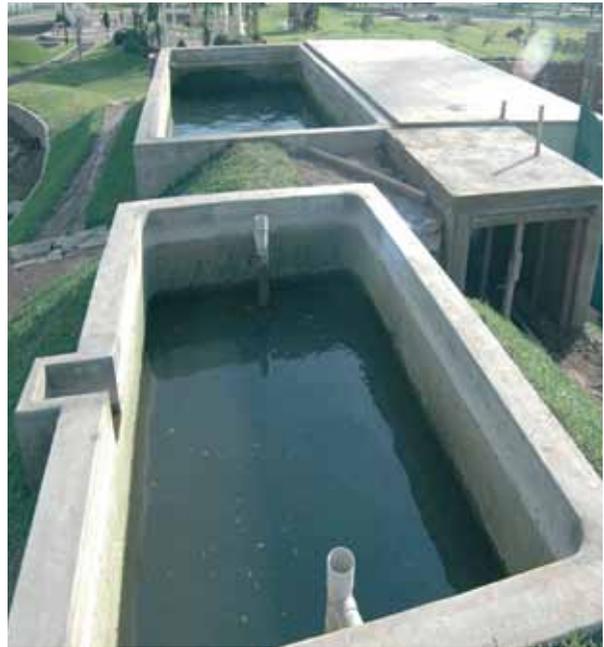


Figura N° 2.2: El tratamiento de las aguas residuales se realiza mediante un conjunto de operaciones y procesos secuenciales, que reducen progresivamente el contenido de sustancias y elementos contaminantes del agua que ingresa a la Planta de tratamiento.



2.4

ALGUNOS CRITERIOS PARA seleccionar sistemas de tratamiento de aguas residuales

Cuando se quiere optar por un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar las exigencias de calidad del agua a tratar para su disposición en un cuerpo receptor o con fines de reuso, de manera coherente con la realidad local (actual y proyectada).
- Buscar las mejores posibilidades del reuso de las aguas tratadas, para obtener el mayor beneficio social (salud pública), ambiental (gestión ambiental de los recursos hídricos) y económico.
- Incluir dentro de los costos de inversión, operación y mantenimiento, un presupuesto para la intervención social y los análisis de agua necesarios para la evaluación y monitoreo del sistema de tratamiento.
- Contar con la información básica para elaborar el estudio definitivo y el expediente técnico, cuyo contenido y especificaciones se encuentran regulados en sus aspectos técnicos y de parámetros de calidad del agua.
- Planificar la disponibilidad del área, conseguir la aceptación de la población (la cual debe ser capacitada y sensibilizada), y, por último, lograr el compromiso y organización de la sociedad civil y sus autoridades.
- Conocer la normatividad legal y técnica sobre plantas de tratamiento de aguas residuales. Se deberá considerar también la calidad del efluente, para los fines de aprovechamiento deseado.
- Ser eficiente en la remoción de patógenos y ajustarse a los parámetros convencionales de los procesos más empleados (ver cuadro N° 1).
- Contar con personal responsable del mantenimiento y operación de la planta, debidamente capacitado y sensibilizado.



Figura N° 2.3: Ejemplos de algunas alternativas de tratamiento de aguas residuales:

- A. Filtro percolador.
- B. Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA).
- C. Laguna de estabilización.

Cuadro N° 2.1: Remoción esperada de materia orgánica, sólidos en suspensión y microorganismos patógenos, según el tipo de procesos de tratamiento de aguas residuales.

Procesos de tratamiento	Remoción (%)		Remoción (ciclos log ₁₀)		
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos	Quistes
Sedimentación primaria	25 - 30	40 - 70	0 - 1	0 - 1	0 - 1
Lodos activados (a)	70 - 95	70 - 95	0 - 2	0 - 1	0 - 1
Filtros percoladores (a)	50 - 90	70 - 90	0 - 2	0 - 1	1 - 2
Lagunas aireadas (b)	80 - 90	(c)	1 - 2	0 - 1	0 - 1
Zanjas de oxidación (d)	70 - 95	80 - 95	1 - 2	0 - 1	
Lagunas de estabilización (e)	70 - 85	(c)	1 - 6	1 - 4	2 - 4
Biofiltros	80 - 95	80 - 95	1 - 2	0 - 2	0 - 1
Desinfección	-	-	1 - 2	1 - 3	0 - 1

(a) Precedidos de tratamiento primario y seguidos de sedimentación secundaria.

(b) Incluye laguna secundaria.

(c) Dependiente del tipo de lagunas.

(d) Seguidas de sedimentación.

(e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: Temperatura, periodo de retención y forma de las lagunas.

1 ciclo de log₁₀ = 90% remoción;

2 ciclos = 99%;

3 ciclos = 99.9%; etc.

Fuente: Feachem et al., 1983; Mara et al., 1992; Yáñez, 1992; Norma Técnica OS.090.

Es importante recalcar que para el éxito de un proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, en pequeños municipios o localidades de menos de 2000 habitantes, se debe incluir la participación ciudadana como parte de los procesos de implementación, informando a los pobladores sobre los criterios adoptados en la toma de decisiones, el tipo de tecnología a emplear y la reutilización que se desee dar al agua residual tratada.

Lo anterior incluye brindar capacitación para que comprendan, como beneficiarios de una infraestructura, las bondades y ventajas de tratar adecuadamente las aguas residuales, así como los compromisos que deben adquirir en las etapas de construcción y funcionamiento del sistema de tratamiento.



Figura N° 2.4: Vista panorámica de un sistema de tratamiento de aguas residuales por medio de lagunas aireadas.

2.5

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

para el tratamiento de aguas residuales



Figura N° 2.5: Vista de una planta de tratamiento que emplea lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales. El diseño hidráulico de ingreso y salida a las lagunas es importante para mejorar la eficiencia de los procesos de tratamiento en este tipo de unidades.

La escasez de recursos hídricos y la contaminación ambiental, que viene alterando las condiciones del planeta, obliga al desarrollo y adecuación tecnológica en las diferentes actividades humanas y por ende también en el campo del tratamiento de aguas residuales.

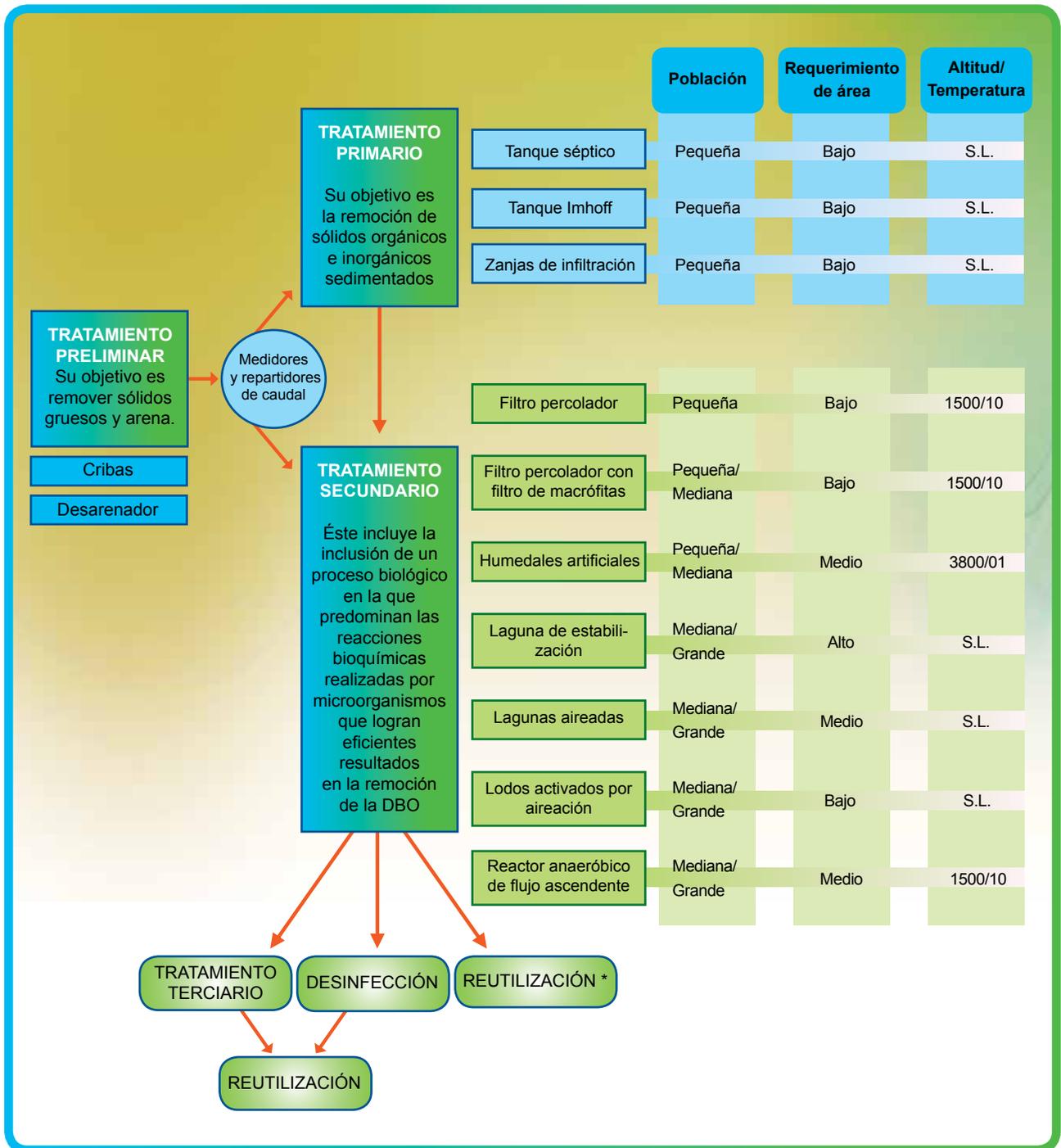
Para la implementación de un sistema de tecnologías descritas a continuación, se requiere necesariamente la asistencia de personal técnico y profesionalmente calificado, de modo que se garantice la buena ejecución de los diseños y las obras. Asimismo se debe contar con personal capacitado en labores de operación, mantenimiento y seguridad de sistemas de tratamiento. Es importante revisar y adoptar la legislación y las normativas vigentes que regulan los alcances y obligaciones sanitarias y ambientales de un sistema de tratamiento de aguas residuales para los fines establecidos en su diseño.

Figura N° 2.6: Vista panorámica de lagunas de estabilización construidas en la Universidad Nacional de Ingeniería.

Las tecnologías mostradas en el diagrama siguiente y descritas a continuación, sobre el tratamiento de aguas residuales, resume las condiciones técnicas de cada una, especificando sus alcances y limitaciones, así como sus ventajas y desventajas.



Cuadro N° 2.2: Flujograma de tecnologías empleadas en el tratamiento de Aguas Residuales.



Nota: Los datos mostrados sobre niveles de población son referenciales, pues hay que considerar entre otros factores el costo beneficio por habitante.

* Considerar la calidad del efluente para definir el tipo de uso.

S.L.: Sin Límite. Se debe tomar en cuenta que a mayor altitud la eficiencia de los sistemas generalmente disminuye e incrementan los costos.

Altitud: Metros sobre el nivel del mar (msnm).

Temperatura: en grados centígrados. (°C)

Interpretación de 1500/10: Sistema de tratamiento comprobado que funciona bien hasta los 1500 msnm o a temperaturas superiores a 10°C. (lo mismo para 3800 / 01). A mayores altitudes no se tiene referencia.

2.5.1. UNIDADES DE PRETRATAMIENTO O TRATAMIENTO PRELIMINAR

Son aquellas instalaciones que permiten el acondicionamiento del agua, previo al tratamiento, cuyo fin es retener sólidos gruesos, plásticos, material flotante, grasas y material rápidamente sedimentable como gravas y arenas presentes en el agua residual municipal. No se consideran como unidades de tratamiento propiamente dicho porque las operaciones que se realizan en dichas unidades reducen escasamente la materia orgánica soluble, retirando básicamente el material fácilmente removible. El retiro de estos sólidos y materiales permite prever posibles obstrucciones y perjuicios de los procesos de tratamiento que se consideren en la Planta de Aguas Residuales.

Es importante que la Planta de Tratamiento incluya como parte del pretratamiento una unidad de medición de caudal. Dicho componente puede ser una canaleta tipo parshall o también pueden usarse vertederos graduados para registros de nivel y cálculo de caudales.

Toda Planta de Tratamiento debe tener como mínimo una cámara de rejas, un desarenador y un sistema de medición de caudal, ya sea de canaleta parshall o vertedero de control.



Figura N° 2.7: Las cámaras de rejas permiten la retención de residuos sólidos y material grueso previo al ingreso a las unidades de tratamiento primario.

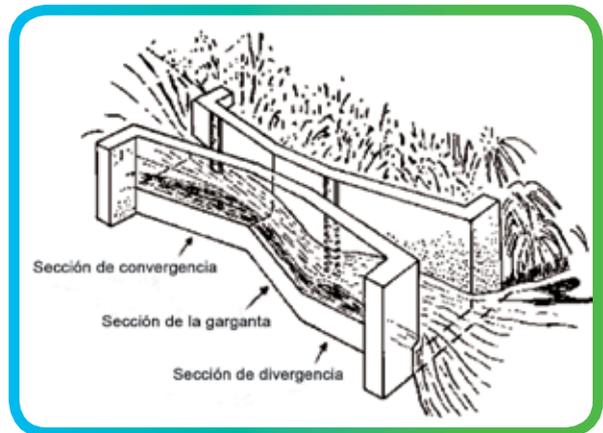


Figura N° 2.8: Una forma de medir el caudal de ingreso a la planta es mediante la canaleta Parshall mostrada en esta figura.

2.5.2. UNIDADES DE TRATAMIENTO PRIMARIO

El tratamiento primario corresponde a aquella unidad previamente empleada antes de un sistema de tratamiento biológico (prioritariamente de tipo aerobio) o secundario, con la finalidad de reducir la carga. Por ello, las operaciones unitarias que se han desarrollado en las unidades de tratamiento primario remueven los sólidos suspendidos, rápidamente sedimentables, sin alcanzar a remover sustancialmente el material coloidal ni las sustancias disueltas existentes en el agua residual. La principal unidad empleada para el tratamiento primario en las Plantas de Tratamiento de Desagües, es el Tanque de Sedimentación Primaria o Sedimentador Primario.

La configuración de esta unidad ha sido adaptada según diferentes necesidades, en tamaño y forma. En la actualidad existen sedimentadores de tipo circular, alternativos a los tradicionalmente empleados, que eran de forma rectangular. Así mismo, en diversos casos se ha empleado los tanques Imhoff y tanques de flotación.

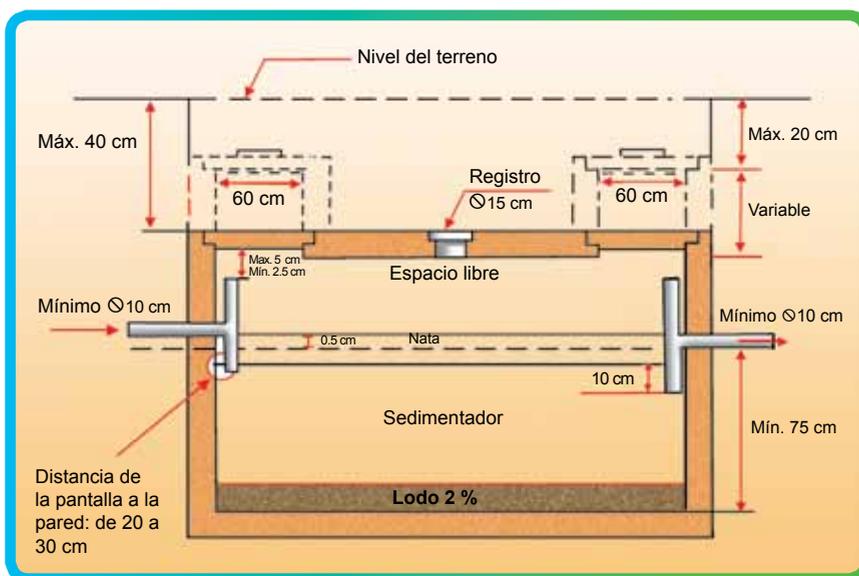
En Brasil se ha experimentado la aplicación de los reactores anaerobios RAFA como unidades de tratamiento primario, precedidos de unidades de pretratamiento. En todos los casos la finalidad de dichos procesos ha sido lograr eficiencias mejores en la remoción de materia orgánica (DBO) en la primera parte del proceso.

2.5.2.1. Tanques sépticos con zanjas de infiltración

En localidades pequeñas de tipo rural o zonas con generación de desagües inferior a los 20m³/día (0.23 lps) suele emplearse el tanque séptico como unidad de tratamiento primario y es usualmente seguido de un sistema de infiltración. El volumen total del tanque dependerá del volumen diario de retención de líquidos, lodos y natas. Esta cámara

séptica tiene, generalmente, forma rectangular y puede estar dividida en dos o más compartimientos para permitir la retención de espumas y objetos flotantes, la sedimentación de sólidos y la digestión progresiva de la materia orgánica sedimentada. Con dichas operaciones unitarias no se logra la remoción significativa de la materia orgánica como DBO. Por tanto, es necesario realizar un tratamiento adicional para remover los contaminantes disueltos presentes en el efluente.

Figura N° 2.9: Dimensiones usuales para el diseño de un Tanque Séptico.



Fuente: OPS/CEPIS/05.164 UNATSABAR

Esta alternativa debe tener en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

- El aparato sanitario debe ser ubicado preferentemente en el interior de la vivienda, y, en el caso de que se ubique externamente, la distancia a la vivienda no debe ser mayor de 5 m.
- En caso de tener varias viviendas conectadas a una sola cámara es conveniente contar con una trampa de grasa, para evitar obstrucciones en las tuberías y formación de capas de grasa en el interior del tanque, ya que al formarse una capa impermeable en la superficie del agua, disminuye la capacidad de tratamiento del sistema.
- Como parte del mantenimiento de la cámara, los sólidos acumulados, que constituyen los lodos fecales digeridos, deben ser extraídos por lo menos una vez al año, tiempo que puede variar en función del número de personas, costumbre de consumo, etc.
- Al final del proceso, las aguas clarificadas deben ser tratadas antes de su disposición final.



TANQUES SÉPTICOS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Apropiado para localidades rurales, edificaciones con servicio de agua propio, condominios, hospitales y entidades sin redes de alcantarillado municipal.	<ul style="list-style-type: none"> De uso limitado para un máximo de 350 habitantes o valor máximo de 20 m³/día de caudal a tratar. Uso limitado para zonas con suelos impermeables, zonas inundables o donde exista napa freática a menos de 3 metros de la superficie del terreno, casos en los que conviene optar por otro método.
Son apropiados cuando el suelo es permeable y no se encuentra en una zona propensa a inundaciones.	<ul style="list-style-type: none"> “Requiere de tratamiento adicional para disminuir los efectos contaminantes del efluente, debido a su baja eficiencia en la remoción de microorganismos patógenos y materia orgánica”. Requiere facilidades para el mantenimiento y retiro de lodo acumulado, lo que demanda la disponibilidad de bombas o unidades tipo hidrojet para el retiro de los lodos acumulados.
Una vez construidos pueden ser integrados a una red de alcantarillado.	
Bajo costo de construcción por su simplicidad. Poca dificultad en su operación y mantenimiento cuando se cuenta con infraestructura para remoción de lodos.	

Debe realizarse campañas de sensibilización para reducir el derroche de agua, empleando grifería ahorradora, para cambiar los hábitos y actitudes de los usuarios, y para reducir los costos de operación y mantenimiento. El personal de mantenimiento y operación del tanque debe tener la capacitación suficiente para brindar un buen servicio. Se debe evaluar la cantidad y la calidad de las aguas residuales a la entrada y salida del tanque séptico, por medio de pruebas de laboratorio, para controlar la eficiencia del sistema y el correcto mantenimiento. No se debe mezclar las aguas residuales con las pluviales, pues el volumen se incrementaría más allá de la capacidad del sistema.

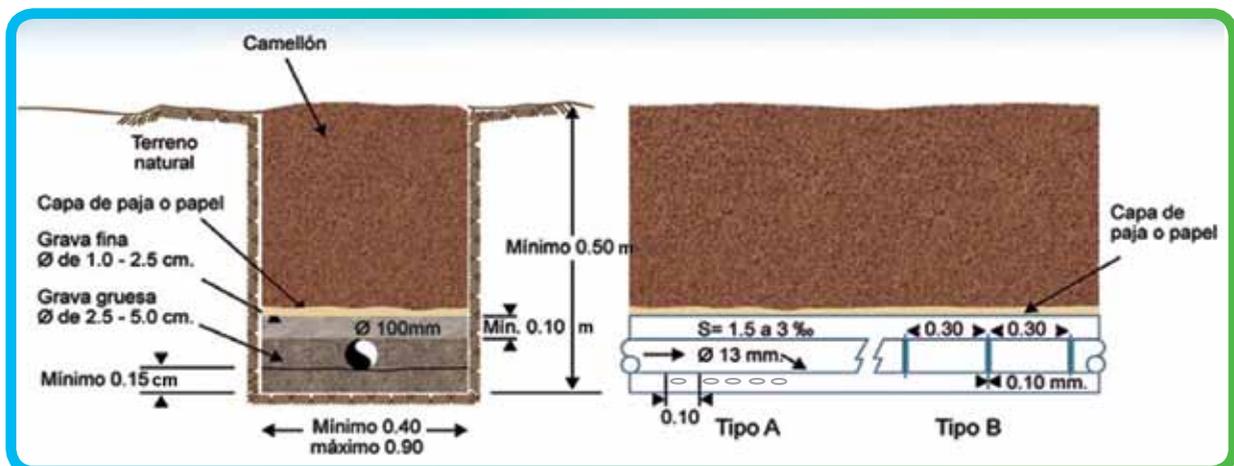
El efluente del tanque séptico puede ser adicionalmente tratado con alguna unidad de tratamiento secundario o en su defecto, bajo ciertas condiciones, puede ser infiltrado en el

terreno, empleando zanjas de infiltración para su disposición final. La instalación de un proceso secundario como biofiltro o humedal podría también ser aplicado para favorecer la recarga del acuífero por infiltración, pero mucho dependerá de la profundidad a la cual se encuentra el agua y de las condiciones de uso del terreno.

Zanjas de infiltración

Las aguas grises y los efluentes provenientes del tratamiento primario en tanques sépticos u otros, requieren necesariamente de un tratamiento final, antes de su disposición al ambiente, ya que su carga orgánica y patógena aún no ha sido totalmente removida. Este proceso puede ser realizado en zanjas de infiltración, las cuales deben ser construidas considerando los detalles mostrados en la figura 2.10 para asegurar su eficiencia.

Figura N° 2.10: Detalle de zanja de infiltración.



Fuente: OPS/CEPIS/05.148 UNATSABAR





Para tener una mejor idea de la alternativa planteada, se muestra la figura 2.11, en la que se aprecia la distribución de las zanjas de infiltración en espacios grandes de terreno.

Figura N° 2.11: Distribución de zanjas de infiltración a 5m. de distancia de la vivienda.



- a. Las distancias mínimas de cualquier punto de la zanja de infiltración a las viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de aguas superficiales (ríos, arroyos, etc.) serán de 5, 15, 30 y 15 metros, respectivamente.
- b. La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser mayor de 3 metros.
- c. El fondo de la zanja deberá quedar por lo menos a 2 metros por encima del nivel freático.
- d. Cuando se disponga de dos o más zanjas de infiltración en paralelo, se requerirá instalar una o más cajas de distribución de flujos.
- e. La profundidad de las zanjas deberá estar en función de la topografía del terreno y no deberá ser menor a 0.5 m.

En la figura 2.12 se indica la manera correcta de emplear los dos procesos (tanque séptico y zanja de infiltración), para mejorar la calidad del efluente antes de su disposición final.

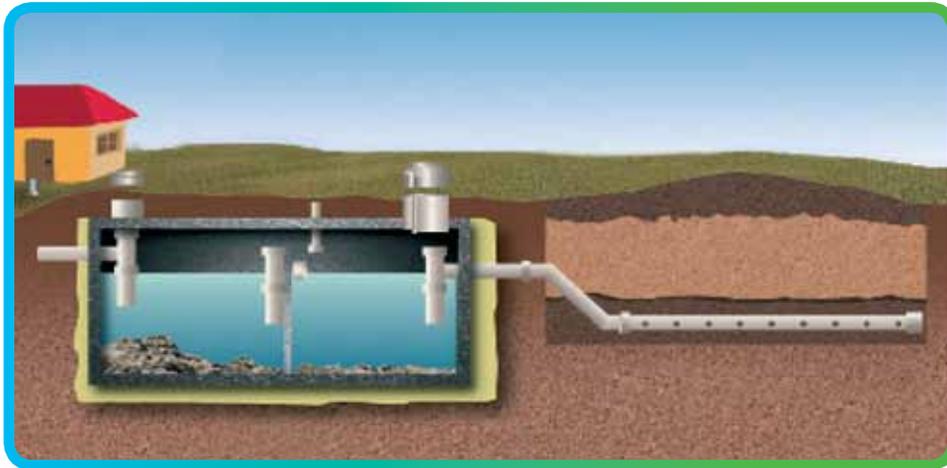


Figura N° 2.12: Uso de tanque séptico y zanja de infiltración, para una correcta disposición final de los efluentes.





ZANJAS DE INFILTRACIÓN	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
El área donde se ubican puede ser aprovechada con cobertura vegetal, considerando siempre las especificaciones técnicas.	No son recomendables para zonas inundables o con la napa freática muy superficial.
Son apropiadas cuando el suelo es permeable y no se encuentran en una zona sujeta a inundaciones.	No son aplicables en suelos con tasas de infiltración menores de 10 L/m ² -día.
Son adecuadas para disposición sanitaria domiciliar unifamiliar o comunal, en zonas rurales y periurbanas.	La humedad puede destruir las estructuras, si se ubica muy cerca de las edificaciones.

2.5.2.2 Tanques Imhoff

Esta instalación cuya concepción data de 1880, es una unidad de tratamiento primario que logra una mejor eficiencia que el tanque séptico en la remoción de materia orgánica. Es utilizado para poblaciones mayores a las admitidas por el tanque séptico.

Consiste en un tanque que presenta dos compartimentos interconectados de modo tal que se facilita la sedimentación, se favorece la separación de la espuma y en el lecho inferior se da un proceso de digestión anaerobia de los sólidos.

Los sólidos se sedimentan a través de ranuras existentes en el fondo del compartimiento superior y pasan al compartimiento inferior para su digestión a temperatura ambiente. La espuma es acumulada en el compartimiento de sedimentación y va saliendo progresivamente mediante el desplazamiento hacia la superficie sin dejar que los lodos que sedimentan sean re-suspendidos. Existen gases altamente tóxicos en el depósito debido al proceso anaerobio que en él se desarrolla. Estos gases pueden ser evacuados a la superficie libre para su dispersión en la atmósfera aunque ésta es una debilidad de la tecnología ya que dicha evacuación a la atmósfera genera impactos negativos de efecto invernadero.



Figura N° 2.13: Lecho de secado para el tratamiento de lodos procedente de un Tanque Imhoff.



Figura N° 2.14: Tanque Imhoff vista superior.



2.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

2.5.3.1. Filtro percolador

Los filtros percoladores son unidades de tratamiento secundario del tipo biológico con medio adherido o asistido. Esto quiere decir, que el agua residual pasa a través de un medio filtrante donde un grupo de bacterias y otros microorganismos, se desarrollan progresivamente adhiriéndose al empaque o medio filtrante formando una película biológica que precisamente permite la degradación biológica de la materia orgánica. El empaque filtrante puede consistir en un lecho de roca volcánica, piedra chancada o material plástico con configuraciones especiales. Todos los empaques utilizados como medio filtrante, buscan maximizar la superficie de contacto sobre la cual se desarrolla la masa biológica útil para el tratamiento.

En el filtro se dan procesos de consumo de la materia orgánica; es decir, los microorganismos se nutren de las sustancias orgánicas contenidas en el líquido entrante y las asimilan, por lo que el efluente sale con menor carga contaminante.

Es importante recalcar que, al igual que en las otras alternativas de tratamiento secundario, el agua que ingresa al filtro percolador, debe haber recibido un tratamiento previo. Un ejemplo de filtro percolador tradicional, con medio de soporte de roca volcánica se aprecia en la figura 2.15.



ASPECTOS TÉCNICOS

Existen filtros percoladores de alta y baja tasa atendiendo al caudal de agua residual que pueden tratar por m² de superficie.

FORMA DE OPERACIÓN

- El agua residual previamente tratada en la unidad de tratamiento primario, ingresa al filtro percolador por la parte superior.
- Un brazo rotatorio gira, distribuyendo el agua a manera de ducha sobre la superficie del filtro. Esta distribución se hace en forma constante, y con un giro moderado del brazo rotario de modo tal que la distribución del agua bañe toda el área superficial disponible.
- Dado que el brazo rotatorio está a 30 cm de la superficie del medio filtrante por donde pasará el agua, al caer permite la oxigenación de las partículas de agua, permitiendo una aireación artificial que ayuda al proceso de tratamiento biológico.
- El lecho filtrante es rico en bacterias que degradan la materia orgánica presente en el agua.
- El agua se recolecta en el fondo, con un canal de drenaje y se conduce a una unidad de sedimentación secundaria.

Figura N° 2.15: Vista panorámica de una batería de filtros percoladores. Estas unidades de tratamiento biológico, por bacterias adheridas al medio filtrante, permiten remover materia orgánica sin requerir energía eléctrica para su funcionamiento.

FILTRO PERCOLADOR

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Requiere área o espacio físico moderado, mucho menor al del sistema de lagunas, por lo que puede implementarse en áreas intraurbanas.	Esta alternativa puede tener una aplicación limitada en aguas residuales con altas cargas orgánicas contenidas en los efluentes.
Su operación es sencilla, y en zonas con pendientes accidentadas puede ser implementado.	
No requiere de energía eléctrica y el costo de inversión es el más bajo de los sistemas aireados.	El nivel de remoción patógena es bajo, por ello en nuestro país se usa sólo para el riego de áreas verdes sin acceso al público, como en la cobertura vegetal del acantilado de la Costa Verde, en la ciudad de Lima.

La generación de olores es muy baja.	Son instalaciones particularmente diseñadas para pequeñas y medianas poblaciones.
Si se incluyendo una unidad de tratamiento primario de buena eficiencia, puede reducir su volumen.	Alta sensibilidad a sustancias tóxicas que podría tener el agua residual a tratar. (reemplaza al texto que dice Sensibilidad ante agentes tóxicos que podría tener el agua que proviene del tratamiento previo). La baja temperatura, puede (borrar la N) disminuir la actividad biológica e incluso en zonas de inviernos severos podría ocasionar la formación de escarchas de hielo mermando la eficiencia del proceso.
Recomendaciones	
Se debe garantizar una adecuada retención de sólidos gruesos y sedimentables en el pretratamiento (cámara de rejas) y tratamiento primario, para evitar problemas de olores desagradables y la presencia de vectores.	

Modelos de plantas de tratamientos de agua residual en las que se aplica filtros percoladores con fines de reuso

a. Filtro percolador incluido en la planta de tratamiento del parque María Reiche, distrito de Miraflores

Esta alternativa en la que se aplica el filtro percolador se puede observar en la planta de tratamiento ubicada en la Av. Boulevard en el distrito de Miraflores, descrita en la sección de modelos tecnológicos aplicados por Municipios locales. En el cuadro N° 2.3 se aprecian datos adicionales de la planta de tratamiento del parque María Reiche del distrito de Miraflores. Dicha Planta consta de instalaciones de pretratamiento, que utilizó el filtro percolador como unidad de tratamiento secundario.

Cuadro N° 2.3

N° Personas	Caudal tratado	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Costo a considerar
488	1.5 L/seg*	Filtro percolador	<ul style="list-style-type: none"> • 480 m² • 0.98 m²/hab** 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de agua constante. • Sólo trata desagüe doméstico. • Temperatura externa superior a 10°C. • Altitud máxima a la que funciona: 1,500 msnm. • Intervención social antes, durante y después de la construcción y funcionamiento de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión US\$ 44,900 • Costo de operación y mantenimiento: US\$ 5,200 por año. • Costo de tratamiento: US\$ 0.32 por m³.

Fuente: IPES, 2008

*Litros por segundo.

**Metros cuadrados por habitante.



Figura N° 2.16: Componentes del pretratamiento seguido del filtro percolador modificado.



Figura N° 2.17: Filtro percolador modificado ubicado en el parque María Reiche del distrito de Miraflores, Lima.

b. Sistema de tratamiento con filtros percoladores incluyendo macrófitas, “Planta Biofísica” ejecutado por la Municipalidad de San Borja.

La Municipalidad Distrital de San Borja, en la ciudad de Lima, ha implementado dos plantas con filtros percoladores, filtros de macrófitas y desinfección con radiación ultravioleta, combinación de procesos denominados comercialmente como “Planta Biofísica”.

Si bien este tratamiento se está aplicando a las aguas de riego provenientes del río Surco y no a las aguas residuales domésticas, la carga patógena es similar en ambas, con la variante de que la primera posee residuos de mayor tamaño y menos DBO. Los efluentes de estas plantas se están utilizando para el riego de las áreas verdes y el llenado de pequeñas lagunas artificiales con sus respectivas piletas.

El proceso se inicia con el ingreso del agua a una cámara de captación, que en su interior contiene un sistema de rejillas para filtrar los sólidos mayores del agua del río. Luego el agua pasa a la cámara de bombeo, donde se eleva al tanque de carga para lograr una primera sedimentación de los sólidos pequeños. Por acción de la gravedad, el agua pasa luego al tanque desengrasador, donde por diferencia de densidades la grasa se mantiene suspendida y es retirada del proceso, mientras que el agua sigue fluyendo hacia un segundo tanque de sedimentación. (Ver figura 2.19). Casi libre de partículas sólidas el agua desciende a un filtro percolador, denominado comercialmente biofiltro fotosintético aeróbico (Ver figura 2.20). Este filtro está cubierto y protegido con paneles transparentes que permiten una buena incidencia de la luz solar en el interior de la estructura cónica, conformada por piedras tipo pómez, para permitir la fijación de microorganismos aeróbicos (algas y bacterias) que remueven materia orgánica, bacterias, parásitos y otros elementos contaminantes.

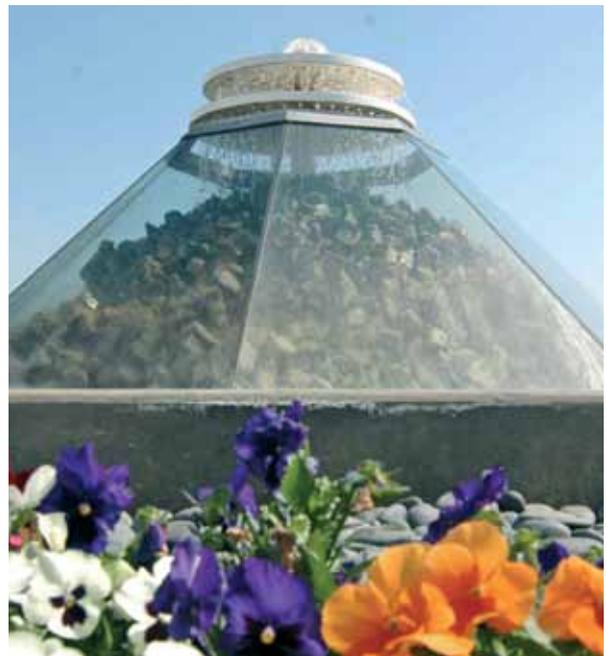


Figura N° 2.18: Tanque de sedimentación cubierto con rejillas de seguridad. Biofiltro aeróbico y el filtro de macrófitas a la margen derecha.

A continuación, el agua pasa a un filtro de macrófitas, donde plantas acuáticas tipo “jacinto de agua” captan con sus raíces materia orgánica, sustancias químicas y algunos metales pesados. Esta agua tratada pasa luego a una cisterna de almacenamiento, para ser posteriormente bombeada a un filtro de grava y arena (Ver figura 2.21) y seguidamente a un filtro pulidor que reduce la turbidez y retiene los parásitos. El agua clarificada pasa finalmente por la unidad de radiación ultravioleta, para remover casi toda la carga patógena aún existente. El efluente de buena calidad es bombeado a una cisterna de agua tratada, de donde es distribuido para el riego de los jardines y piletas del parque. Todo este proceso descrito se realiza en condiciones aeróbicas, para evitar la generación de olores desagradables.



Figura N° 2.19:
Vista panorámica de un biofiltro aerobio cubierto con paneles transparentes.



Figura N° 2.20: Vista cercana del mismo biofiltro de microfitas.



Figura N° 2.21: Filtro a presión con una capa de grava y arena para remoción de huevos de helmintos, seguido de un sistema de desinfección por radiación ultravioleta previo a su reuso en riego de áreas verdes.



Cuadro N° 2.4: Datos adicionales de la planta biofísica de tratamiento de las aguas del río Surco con fines de riego

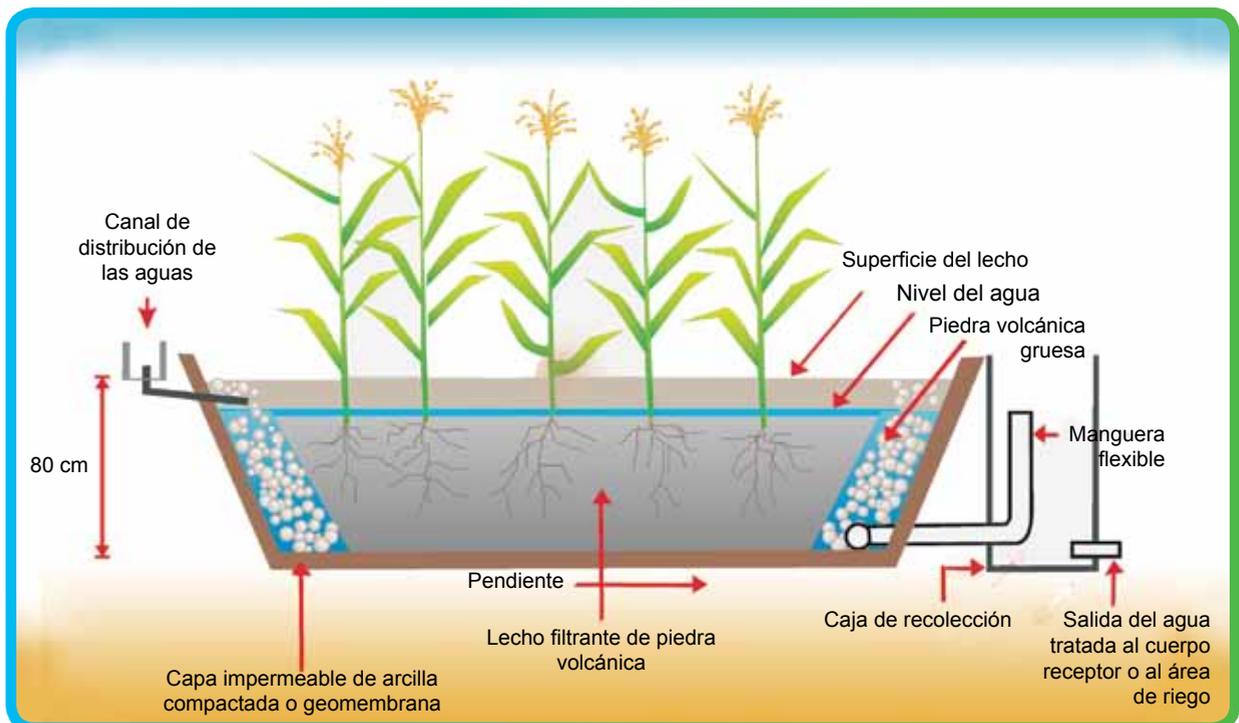
N° Personas	Caudal tratado	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Costo a considerar
1,500	2.9 L/seg	Planta Biofísica ³³	<ul style="list-style-type: none"> • 300 m² • 0.2 m²/hab. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de agua constante. • Energía eléctrica. • Sólo trata desagüe doméstico. • Temperatura externa superior a 10°C. • Altitud máxima a la que funciona: 1,500 msnm. • Intervención social antes, durante y después de la construcción y funcionamiento de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expediente técnico: US\$ 6,800 • Construcción: US\$ 120,000. • Mantenimiento: US\$ 2,000 por año. • La operación, sólo requiere 2 operarios día y consumo de 5 kw.h día. • Costo de producción: US\$/. 0.25 por m³

2.5.3.2 Humedales artificiales

Los humedales artificiales son filtros biológicos (biofiltros) de grava o piedra volcánica, sembrados con plantas de pantano, a través de los cuales circulan las aguas residuales pretratadas, mediante un flujo horizontal o vertical, tal como se aprecia

en el diagrama de la figura 2.22. Las bacterias responsables de la degradación de la materia orgánica utilizan la superficie del lecho filtrante para fijarse y formar una película bacteriana que les permite actuar mejor en el proceso de degradación.

Figura N° 2.22: Estructura de un humedal artificial horizontal



El uso de humedales artificiales requiere procesos previos de tratamiento que garanticen una efectiva remoción de los sólidos suspendidos, con el fin de evitar la obstrucción del lecho filtrante. Estos procesos preliminares pueden consistir en la implementación de una rejilla, seguida de un desarenador y unidades de sedimentación, como un tanque Imhoff, un tanque séptico, u otras alternativas, como la mostrada en la figura 2.23.

El tratamiento biológico dentro del lecho filtrante horizontal es del tipo facultativo, lo que significa que en el cuerpo del filtro existen zonas con y sin oxígeno. Las raíces de las plantas permiten el paso de aire de la atmósfera al subsuelo, con lo cual se agrega oxígeno al agua y se establece una población de bacterias aeróbicas capaces de descomponer la materia orgánica. Las aguas provenientes del tanque Imhoff, cámara séptica u otro, se distribuyen uniformemente sobre toda la superficie del lecho filtrante y se infiltran hacia la zona de recolección del agua. Cabe señalar que el paso del agua al filtro debe interrumpirse cada vez que sea necesario, de modo que los intervalos de alimentación permitan que toda el agua se haya infiltrado y los espacios vacíos del lecho hayan sido ocupados por aire. Se debe considerar la construcción de dos humedales artificiales en paralelo, para permitir el mantenimiento del sistema.



Figura N° 2.23: Cámaras de tratamiento preliminar del humedal artificial vertical, donde una de las cámaras de reposo está siendo aprovechada para hacer compost con la materia orgánica.

HUMEDALES ARTIFICIALES	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
El sistema es muy estable en la operación y eficiente para la remoción de materia orgánica y nutrientes, condiciones que permiten disponer el efluente en ambientes naturales.	Requieren de un proceso adicional de desinfección para eliminar totalmente los organismos patógenos, sobre todo cuando se trata sólo aguas residuales.
Pueden operar sin ningún consumo energético, al carecer de equipos electromecánicos.	Puede colmatarse en poco tiempo, cuando no cuentan con sistemas de pretratamiento adecuados.
La operación es sencilla y con bajo costo.	En zonas de altitud elevada puede ocurrir que las plantas empleadas no se adapten. Por ello, habría que realizar estudios <i>in situ</i> con especies locales.
Perfecta integración a el medio rural y urbano, como parques y jardines.	Un débil compromiso, así como la desorganización de los usuarios, hacen que estos proyectos no tengan éxito.
Generalmente no producen olores desagradables.	
Recomendaciones	
Este sistema de tratamiento no es estándar. Se debe diseñar de acuerdo a cada realidad urbana.	
Es viable para efluentes de poblaciones pequeñas y medianas.	
Si se desea implementar esta tecnología en la sierra del país, se deberá considerar especies vegetales locales y analizar la calidad del efluente para determinar su aprovechamiento.	



Figura N° 2.24: Humedal artificial de flujo vertical*.

Las plantas que se sembrarán pueden ser seleccionadas según el tipo de contaminante que se desea reducir en las aguas residuales. Se ha comprobado la efectividad del papiro, bambú, platanillo, carrizo u otras plantas de la zona, que se adaptan a condiciones de humedad.

En el cuadro N° 2.5 se presentan datos adicionales de un humedal vertical empleado en el tratamiento de aguas grises del Colegio Christoferus en el distrito de Chorrillos, Lima. Las aguas grises provenientes de la panadería, cocina y lavandería del Colegio, son conducidas hacia una trampa de grasas donde se retienen los aceites y grasas. El efluente de la trampa de grasas va a una cámara de bombeo desde la cual se bombea el agua hacia el humedal en forma intermitente (usualmente entre 3 a 6 veces por día). El medio filtrante utilizado por el humedal es arena gruesa. Las plantas utilizadas en el humedal son papiro y en el sistema de drenaje se utiliza confitillo.

Cuadro N° 2.5: Humedal vertical para tratamiento de aguas grises.
Colegio Christoferus, Chorrillos, Lima

N° Personas	Volumen Caudal	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Requerimientos de Inversión y Operación
Equivalente a aguas grises de 23 habitantes.	0.02 L/seg de aguas grises.	Humedales artificiales	• 18m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicado al tratamiento de aguas grises. • El sistema debe incluir unidades de retención de grasas además de procedimientos adecuados para la disposición adecuada de lodos y grasas que se deben remover periódicamente del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión: US \$4,200. • Costo de operación, 4 hrs. hombre por mes y 0.2 kW/h/día**

38

Cuadro N° 2.6: Humedal vertical para tratamiento de desagües negros.
Colegio Christoferus, Chorrillos, Lima

N° Personas	Volumen Caudal	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Requerimientos de Inversión y Operación
Aguas residuales provenientes al equivalente de 30 habitantes.	0.05 L/seg de aguas residuales.	Humedal artificial.	• 52 m ² Aprox.	<ul style="list-style-type: none"> • Trata aguas residuales. • El proyecto debe incluir la operación de todo el sistema, y el destino de los lodos del pretratamiento y de efluentes tratados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión: US\$ 7,467. • Costo de operación, 8 hrs. hombre por mes y 0.4 kw/h/día.

*Fuente: Chorrillos, Lima, Rotaria del Perú SAC.

**Kilowatios por hora al día.

***Precios referenciales para Lima.

2.5.3.3. Lodos activados de aireación extendida.

Los lodos activados son una tecnología de amplia aplicación a nivel mundial. Los lodos activados de aireación extendida son una variación del proceso convencional de lodos activados, que básicamente convierte, gran porcentaje de la materia orgánica del efluente, en partículas sólidas, aglutinadas. Como muestra la figura 2.25, el agua residual ingresa a un proceso de pretratamiento, conformado por rejas o tamices y desarenadores, para la separación física de los sólidos gruesos y finos, y opcionalmente aceites y grasas, en una trampa de grasas.

Posteriormente, el agua pasa a un estanque de aireación, donde grandes volúmenes de aire son inyectados mediante sopladores e impulsados desde el fondo hacia la superficie, a través de difusores, para mezclar y suspender la materia orgánica y transferir oxígeno a las bacterias que la degradan. Estas bacterias aeróbicas, presentes

en este medio rico en nutrientes, se desarrollan rápidamente y forman una masa activa llamada "lodos activados", depurando las aguas residuales y reduciendo la carga orgánica presente en forma eficiente.

El líquido tratado pasa a un estanque de sedimentación secundaria, donde permanece en reposo para favorecer la sedimentación del lodo activado en el fondo del estanque. Una fracción de este lodo sedimentado es recirculada al estanque de aireación, para mantener una concentración, mientras que el resto pasa a un estanque de digestión de lodos, para su estabilización y posterior deshidratación.

Finalmente, para renovar microorganismos patógenos, el agua que sale del estanque de sedimentación debe ser adicionalmente tratado por una etapa de filtración y de desinfección (cloración, luz ultravioleta u ozono, entre los más utilizados), resultando finalmente un efluente clarificado con muy baja concentración de patógenos, por lo que puede ser utilizado en riego.

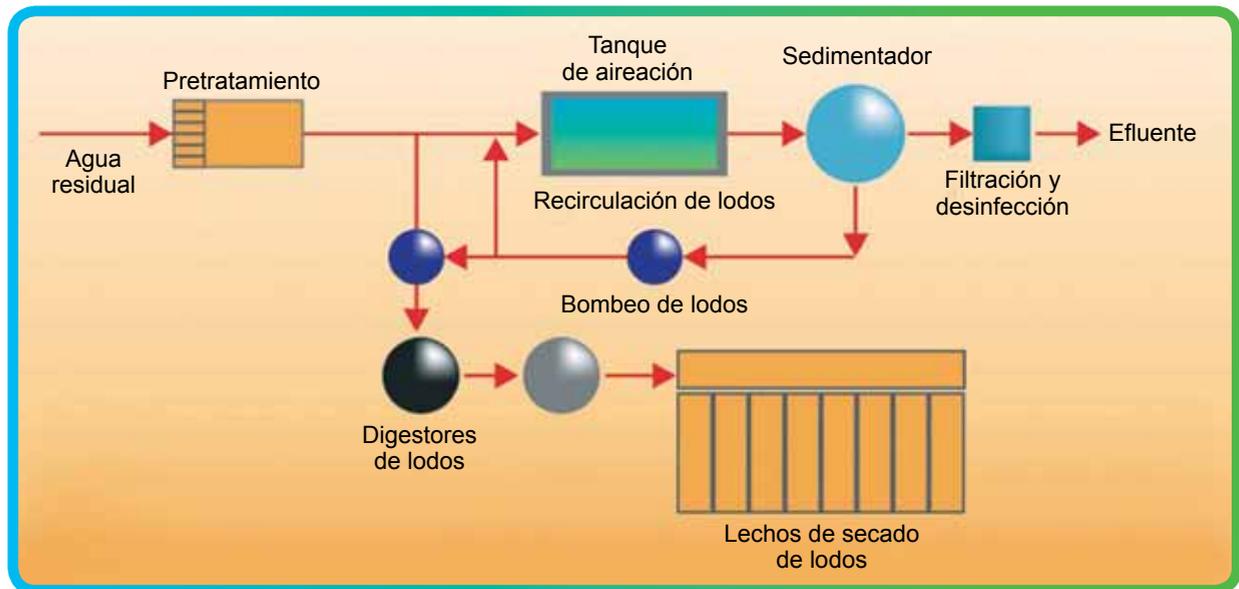


Figura N° 2.25: Flujograma de una planta de tratamiento con proceso de lodos activados de aireación extendida.



LODOS ACTIVADOS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Este sistema puede implementarse en áreas pequeñas, como bermas centrales de avenidas amplias, óvalos de intersección o parques, con el fin de regar las áreas verdes urbanas, siempre que su mantenimiento y operación sean los adecuados. Como tratamiento secundario la unidad de lodos activados ha demostrado eficiencia en la remoción de la DBO hasta en un 95%.</p>	<p>Requiere de una importante inversión en infraestructura y equipos, que eleva el costo de tratamiento.</p>
<p>La aireación extendida tiene una mayor eficiencia en el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), por lo que el efluente tiene pocos sólidos y se puede utilizar en el riego tecnificado.</p>	<p>Demanda de energía eléctrica para accionar los equipos, lo que eleva notablemente el costo de operación y mantenimiento.</p>
<p>Es un proceso de tratamiento continuo y para un caudal fijo.</p>	<p>El control operacional es especializado y de mayor costo que otras alternativas tecnológicas.</p>
<p>Es un modelo convencional ampliamente probado y difundido.</p>	<p>Es sensible a los cambios de caudal, carga orgánica y temperatura. Requiere siempre un proceso adicional de desinfección, para remover los organismos patógenos.</p>
<p>Generalmente no produce olores desagradables, por ser un proceso aerobio. Es muy apropiado para zonas intraurbanas.</p>	<p>El manejo de lodos debe realizarse en forma permanente.</p>

Recomendaciones

- El programa de operación y mantenimiento deberá ser monitoreado permanentemente para evitar olores desagradables.
- El manejo de lodos debe ser realizado con mucha sincronización para evitar su acumulación, la atracción de vectores y la generación de olores desagradables.
- Se debe tener equipos de reemplazo para evitar la paralización de alguna parte del proceso, lo que inmediatamente determinaría la paralización de toda la planta.



En el cuadro N° 2.7 se aprecian datos adicionales de la planta de tratamiento de lodos activados por aireación extendida, ubicada en la berma central de la Avenida Universitaria, entre los distritos de Carabayllo y Comas. Ver la figura 2.26.

Cuadro N° 2.7

N° Personas	Caudal tratado	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Costo a considerar
1,519.	6 L/seg.	Lodos activados por aireación extendida.	<ul style="list-style-type: none"> • 910 m² • 0,60 m²/hab. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de agua constante. • Energía eléctrica. • Sólo trata desagüe doméstico. • A mayor altitud requerirá más consumo de energía. • Intervención social antes, durante y después de la construcción y funcionamiento de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión US\$ 166,500. • Costo de operación y mantenimiento US\$ 31,400 por año. • Costo de tratamiento US\$ 0.69 por m³.

Fuente: IPES, 2008.



Figura N° 2.26: Planta de tratamiento por lodos activados de aireación extendida, construida con fines de riego de áreas verdes, en una berma central de la Av. Universitaria en Comas.

2.5.3.4. Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de las aguas residuales, mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas y bacterias aeróbicas) y la materia orgánica contenida en esa agua (ver figura 2.27). El uso de este tipo de tratamiento se recomienda especialmente

cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos*, sin emplear los métodos de cloración, oxidación, o radiación UV. Según la norma técnica SO.090, las lagunas de estabilización se clasifican en:

- Lagunas anaerobias
- Lagunas facultativas

* Norma S.090 MTCVC, 1997.



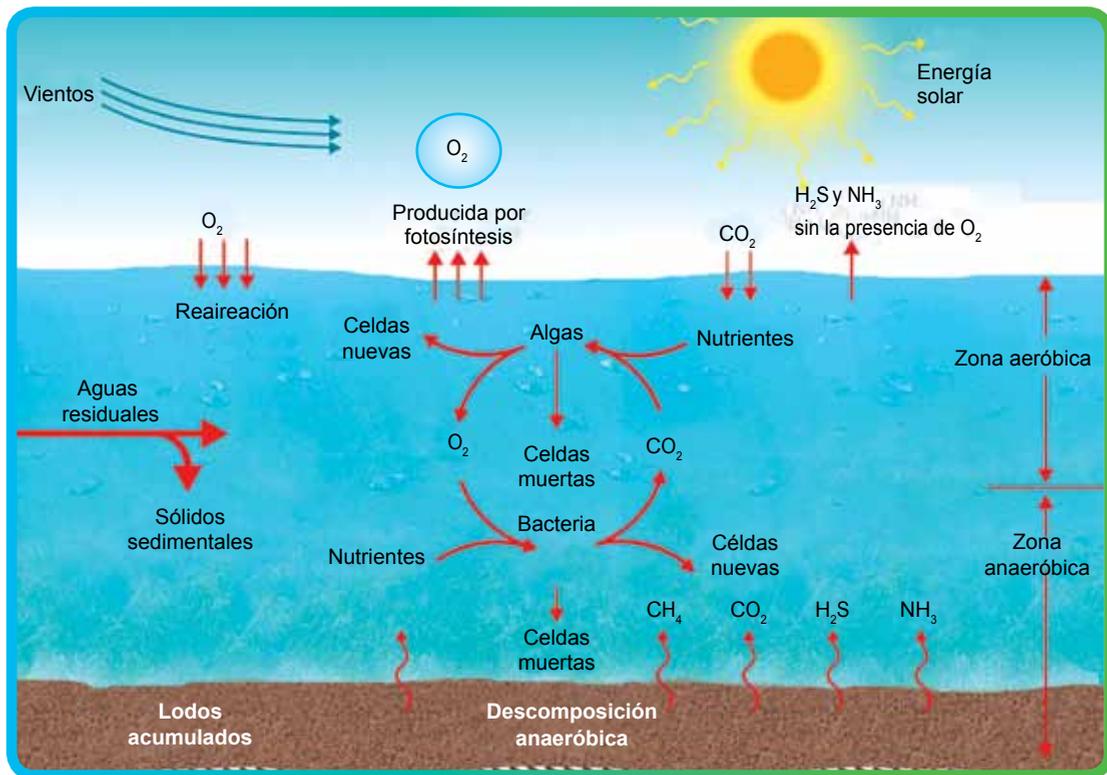


Figura N° 2.27: Interacción de bacterias y algas en las zonas aeróbicas y anaeróbicas, en una laguna facultativa de estabilización.

► Lagunas facultativas

Su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser como laguna única (caso de climas fríos) o seguida de una laguna secundaria o terciaria. También se utiliza como una unidad secundaria, después de lagunas anaerobias o aireadas, para procesar y lograr un mayor grado de remoción de organismos patógenos. El límite de carga orgánica para las lagunas facultativas aumenta con la temperatura.

► Lagunas anaerobias

Generalmente se usan como una primera etapa del tratamiento, cuando la disponibilidad de terreno es limitada, o para el tratamiento de aguas residuales domésticas con altas concentraciones y desechos industriales. No es recomendable el uso de este tipo de lagunas en zonas donde la temperatura sea menor a 15°C y haya presencia de alto contenido de sulfatos (mayor a 250 mg/L). Se deberá diseñar un número mínimo de dos unidades en paralelo, para permitir la operación en una de las unidades, mientras se remueve el lodo de la otra. En ningún caso se deberá permitir que el volumen de lodo acumulado supere el 50% del tirante de la laguna.

El tratamiento de las aguas residuales en las lagunas de estabilización deben ser precedidas por un proceso de pretratamiento, tal como se observa en la figura 2.28.

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias. Las lagunas que reciben el efluente de las primarias se llaman secundarias, y así sucesivamente. Las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias, cuaternarias, etc.

Normalmente se utilizan dos o tres lagunas en serie. Para el diseño de las lagunas facultativas se tendrá en cuenta la temperatura del agua del mes más frío del año, lo que permitirá calcular la carga superficial de materia orgánica, en kg. de DBO/ha/día (Demanda bioquímica de oxígeno por hectárea al día). La remoción de bacterias representadas por los coliformes fecales se estimará utilizando los coeficientes de mortalidad bacteriana establecidos para cada unidad en el modelo hidráulico de flujo disperso. No es aceptable utilizar información deducida del modelo de mezcla completa. Para una adecuada remoción de parásitos, representados por nemátodos intestinales, se requiere un periodo de retención nominal mínimo de 10 días en una de las lagunas. Los parásitos protozoos se retienen impidiendo la salida del agua por rebose.

Por otro lado, cuando se proponen combinaciones de lagunas que se inician con una anaeróbica, a las siguientes lagunas (a partir de la secundaria) se les puede llamar también lagunas de acabado, maduración o pulimento, tal como se aprecia en las figuras 2.28 y 2.29.



Figura N° 2.28: Infraestructura de un sistema de pretratamiento de aguas residuales, donde se observa una rejilla y un desarenador, diseñados para una laguna facultativa.

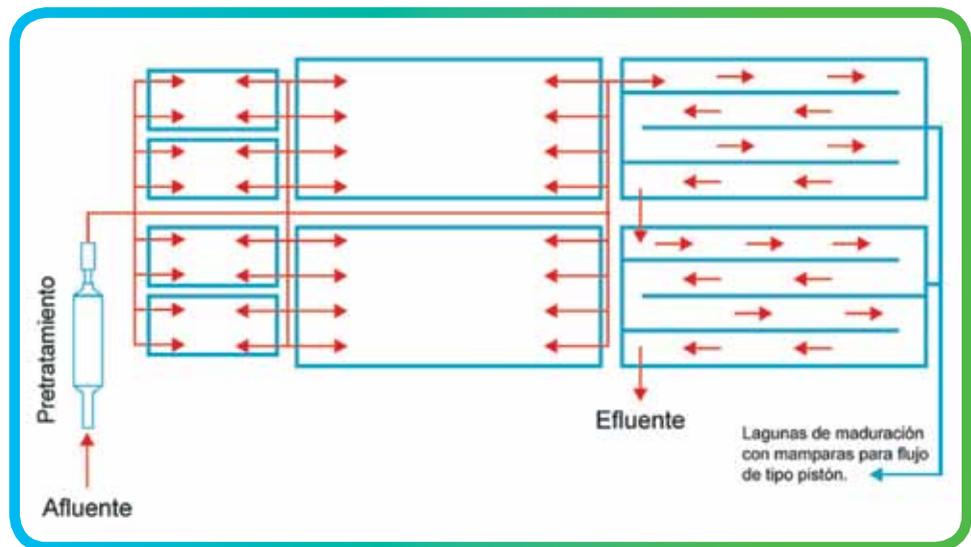


Figura N° 2.29: Baterías en paralelo de lagunas anaeróbicas (A) y facultativas (F), seguidas por lagunas de maduración.



LAGUNAS ANAERÓBICAS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Las lagunas anaeróbicas disminuyen el área total del sistema, debido a que tienen una buena capacidad para reducir la carga orgánica.	Requieren más área de terreno que los otros sistemas de tratamiento compacto, ya que dependen de las condiciones climáticas, es decir que a menor temperatura, más área. Requieren de 0.4 a 4 m ² por habitante, según la temperatura.
Las lagunas de estabilización tienen una gran capacidad de remoción de microorganismos patógenos, lo que permite la buena reutilización de sus efluentes.	Las lagunas anaeróbicas no se recomiendan en zonas urbanas, porque pueden generar olores desagradables, ni en zonas donde la temperatura sea menor a 15°C, pues disminuye su eficiencia.
Las lagunas de estabilización operan sin ningún consumo de energía.	Las pérdidas de agua por evaporación son mayores que en otros sistemas.
No existen averías de carácter electromecánico.	Se observa elevadas concentraciones de sólidos en suspensión en el efluente, por la alta producción de algas microscópicas. No genera problemas cuando se utiliza para el riego de áreas verdes.
Son sencillas operativamente.	
Se caracterizan por una gran estabilidad de operación, lo que permite una fácil adaptación a cambios de caudal y de carga orgánica.	
Generan escasa producción de lodos ya estabilizados, que se deben extraer después de 5 años.	

Recomendaciones

Se debe construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo), con el objeto de que una se mantenga en operación, mientras se hace la limpieza de los lodos de la otra.
Una laguna de estabilización con un caudal insuficiente para mantener un balance de agua positivo puede ser invalidada. Por ello es necesario determinar y asegurar un mínimo de caudal del alcantarillado antes de que la laguna entre en operación.
Para el caso de que los efluentes sean descargados a un cuerpo de agua receptor, deberá evaluarse la posibilidad de un post tratamiento, para evitar una eutrofización.
Cuando llegue el momento de remover los lodos, se deberá aprovechar la estación seca o estiaje para realizar la limpieza, previo secado.

En el cuadro N° 2.8 se aprecian datos adicionales de la planta de tratamiento del Colegio La Inmaculada, con un sistema de lagunas de estabilización en funcionamiento. Las figuras 2.30, 2.31 y 2.32 corresponden a esta planta.

Cuadro N° 2.8: Información adicional de la planta de lagunas de estabilización del Colegio La Inmaculada.

N° Personas	Caudal tratado	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Costo a considerar*
5,838	15 L./seg.	Lagunas de estabilización	<ul style="list-style-type: none"> • 11,300 m² • 1.8 m²/hab. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de agua constante. • Sólo trata desagüe doméstico. • Intervención social, antes, durante y después de la construcción y funcionamiento de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión: US\$ 692,500. • Costo de operación y mantenimiento: US\$ 39,500 por año. • Costo de tratamiento: US\$ 0.47 por m³.

Fuente: IPES, 2008.

*Cabe recalcar que el costo de estas lagunas de estabilización es elevado, debido a que se bombea el agua residual hacia la parte alta de un cerro.



En estas figuras se aprecia las lagunas de estabilización (primaria, secundaria, y terciaria), previamente descritas, las que son aprovechadas como zoológicos.



Figura N° 2.30:

Vista panorámica del sistema de lagunas empleado en el tratamiento de aguas residuales del Colegio La Inmaculada, cuyo efluente es utilizado para riego de áreas verdes.

Figura N° 2.31:
Las aguas residuales son bombeadas desde un ramal principal de desagüe hacia la cima del cerro donde se inicia el tratamiento. En la foto se observa la laguna primaria.



Figura N° 2.32:

Lagunas secundarias y de pulimento del sistema de tratamiento de aguas residuales del Colegio La Inmaculada.





2.5.3.5. Lagunas aireadas

Las lagunas aireadas son unidades de tratamiento cuya aplicación debe priorizarse en la fase de tratamiento secundario. Cuando la disponibilidad de terreno es escasa, es importante emplear sistemas de tratamiento primario de mejor eficiencia, previo al empleo de lagunas aireadas. Esto tiene como finalidad reducir el área requerida por estas unidades, además de reducir el consumo de energía eléctrica por disminución de la carga orgánica y por ende menor oxígeno requerido en el proceso de tratamiento.

Las lagunas aireadas suelen ser diseñadas con profundidades de 1 a 4m. La aireación del agua residual tratada se realiza empleando aireadores mecánicos o dispositivos de aireación por medio de difusores (ver fig. 2.33 y fig. 2.34). El empleo de lagunas aireadas, con un enfoque en la ecoeficiencia, busca reducir al máximo el uso de energía eléctrica, por tanto, previo al empleo de este tipo de unidades es importante utilizar los componentes de pretratamiento con rejas, y desarenador para el retiro de sólidos y material grueso (ver fig. 2.35), al menos un componente de tratamiento primario, entre las opciones disponibles el reactor anaerobio brinda mejores condiciones de eficiencia, también puede emplearse un tanque Imhoff o una laguna anaerobia que permita conformar el sistema integral de tratamiento.



Figura N° 2.33: Sistema de lagunas aireadas que emplean aireadores mecánicos.



Figura N° 2.34: Sistema de lagunas aireadas que emplea sistema de difusores de aire comprimido. Se suelen emplear toberas o difusores de burbuja tipo disco. La debilidad del sistema aireado radica en que no asume la visión de ecoeficiencia al emplear energía eléctrica que favorece el calentamiento global.



Figura N° 2.35: Infraestructura de tratamiento preliminar de las lagunas aireadas con aireadores mecánicos del Parque Zonal Huáscar.



Las lagunas aireadas pueden clasificarse en lagunas de mezcla completa y lagunas aireadas facultativas. En el primer caso, el nivel de turbulencia es suficiente para mantener los lodos en suspensión y oxígeno disuelto en toda la laguna, mientras que en el segundo caso la turbulencia en la laguna es insuficiente, es decir que parte de los lodos sedimentan, produciéndose una descomposición anaeróbica en el fondo, tal como se puede apreciar en las figuras 2.36 y 2.37

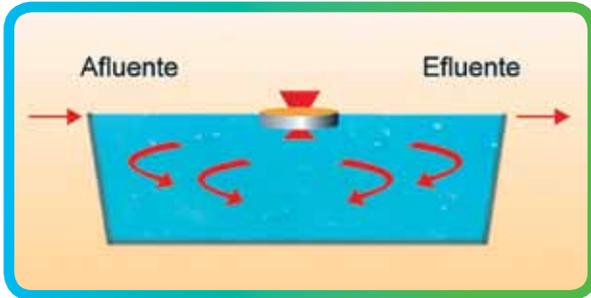


Figura N° 2.36: Laguna aireada de mezcla completa

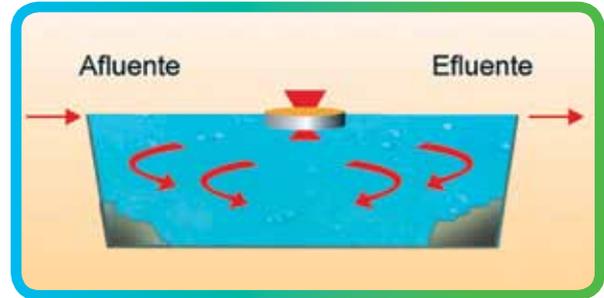


Figura N° 2.37: Laguna aireada facultativa

El cuadro N° 2.9 proporciona algunas características técnicas de lagunas aireadas existentes.

Cuadro N° 9: Tipos de lagunas aireadas

Tipo	Características	Profundidad (m)	Periodo retención (días)
Lagunas aireadas de mezcla completa	Biomasa en suspensión, proceso incipiente de lodos activados, ausencia aparente de algas.	3 a 5	2 a 7
Lagunas aireadas facultativas	Biomasa en suspensión parcial, acumulación de lodos, aparición de burbujas de gas. En climas cálidos, apreciable crecimiento de algas.	Menor a 1.5	7 a 20
Lagunas facultativas con agitación mecánica	Se aplica exclusivamente a unidades sobrecargadas del tipo facultativo en climas cálidos. Puede usarse aireadores en forma intermitente. Su diseño es el mismo que para lagunas facultativas.	Mayor a 1.5	-

El efluente de las lagunas aireadas va a las lagunas de decantación, donde ocurre la sedimentación de lodos generados por el proceso de aireación. Debido a que dichos lodos se acumulan progresivamente en la laguna de sedimentación, ellos deben ser periódicamente retirados de, siendo por tanto necesario la construcción de por lo menos dos unidades de lagunas de sedimentación. Así, mientras se realiza el mantenimiento (limpieza) de una de las lagunas, se mantiene en operación la otra.



LAGUNAS AIREADAS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Al igual que el tratamiento de lodos activados con aireación extendida, la eficiencia en el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es alta, por lo que el efluente tiene pocos sólidos y se puede utilizar en el riego tecnificado.	Requieren más área que los sistemas de lodos activados.
	Requieren de una importante inversión en infraestructura y equipos, que eleva el costo de tratamiento.
	Demanda de energía eléctrica para accionar los equipos, lo que eleva notablemente el costo de operación y mantenimiento.
Es un proceso de tratamiento continuo y para un caudal fijo.	El control operacional es especializado y de mayor costo que otras alternativas tecnológicas.
	Es sensible a los cambios de caudal, carga orgánica y temperatura.
	Requiere siempre un proceso adicional de desinfección para remover los organismos patógenos.
	El manejo de lodos debe realizarse en forma permanente.
Recomendaciones	
El programa de operación y mantenimiento deberá ser monitoreado permanentemente para evitar olores desagradables.	
El manejo de lodos debe ser realizado con mucha sincronización para evitar su acumulación, la atracción de vectores y la generación de olores desagradables.	

Un ejemplo de lagunas aireadas en plantas de tratamiento es la que se ha implementado para un caudal del 70 litros por segundo y que está operando en el Parque Zonal Huáscar, Villa El Salvador. Este sistema está conformado por lagunas aireadas de mezcla completa y mezcla parcial, seguidas por lagunas de sedimentación y de acabado. El cuadro N° 2.10 resume los datos técnicos de este sistema.

Cuadro N° 2.10

N° Personas	Caudal tratado	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Costo a considerar
28,411	73 L/seg	Lagunas aireadas	<ul style="list-style-type: none"> • 46,500 m² • 1.57 m²/hab. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de agua constante. • Energía eléctrica. • Sólo trata desagüe doméstico. • A mayor altitud requerirá más consumo de energía. • Intervención social antes, durante y después de la construcción y funcionamiento de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión US\$ 18'590,000 • Costo de operación y mantenimiento US\$ 168,000 por año. • Costo de tratamiento US\$ 0.59 por m³.

Fuente: IPES, 2008.



2.5.3.6. Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)

El Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, o también conocido como RAFA, es una unidad de tratamiento biológico del tipo anaerobio, cuyo diseño permite mantener en suspensión el agua residual a tratar, haciendo ingresar el afluente por la parte inferior a través de un sistema de distribución localizado en el fondo de la unidad. El agua

residual que ingresa asciende, atravesando por un manto de lodos conformado por microorganismos de tipo anaerobio. En la parte superior existe una campana que facilita la separación de la fase líquida y gaseosa, de modo que el efluente clarificado sale hacia el postratamiento. Los tiempos de permanencia son relativamente cortos. Los parámetros de diseño usualmente empleados para el cálculo de las dimensiones de la unidad se dan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2.11: Principales parámetros de diseño empleados para Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente

Críterios	Para flujo promedio
Carga volumétrica hidráulica.	<4.0 m ³ /m ² .d
Tiempo de detención hidráulica.	6.0 - 9.0 h
Velocidad ascendente.	0.5 - 0.7 m/h
Tasa de sobreflujo en la zona del clarificador.	14.4 - 19.2 m ³ /m ² .d
Tiempo de detención hidráulica en la zona del clarificador	1.5 - 2.0 h
Producción de sólidos.	0.1 - 0.2 kg. TSS/kg. Infl. COD
Concentración en exceso de lodo.	2.0 - 5.0 por ciento
Peso específico del lodo.	1020 - 1040 kg. SST/m ³

REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
El RAFA es un proceso de tratamiento continuo, con cortos periodos de retención que puede sustituir a la unidad de sedimentación primaria por lo que su afluente es el agua que sale de las operaciones de pretratamiento mediante rejillas y desarenador.	Existe mayor dificultad en el arranque del reactor, siendo necesario inoculación de bacterias anaerobias y control operacional especializado.
Permite el tratamiento de aguas con alta concentración de materia orgánica, reduciendo así el tamaño de cualquier unidad que conforme el sistema posterior de tratamiento, tales como lagunas, biofiltros, sistemas aireados y postratamiento que se adicionen para realizar la remoción de organismos patógenos.	Es un proceso anaerobio muy sensible a cambios bruscos de carga orgánica y temperatura. Por tanto, no se recomienda en lugares con climas fríos extremos.
Bajo condiciones topográficas favorables, no requiere energía para su operación, pues el flujo de agua puede darse por gravedad.	La remoción de organismos patógenos es muy limitada, a menos que se complemente con lagunas de pulimento.
Produce gas metano, que puede ser utilizado como fuente de energía para el alumbrado de la planta e incluso para calentar el propio reactor y favorecer la eficiencia del proceso de digestión anaerobia.	Requiere siempre de un tratamiento posterior, ya que el proceso transforma el nitrógeno orgánico en amoníaco, que es tóxico y su eficiencia apenas remueve la DBO en un 55%.
La extracción de lodos es por presión de los mismos lodos y gases, facilitando su manejo.	No se recomienda para aguas con baja concentración de materia orgánica o aguas diluidas por lluvias. No se recomienda en zonas intraurbanas, debido a que puede causar molestias en la población por olores desagradables.

Recomendaciones

Los criterios de diseño normalmente deben ser determinados en forma experimental, mediante la implementación previa de una unidad piloto.

El sistema debe contar con un dispositivo que permita el ingreso de un caudal permanente, como por ejemplo un tanque de ecualización, además de pretratamiento.

Se debe lograr una distribución uniforme del agua cruda en el fondo del reactor, a través de una cantidad mínima de puntos de alimentación.

En la parte superior del sistema debe existir un dispositivo para captar el gas metano $-CH_4-$ producido. Se debe evitar la emisión de los gases que producen olores desagradables.



Figura N° 2.38: Pretratamiento de aguas residuales.



Figura N° 2.39: Detalle de la trampa de rejillas.

En la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) opera desde hace varios años un sistema de RAFA, complementado por lagunas de estabilización. Las aguas residuales generadas por los asentamientos humanos ubicados en las laderas del cerro El Milagro, contiguo a la sede universitaria, ingresan a una cámara de derivación que recibe un caudal promedio de 6 L/s que representa el 80% del agua residual transportada, devolviendo el volumen restante a la red de alcantarillado sanitario, para evitar sobrepasar la capacidad de la planta. El agua que ingresa es conducido hacia la cámara de rejillas, donde se retienen los sólidos más grandes. Luego pasa por un desarenador, donde ocurre una sedimentación ligera de sólidos básicamente grandes y, medianos. El paso siguiente es el medidor de caudal, luego del cual se hace llegar al RAFA, tal como se muestra en las figuras 2.38 y 2.39.

Estas aguas residuales pretratadas ingresan al RAFA por ductos que van hacia el fondo de la estructura,

tal como se aprecia en la figura 2.40. Las aguas residuales entran en contacto con el manto de lodo, donde se produce la digestión de la materia orgánica, liberando gases y reduciendo significativamente la carga orgánica, para emerger hacia la zona de sedimentación (ver figuras 2.41 y 2.42) y luego pasar a las lagunas. En dos lagunas de estabilización ocurren procesos de reducción de carga patógena y materia orgánica.

Finalmente, las aguas son usadas para riego de las áreas verdes de la universidad y del distrito del Rímac. Cabe resaltar que esta planta no requiere de energía eléctrica, porque todo el proceso de circulación del agua residual es por gravedad, al igual que el retiro de lodos, que son impulsados también por la presión ejercida dentro del RAFA hacia lechos de secado donde se deja reposar en promedio por 1 año antes de ser usados como mejoradores de suelos.

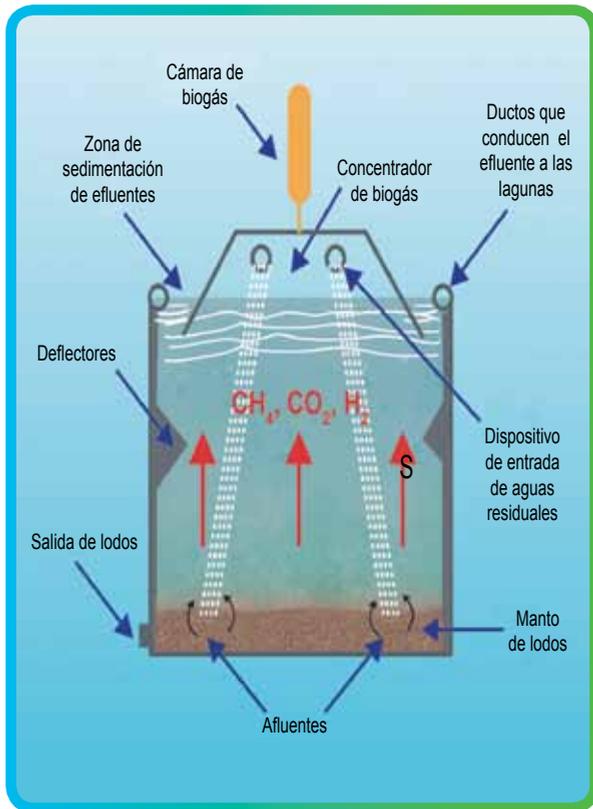


Figura N° 2.40: Principio del sistema RAFA



Figura N° 2.41: Un ducto inferior conduce los lodos dentro del RAFA hacia el lecho de secado.



Figura N° 2.42: Zonas de sedimentación de efluentes en el RAFA y lagunas de acabado.



En el cuadro N° 2.12 se muestra una serie de datos de la planta de tratamiento de la UNI.

Cuadro N° 2.12

N° Personas	Caudal tratado	Sistema empleado	Área usada	Otros requisitos	Costo a considerar*
7,000	10 L/seg	Reactor anaerobio de flujo ascendente	<ul style="list-style-type: none"> • 8,000 m² • 1.1 m²/hab. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de agua constante. • Sólo trata desagüe doméstico. • A mayor altitud el desempeño disminuye por la baja temperatura. • Intervención social antes, durante y después de la construcción y funcionamiento de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión: US\$ 125,000. • Costo de operación y mantenimiento: US\$ 18,750 por año. • Costo de tratamiento: US\$ 0.18 por m³.

Fuente: IPES, 2008

2.5.3.7. Experiencias del RAFA + Postratamiento

La inclusión del reactor anaerobio UASB en una planta de tratamiento, seguido de unidades de tratamiento biológico, preferentemente aerobio de nivel secundario como lagunas, lodos activados, filtros percoladores u otras alternativas, ha demostrado un mejoramiento importante en la eficiencia del tratamiento en su conjunto.

Esta sección describe las experiencias desarrolladas para el tratamiento de aguas residuales, haciendo uso de paquetes tecnológicos que incluyen al RAFA como unidad de tratamiento primario.

a. RAFA + Biofiltros

Los filtros biológicos, instalados para el pos tratamiento del efluente del RAFA (UASB), han demostrado mejor eficiencia que aquellos que tratan el efluente de sedimentadores primarios simples.

El siguiente esquema muestra los niveles de eficiencia logrados con un sistema de RAFA y un filtro biológico de flujo aireado sumergido. La figura define el circuito de operaciones y procesos de los que consta el sistema de tratamiento utilizado y el cuadro inferior define los alcances de remoción en cada etapa.

Para efectos de evaluación se inicia con un desagüe crudo con las siguientes características:

- DBO promedio de 350 mg/l
- Contenido bacteriológico promedio: 108 NMP (Número Más Probable) coliformes fecales/100 ml
- SST del orden de 180 mg/l. que pasa por las siguientes operaciones y procesos.

Operaciones y procesos que considera la planta:

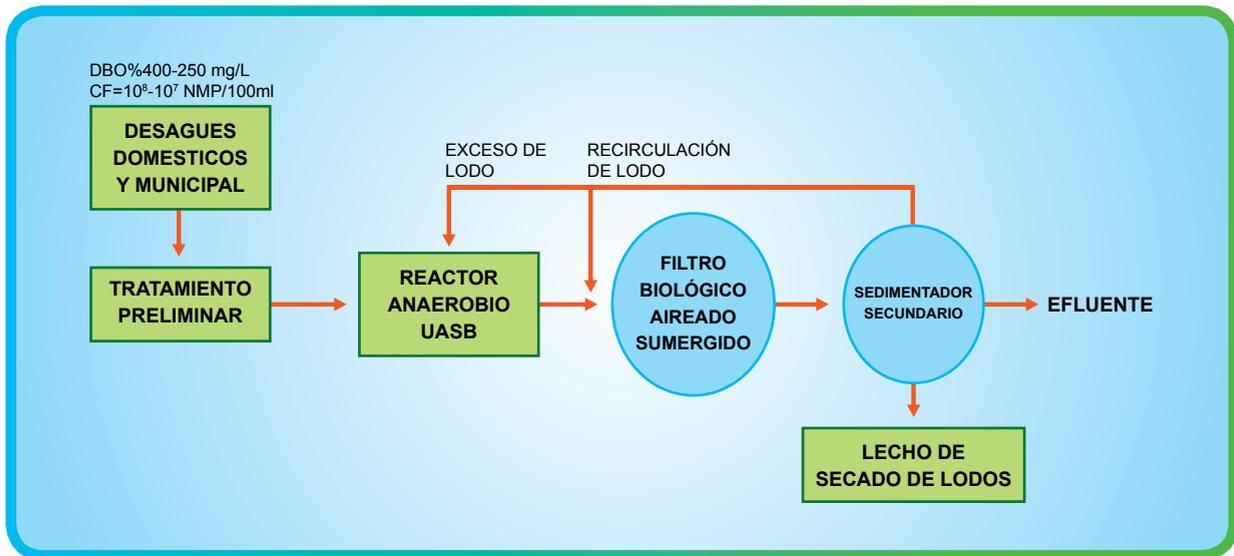
1. Pretratamiento mediante rejas y desarenador, unidades que por operaciones unitarias permiten el acondicionamiento previo, y con ello, la retención de material grueso orgánico e inerte.
2. Tratamiento primario: Se ubica al RAFA dentro del circuito, haciendo las veces de un sistema de tratamiento primario, el cual permitirá remover la mayor carga orgánica presente en el desagüe.
3. Tratamiento secundario mediante filtro biológico aireado sumergido, ubicado inmediatamente después del RAFA.

Bajo las condiciones indicadas se logra un agua residual con mucho menor concentración de DBO, reducción apreciable de los SST, pero una baja eficiencia en la reducción de coliformes, los cuales requieren adicionalmente un tratamiento de desinfección. Así mismo los nutrientes se remueven escasamente.

*El costo de inversión, mantenimiento y operación incluye las tres pozas adicionales, usadas para la crianza de peces.



Figura N° 2.43: Flujoograma de tratamiento con RAFA y filtro biológico aireado



Cuadro N° 2.13: Rango de eficiencia observada para el tratamiento de agua residual con RAFA y filtro biológico aireado.

Parámetro	DESAGÜE	PRELIMINAR Y PRIMARIO	REACTOR ANAEROBIO Retiene:	TRAT. SECUNDARIO FILTRO PERCOLADOR Retiene:	Valor Efluente	Posibilidad de Reuso
DBO:	400-250 mg/l	15% 340-225	55%-75% Sale: 165-120 mg/l	83%-95% 30-10 mg/L	10 a 25 mg/L	Ok
TSS	150-190 mg/L	30% 80-120 mg/L	50-60% 50-85 mg/L	70-95% <30 mg/L	20 a 30 mg/L	Ok
CF	10 ⁸ -10 ⁷ NMP/100ml	-	90% 10 ⁷ -10 ⁶ NMP/100ml	0-2 Log. De Magnitud 10 ⁷ -10 ⁵ NMP/100ml	10 ⁷ -10 ⁵ NMP/100ml	Desinfección o Lagunas

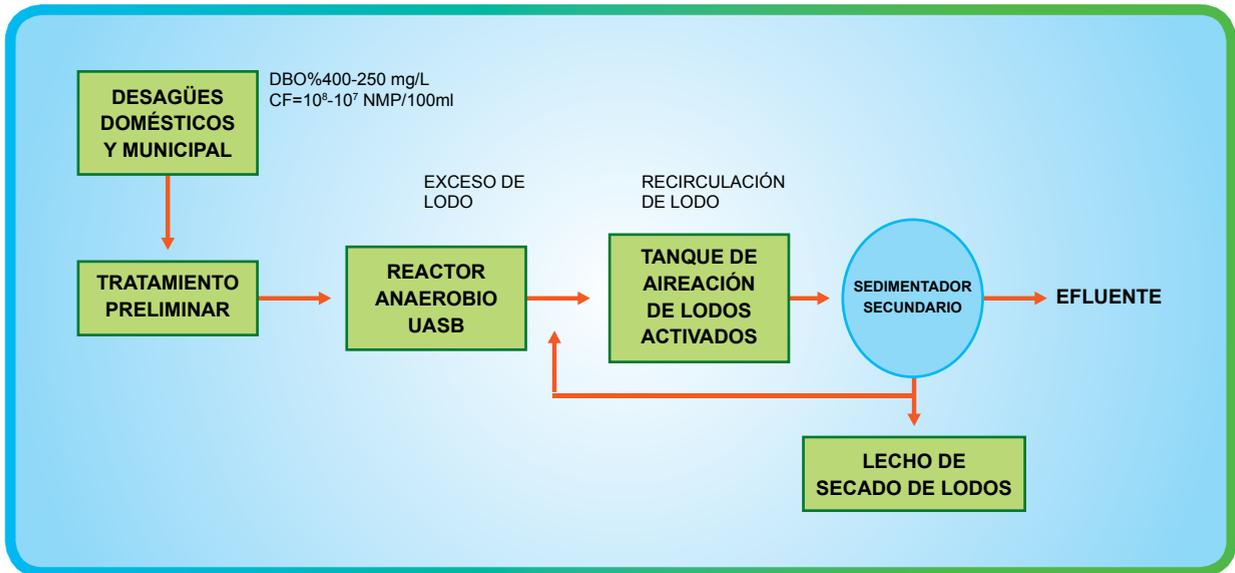
b. RAFA + Sistema de tratamiento con lodos activados

Precedido de un reactor anaerobio de manto de lodos como el RAFA, el tratamiento por lodos activados puede reducir el tamaño del tanque de

aireación y por ende su requerimiento de energía eléctrica por consumo de oxígeno. Experimentos desarrollados en un programa de investigación del Brasil utilizando sistema de lodo activado como postratamiento demostró lo siguiente:



Figura N° 2.44: Flujo de tratamiento empleando RAFA y lodos activados.



Cuadro N° 2.14

Parámetro	DESAGÜE	PRELIMINAR Y PRIMARIO	REACTOR ANAEROBIO Retiene:	TRAT. SECUNDARIO Retiene:	Valor Efluente	Posibilidad de Reuso
DBO:	400-250 mg/l	15% 340-225	55%-75% Sale: 165-120 mg/l	70%-95% 30-10 mg/L	10 a 30 mg/L	Ok
TSS	150-190 mg/L	30% 80-120 mg/L	50-60% 50-85 mg/L	70-95% <30 mg/L	20 a 30 mg/L	Ok
CF	10 ⁸ -10 ⁷ NMP/100ml	-	90% 10 ⁷ -10 ⁶ NMP/100ml	0-2 Log. De Magnitud 10 ⁷ -10 ⁵ NMP/100ml	10 ⁷ -10 ⁵ NMP/100ml	Desinfección o Lagunas

En cuanto a la remoción en concentraciones de fósforo o nitrógeno, se observó que la desnitrificación biológica no se obtiene en un lodo activado posterior a un reactor UASB. En los sistemas aeróbicos la eliminación de N y P se obtiene con una proporción N/DOQ < 0.08 y una proporción P/DOQ < 0.03, y en los sistemas pos UASB estas relaciones no son factibles. En realidad, debido a la alta eliminación de substratos orgánicos en el reactor UASB (más del 65 por ciento), y prácticamente ninguna eliminación de N y P, el efluente del UASB presenta proporciones altas de N/COD y P/COD, por encima de los valores generalmente obtenidos en los sistemas aeróbicos. Lo que se hace ante ello es tratar solamente parte del caudal en el UASB (típicamente no más del 50 por ciento). El resto se deja fluir directamente hacia la unidad de aireación del sistema de lodos activados.

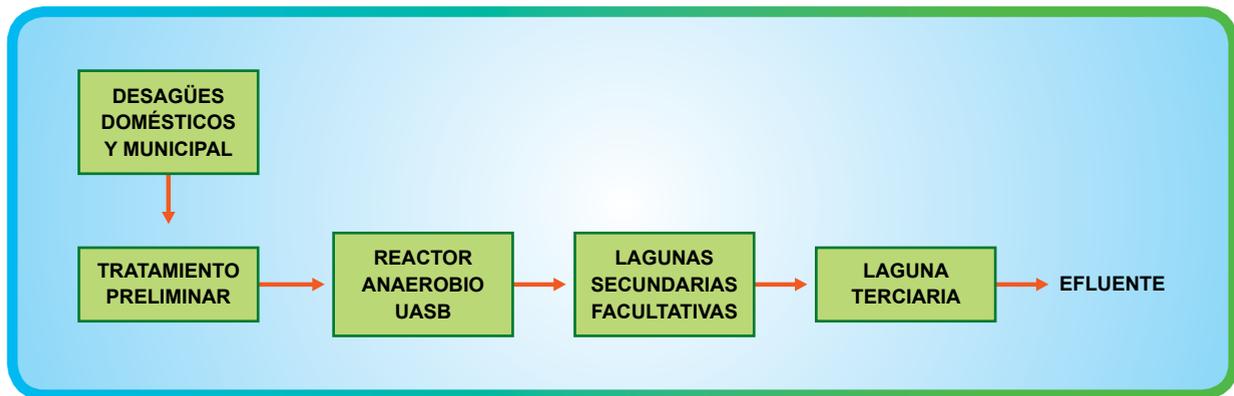
Aun cuando los niveles de remoción en nutrientes no es significativo, el UASB presentará algunas ventajas, ya que podrá recibir el lodo activado/lodo en exceso y disminuir la cantidad de energía requerida por el reactor aeróbico, así como una reducción notoria en la producción de lodos.

c. RAFA + Sistema de tratamiento con lagunas

La inclusión del RAFA como parte del sistema de tratamiento de una batería de lagunas, permitirá reducir la extensión de terreno requerido por éstas, ya que la carga orgánica será reducida con mayor eficiencia en la primera etapa del proceso (tratamiento anaerobio), siendo el efluente menos concentrado, aplicado con baja carga al conjunto de procesos posteriores. La figura y cuadros dados a continuación muestran los resultados para el agua residual de las características antes dadas.



Figura N° 2.45: Flujo de tratamiento empleando RAFA y lagunas facultativas secundarias y terciarias



Cuadro N° 2.15: Rango de eficiencias de sistemas de tratamiento empleando RAFA y lagunas facultativas

Parámetro	DESAGÜE	PRELIMINAR Y PRIMARIO	REACTOR ANAEROBIO Retiene:	TRAT. SECUNDARIO Lagunas Retiene:	Valor Efluente	Posibilidad de Reuso
DBO:	400-250 mg/l	15% 340-225	55%-75% Sale: 165-120 mg/l	70%-95% 30-10 mg/L	10 a 30 mg/L	Ok
TSS	150-190 mg/L	30% 80-120 mg/L	50-60% 50-85 mg/L	70-95% <30 mg/L	20 a 30 mg/L	Ok
CF	10^8 - 10^7 NMP/100ml	-	90% 10^7 - 10^6 NMP/100ml	0-2 Log. De Magnitud 10^7 - 10^6 NMP/100ml	10^4 - 10^2 NMP/100ml	Podría requerir desinfección o Laguna de Pulimento

*para el reuso de aguas
residuales tratadas*

2.6.1. EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS

El manejo racional de los recursos hídricos en el Perú presenta dificultades, debido a la escasa disponibilidad y a la baja calidad de las aguas, originadas por la competencia de las actividades, que las derrochan y contaminan. Esas aguas contaminadas se descargan a los cuerpos receptores, que luego son utilizados como fuentes de agua para bebida y para el riego de los productos agrícolas, o terminan en áreas destinadas a la recreación, tales como las playas, incrementando el riesgo de enfermedades infecciosas, especialmente en los grupos más vulnerables.

Paradójicamente, el Perú fue uno de los primeros países latinoamericanos que logró experiencias exitosas en el uso de las aguas residuales domésticas para el desarrollo de áreas verdes productivas y recreativas en el desierto costero. El Proyecto de San Juan de Miraflores, implementado desde 1964, constituyó un modelo internacional para tratar esta agua a bajo costo y aprovecharla



Figura N° 2.46: El aprovechamiento del agua residual con adecuado tratamiento es una necesidad imperativa en el manejo y aprovechamiento racional de los recursos hídricos y el cuidado del medio ambiente.

en cultivos agrícolas, piscícolas y forestales, que permitieron desarrollar 600 hectáreas en el desierto del sur de Lima. Luego le siguieron muchos proyectos en Tacna, Piura, Chiclayo, Trujillo e Ica, entre otros que, juntos, sobrepasan las 5,000 hectáreas agrícolas regadas con aguas residuales, aunque una quinta parte se realiza con agua sin tratar.



Figura N° 2.47: Complejo Bioecológico de San Juan de Miraflores.



Figura N° 2.48: Uso del efluente de la planta de tratamiento de Ginebra (Colombia) en el riego de caña de azúcar.

2.6.1.1. El concepto de reutilización

Entre el año 2000 y 2003, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá (IDRC) ejecutaron una de las investigaciones de mayor envergadura acerca del manejo del agua residual doméstica en la Región Latinoamericana. En esta investigación, denominada “Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial”, participaron catorce países. Su tarea consistió en analizar las experiencias de manejo de las aguas residuales, recomendar estrategias para el diseño e implementación de sistemas que integren el tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales, e identificar nuevas oportunidades de intervención en esta región.

Las experiencias sistematizadas a través de este proyecto han permitido desarrollar un modelo de gestión para integrar el tratamiento al uso productivo de las aguas residuales domésticas, utilizando tecnologías de bajo costo y orientadas principalmente a remover los organismos patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover materia orgánica y nutrientes que sí son aprovechados por la agricultura o las áreas verdes.

Se resaltó que las lagunas de estabilización han constituido la tecnología más confiable para lograr este objetivo, además de requerir sólo el 20% de la inversión y el 10% de los costos de operación que otras opciones tecnológicas demandan.

El modelo indica que el uso de estas aguas en actividades como la forestación, que son menos exigentes en calidad sanitaria, permitiría reducir aún más el costo del tratamiento. Además, el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas en el riego agrícola significa reducir y hasta eliminar las descargas que generan impactos negativos en el ambiente. El modelo de gestión incorpora el tratamiento y uso del agua residual a la gestión eficiente de los recursos hídricos en una cuenca. La integración del tratamiento al uso agrícola permite controlar un incremento significativo de las tarifas, cuando en éstas se incorpore el costo del tratamiento, garantizando así una mayor sostenibilidad del servicio. Por último, la aceptación de este modelo implica que la comunidad asuma la responsabilidad de tratar sus aguas residuales con tecnología apropiada, valorando beneficios como la protección de la salud y el ambiente, y la generación de empleo y de alimentos de calidad. Toda la experiencia acumulada a nivel nacional e internacional permite asegurar que las aguas residuales tratadas pueden

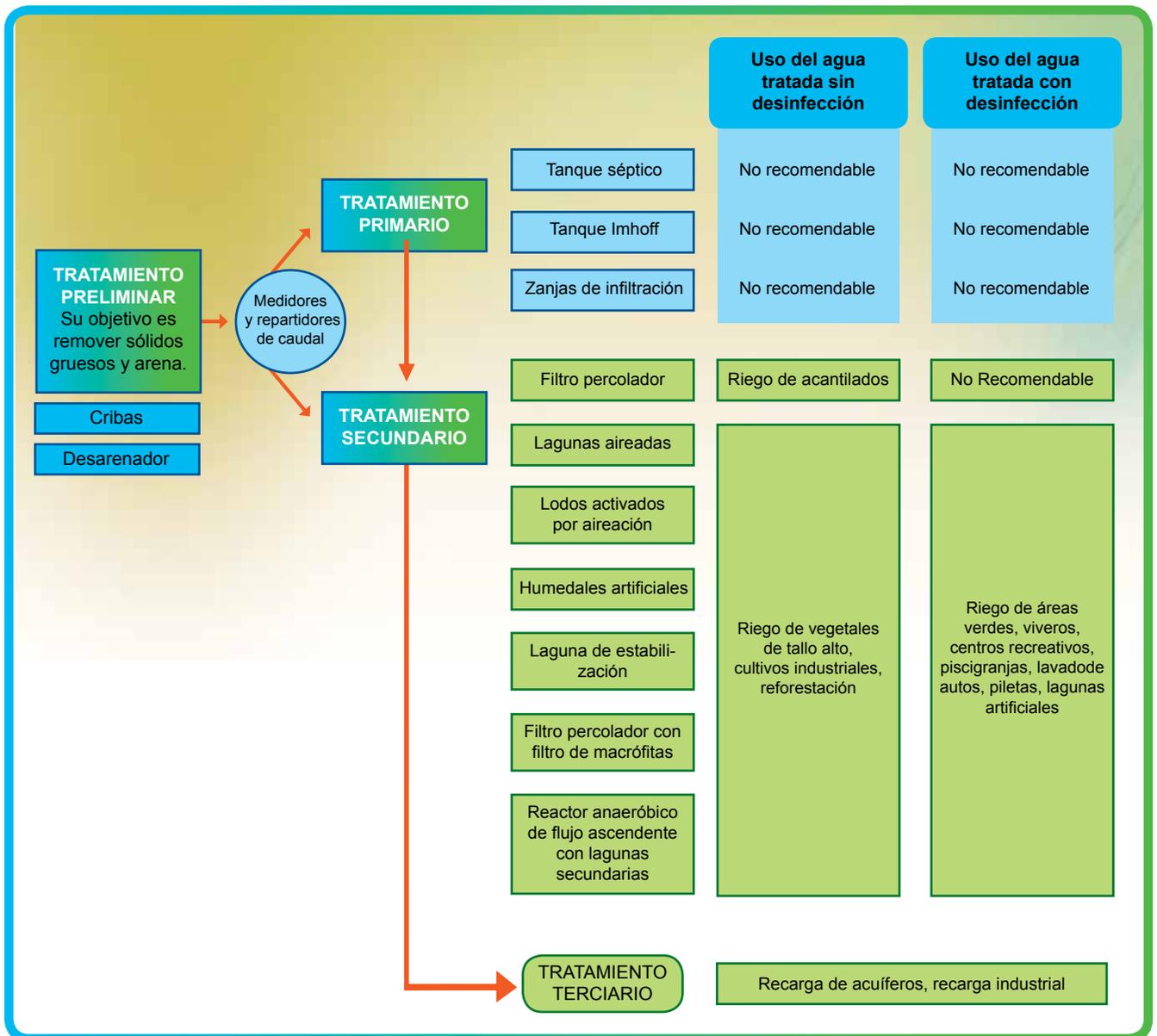




ser bien aprovechadas en el riego de áreas verdes productivas y recreativas. Por tanto, debe ser el sustento del desarrollo y mantenimiento de las áreas verdes municipales (parques y jardines) y privadas (colegios, clubes y cementerios), así como de entornos ecológicos que contribuyan a la

protección ambiental de las ciudades y a la lucha contra la desertificación y el calentamiento global. En el cuadro 2.16 se muestran los sistemas de tratamiento de las aguas servidas que describe el presente manual y los posibles usos de los efluentes de dichos sistemas.

Cuadro N° 2.16: Flujograma de tecnologías de tratamiento de aguas residuales y potencialidades de reuso.



2.6.1.2. Casos prácticos del reuso de agua residual tratada para la creación de áreas verdes urbanas

El proyecto global “Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana” (SWITCH) muestra un inventario de las experiencias de uso de aguas residuales en Lima Metropolitana*. De los 37 casos identificados, el 59% han destinado el reuso del agua tratada para actividades tales como creación de áreas verdes, campos deportivos y parques públicos, que se desarrollan principalmente en el ámbito intraurbano. Más del 70% del agua utilizada en dichas áreas se enfocan en la actividad forestal, creación de bosques o arborización de parques y bermas de avenidas, mientras que el 30% se utiliza para el riego de cobertura vegetal como el grass o pasto americano. Las principales especies recomendadas para las áreas verdes recreativas son los ficus y molles, que están ganando preferencia en los últimos años, por ser especies

que se adaptan mejor que los eucaliptos a las condiciones climáticas y a las características de los suelos de Lima. Los molles muestran un excelente crecimiento en las zonas más áridas. Igualmente, el uso de la campanilla (*Ipomoea purpureosa*) para cubrir las laderas de acantilados como la Costa Verde, en la ciudad de Lima, ha dado buen resultado. Ver figura 2.49.

Este proyecto también permitió comprobar que los altos costos demandados por el riego de las áreas verdes con agua potable han determinado que algunas instituciones decidan tratar y usar las aguas residuales locales para reducir los costos significativamente.

Una forma de evaluar los beneficios económicos del uso de las aguas residuales tratadas en el riego de las áreas verdes es a través del ahorro económico, producto del reemplazo del agua potable que tradicionalmente se ha utilizado.



Figura N° 2.49: Acantilado de la Costa Verde y del parque María Reiche, regados con efluentes de la planta de tratamiento de filtros percoladores de Miraflores.

*Moscoso, Julio y Alfaro, Tomás. 2008.



Cuadro N° 2.17: Ahorro en el gasto de agua para riego de los casos estudiados

Caso	Tecnología de tratamiento	Tarifa del agua potable (US \$/ m ³)	Costo del agua tratada (US \$/ m ³)	Diferencia de costo (US \$/ m ³)	Volumen anual gastado (US \$/ m ³)	Ahorro	
						(US \$/ año)	%
Avenida Universitaria	Lodos activados	0.72	0.69	0.03	55,176	1,682	4.23
Pucusana	Lagunas de estabilización	0.72	0.22	0.50	15,600	7,792	69.37
Oasis de Villa	Humedales artificiales	0.72	0.46	0.26	3,532	911	35.83
Miraflores (Costa Verde)	Filtros percoladores	0.93	0.32	0.61	22,072	13,531	65.92
Colegio La Inmaculada	Lagunas de estabilización	1.75	0.47	1.28	142,500	182,144	73.04
Parque 26	Lagunas aireadas	0.72	0.59	0.13	518,393	65,072	17.43



Figura N° 2.50: Lagunas del Parque Zonal Huáscar, Villa El Salvador, Lima.

Como se puede observar en el cuadro N° 2.17, el ahorro por costo de agua fluctúa, según la tecnología utilizada para el tratamiento, entre el 4 y 73%, respecto de la tarifa de agua potable de SEDAPAL aplicada. Las cifras indican que en todos los casos se logra un beneficio, demostrando que las aguas residuales tratadas constituyen una estrategia eficaz para reemplazar el uso actual de agua potable en el riego de las áreas verdes.

Una exigencia básica es que los parques y jardines se rieguen con aguas residuales tratadas y que tengan menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml. Esto significa que los sistemas de tratamiento deben lograr remover de 4 a 5 unidades logarítmicas de coliformes fecales, empleando sistemas como lodos activados, humedales artificiales y filtros percoladores con filtros de macrófitas que tengan desinfección final, o lagunas de estabilización con más de 18 días de periodo de retención, en el caso de Lima. De igual forma, el agua requiere estar libre de helmintos y protozoos, que son parásitos humanos. En virtud de esto, los sistemas de tratamiento deben ser capaces de remover de 2 a 3 unidades logarítmicas de tales organismos.

Estos sistemas pueden ser las lagunas de estabilización con periodos de retención mayores a 10 días y lodos activados con desinfección u otros. Teniendo en cuenta que el 98% de los parásitos pertenecen al grupo de los protozoos, se recomienda que todas las plantas de tratamiento implementen dispositivos hidráulicos que eviten la salida del efluente por rebose. Es necesario indicar que los sistemas de riego por gravedad (inundación y surcos), utilizados actualmente en las experiencias con aguas residuales tratadas, deben ser reemplazados por sistemas de riego tecnificado (goteo y otros), que logran un uso más eficiente del agua. En el caso de riego por aspersión en parques y jardines, éste debe realizarse en horas de baja circulación peatonal,

para evitar posibles impactos en la salud. Se debe promover también el uso de las aguas residuales tratadas y desinfectadas en el riego de las áreas verdes, para sustituir los fertilizantes químicos por la materia orgánica que éstas aportan, mejorando así la fertilidad y la retención de agua en los suelos arenosos típicos de las zonas áridas como Lima y otras de la costa peruana.

Asimismo, las plantas de tratamiento deben mejorar sus sistemas de operación y mantenimiento, para reducir los olores desagradables, principal motivo de reclamo de los vecinos. Para tal efecto, se pueden valer de la implementación de una cobertura tipo invernadero y una barrera forestal. Ambos métodos contribuyen eficientemente a evitar el traslado de los olores por el viento a los parques y viviendas aledañas. Es necesario también lograr un manejo adecuado de los sólidos recolectados dentro de la planta. Además, se debe poner en marcha campañas de desratización y fumigación. Paralelamente, se debe sensibilizar a la ciudadanía acerca de las ventajas y riesgos del uso de las aguas residuales domésticas, a fin de lograr la aceptación de esta práctica como una alternativa eficiente y de menor costo para mantener las áreas verdes de la ciudad.



Figura N° 2.51: Riego de áreas verdes con aguas residuales tratadas y desinfectadas.



Figura N° 2.52: Vivero de plantas ornamentales y árboles ubicado en la Av. Ayacucho en el distrito de Surco.

2.6.1.3. El desarrollo de áreas verdes multipropósito con aguas residuales tratadas

Las nuevas áreas verdes municipales podrían ser implementadas en espacios actualmente ociosos y desperdiciado, para que brinden una oportunidad a la población vecina, para que participe en el desarrollo de un área verde productiva y recreativa, en lugar de mantener un espacio propenso al vertimiento de basura y al riesgo de asaltos y pandillajes.

Estas áreas verdes, según el objetivo que se desea, deben ser regadas con aguas residuales tratadas y desinfectadas, o provenientes de un tratamiento terciario, de tal forma que brinde toda la seguridad del caso. Además deberán ser aprobados por la comuna y diseñadas de acuerdo al tamaño, dimensiones y las características específicas de cada terreno y conformado, si fuera posible, por los siguientes componentes:

- Área forestal y viveros.
- Estanques de peces y otros ambientes acuáticos.
- Jardines y caminos de paseo.
- Área paisajística.
- Centros recreativos.



Figura N° 2.53: Vivero ubicado en el distrito de Villa El Salvador.

• Área forestal y viveros

Las áreas forestales pueden ser ubicados o distribuidas en bermas centrales, parques, áreas bajo redes eléctricas de alta tensión, u otros espacios abandonados. Las especies arbóreas pueden ser implementadas básicamente en perímetros para proteger las actividades internas y evitar impactos en la zona residencial vecina. Se debe preferir especies de crecimiento vertical y de tallo alto, plantas aromáticas, medicinales y ornamentales de alto valor económico. Ver figuras 2.53 y 2.54.



Figura N° 2.54: Aguas residuales tratadas para forestación y creación de zonas recreativas. Vista lateral del parque Húascar en Villa el Salvador.

• Jardines y caminos de paseo

Los espacios disponibles entre los componentes antes citados permiten desarrollar una ruta de paseo con jardines de gras, flores y arbustos, y caminos rústicos de tierra y grava. También se debe prever la instalación de pequeños puentes de madera en los pases del sistema de canales de riego. Estas áreas deben brindar facilidades para el esparcimiento de la población local. Ver figura 2.55



Figura N° 2.55: Vivero ubicado en el distrito de Villa El Salvador.

• Estanques de peces y otros ambientes acuáticos

Pueden construirse estanques para la crianza de peces, a fin de generar una producción orientada al autoabastecimiento y la venta local de pescado. Estos ambientes productivos deben ser diseñados en forma artística para cumplir con un rol paisajístico en forma simultánea. También estos ambientes podrían ser utilizados para la crianza de patos. De ser posible se debe implementar otros ambientes recreativos, como piletas decorativas y viveros acuáticos para la primera etapa de crianza de los peces en la época invernal.

- **Área paisajística**

Es una zona especialmente orientada a crear un entorno paisajístico de calidad, basado en una combinación de flores y el diseño de un riachuelo artificial artístico. Este objetivo no limita el que las flores se puedan constituir en una producción comercial regular. Ver figura 2.57.



Figura N° 2.56: Vista de parques en San Borja, Lima.



Figura N° 2.57: Diseño paisajístico con lagunas. Parque Zonal Huáscar en Villa El Salvador, Lima.

- **Centros recreativos**

Espacios libres donde se combinan actividades productivas y recreativas, donde se genera demanda de ambientes para oficinas, baños, auditorios, tiendas y almacenes. También, se puede incluir servicios de comida para consumir los productos generados en el mismo módulo, mediante la construcción de pequeños restaurantes rústicos y con mesas al aire libre. Ver figuras 2.58 y 2.59.



Figura N° 2.58: Zona recreacional en un centro educativo.



Figura N° 2.59: Parque Zonal Huáscar, ubicado en el distrito de Villa El Salvador, Lima.



2.6.1.4. Reuso de aguas residuales tratadas para riego en la agricultura periurbana

Una de las experiencias más antiguas e importantes se generó en 1964, con la implementación de una serie de lagunas para tratar 200 L/s de aguas residuales en San Juan de Miraflores, y que luego permitió el desarrollo de más de 600 hectáreas de bosques, campos agrícolas y estanques piscícolas en las zonas desérticas del Sur de Lima. Ver figura 2.60. Los

pobladores de esa zona, provenientes del campo y con tradición de agricultores, se posesionaron de las tierras aledañas e iniciaron una importante experiencia de agricultura regada con estas aguas. La experiencia luego se extendió hasta Villa El Salvador, con el apoyo técnico del Programa de Protección Ambiental y Ecología Urbana del Ministerio de Vivienda y Construcción (MVCS). Igualmente, motivó la creación del Parque Zonal Huayna Cápac, que actualmente permite esparcimiento para la población del sur de Lima.



Figura N° 2.60: Planta de tratamiento de aguas servidas de San Juan de Miraflores.

Actualmente, en Lima, el 88% de los casos de la actividad productiva se realiza en el ámbito periurbano, quedando claro que el uso de las aguas residuales está más difundido en el riego de cultivos agrícolas ubicados en estas áreas, donde es posible manejar este recurso con mayor facilidad y aceptación. Las experiencias de uso de aguas residuales tratadas desarrolladas en Lima desde hace más de 10 años, permiten recomendar la implementación de actividades productivas como el cultivo de forraje (chala, pasto elefante y alfalfa), árboles frutales (olivos, pecanos, naranjos, chirimoyos, paltos, limoneros e higueras), tara, tuna para producir cochinilla, bambú y viveros de plantas ornamentales y forestales.

Otra importante experiencia de uso agrícola de aguas residuales en el Perú se viene desarrollando desde 1974, en la zona de COPARE en Tacna, donde se construyó la primera planta de tratamiento de aguas residuales y que luego permitió la habilitación de 400 hectáreas eriazas para la actividad agrícola. Ya desde 1975 los agricultores reportaban incrementos del 20 al



Figura N° 2.61: El uso de infraestructura complementaria para el aprovechamiento de las aguas residuales, apropiadamente tratadas en riego, representa las acciones complementarias de un proyecto integral de gestión de recursos hídricos, especialmente en zonas áridas.





100% de su producción agrícola, cuando regaban con aguas residuales, en comparación con los cultivos tradicionales que usaban aguas de río y fertilizantes químicos. Así, por ejemplo, la producción de avena forraje se elevó de 12 a 22 TM/ha y la de tomate de 18 a 35 TM/ha.

Al transcurrir los años, la ciudad de Tacna tuvo un desarrollo urbano acelerado, que rodeó de edificaciones a la zona de COPARE. Por tal razón, en 1996 se implementó una nueva planta de tratamiento en la zona de Magollo, ubicada a 15 km de la primera planta. Esta planta ocupa casi 25 hectáreas de lagunas de estabilización y tiene capacidad para tratar 180 L/s, que abastecen 1,952 hectáreas*. En 2001, el grueso de la superficie agrícola regada con aguas residuales en Tacna estaba destinada a cultivos temporales, dentro de los que destacaba el cultivo de maíz chala (58%), alfalfa (11%) y otros como el ají y ají pprika (8%). Los cultivos perennes ocupaban 8% de la superficie total y las áreas forestales paisajistas otro 15%. En suma, queda claro que esta actividad tiene capacidad para seguir creciendo, conforme se incrementa el agua residual de la ciudad.

2.6.1.5. El desarrollo de entornos ecológicos en la zona desértica costera

La creación de entornos ecológicos es una necesidad imperante en las ciudades, ya que permiten reducir la contaminación del aire. En los centros poblados ubicados en zonas áridas pueden constituir una cortina de viento para proteger la salud de la población de las bajas temperaturas y el exceso de partículas de polvo en el aire. El uso de las aguas residuales para la producción forestal tiene la ventaja de un menor requerimiento de cantidad y calidad de agua. En términos prácticos, significa que el costo del tratamiento puede ser menor cuando se apliquen los efluentes de las plantas de tratamiento en el riego de áreas forestales.

En el Perú existe una rica y variada experiencia del desarrollo de entornos ecológicos, especialmente en la costa desértica. Nuevamente es el caso del entorno verde de Tacna, implementado por la Municipalidad Provincial y que ya ha concluido las dos primeras etapas, con 110 hectáreas regadas con los efluentes de la planta de lagunas de estabilización de Magollo. Esta rea verde está constituida por árboles forestales y frutales, que han mostrado un desarrollo impresionante en sólo 10 años y que aseguran un manejo sostenible con la producción esperada. Actualmente se está creando campos deportivos, un jardín botánico y un zoológico.

*ATDR-Tacna. 2006 Estadísticas de la Administración Técnica del Distrito de Riego del 2006.

2.7

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

para el tratamiento de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales

Los lodos se generan a partir de la sedimentación de los sólidos en los procesos de tratamiento de las aguas residuales. Deben ser retirados periódicamente, para asegurar la eficiencia del sistema, y tratados antes de su disposición final. Este tratamiento sirve para reducir la presencia de patógenos, para eliminar los olores desagradables y reducir o eliminar su potencial de putrefacción. Entre las alternativas existentes se ha considerado 3 tratamientos por su bajo costo y aprovechamiento seguro como insumo para otras actividades productivas.

2.7.1. DIGESTIÓN ANAERÓBICA

La digestión anaeróbica es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. En este proceso, la materia contenida en los lodos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en metano (CH_4) y dióxido de

carbono (CO_2). Este proceso se lleva a cabo en un reactor herméticamente cerrado, de forma continua e intermitente, y la materia permanece en su interior durante periodos variables. Un ejemplo de este sistema es el biodigestor tipo chino, que se muestra en la figura 2.62

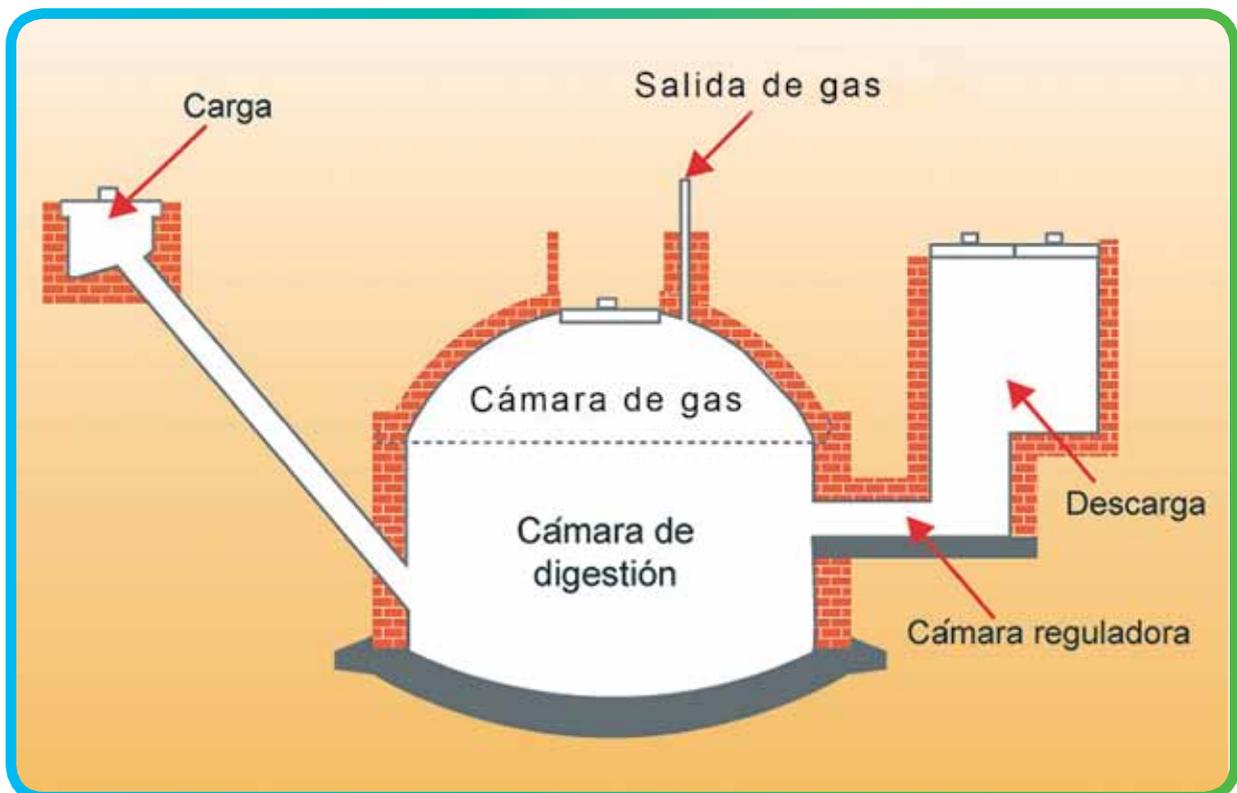


Figura N° 2.62: Biodigestor tipo chino.



DIGESTIÓN ANAERÓBICA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
No requiere de energía eléctrica.	El costo de inversión es relativamente alto. La tecnología aún es poco aplicada en nuestro país.
Por tratarse de un sistema herméticamente cerrado puede ser empleado en zonas inundables.	
Se requiere poco espacio para su implementación.	
Se genera gas metano, el cual puede usarse como fuente de calor o energía.	
Durante el proceso se obtiene también un líquido llamado biol, el cual es usado como fertilizante foliar. Los lodos que resultan al final del proceso son estables y se usan como abono.	Necesita temperaturas exteriores por encima de los 10°C.
Recomendaciones	
El sistema puede funcionar en zonas de temperaturas más bajas de 10°C, siempre que parte del gas producido sea empleado en calentar la infraestructura del biodigestor, o éste se encuentre debajo de la superficie (suelo).	
Para acelerar el proceso de digestión se puede agregar material orgánico vegetal.	
Para tener un proceso eficiente se debe controlar frecuentemente la temperatura y el Ph.	

2.7.2. LECHO DE SECADO

En el lecho de secado, los lodos que suelen tener alto contenido de agua, son vertidos a una superficie acondicionada, donde son expuestos al ambiente. Este procedimiento permite que con el tiempo se de la deshidratación y pérdida de agua contenida en las partículas solidas, formándose una capa superior dura, que inicialmente impide la evaporación de agua en las capas inferiores. Sin embargo, progresivamente, los lodos empiezan a formar grietas, facilitando el secado de las capas inferiores, hasta formar lodos secos, que facilitan su disposición final. En zonas de alta precipitación es recomendable añadir a la estructura un techo de protección que evite que el agua de lluvia ingrese al área destinada al lecho de secado.

Es preferible contar con dos o más lechos de secado para facilitar el mantenimiento y la operación del sistema. Esta estructura, construida habitualmente de mampostería, concreto o de tierra (con diques), debe tener una profundidad útil de 50 a 60 cm. y un ancho entre 3 y 6 m. Está compuesta de una capa de ladrillos colocados sobre el medio filtrante, que

está constituido por arena fina, una capa inferior de grava y drenes de tubos de 100 mm de diámetro, tal como se aprecia en la figura 2.64. Asimismo, deberá proveer de una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y losa de fondo, para impedir la destrucción del lecho.



Figura N° 2.63: Vista panorámica de unidades de lecho de secado, empleado en el tratamiento de lodos procedentes de reactores y sedimentadores de una planta de tratamiento.



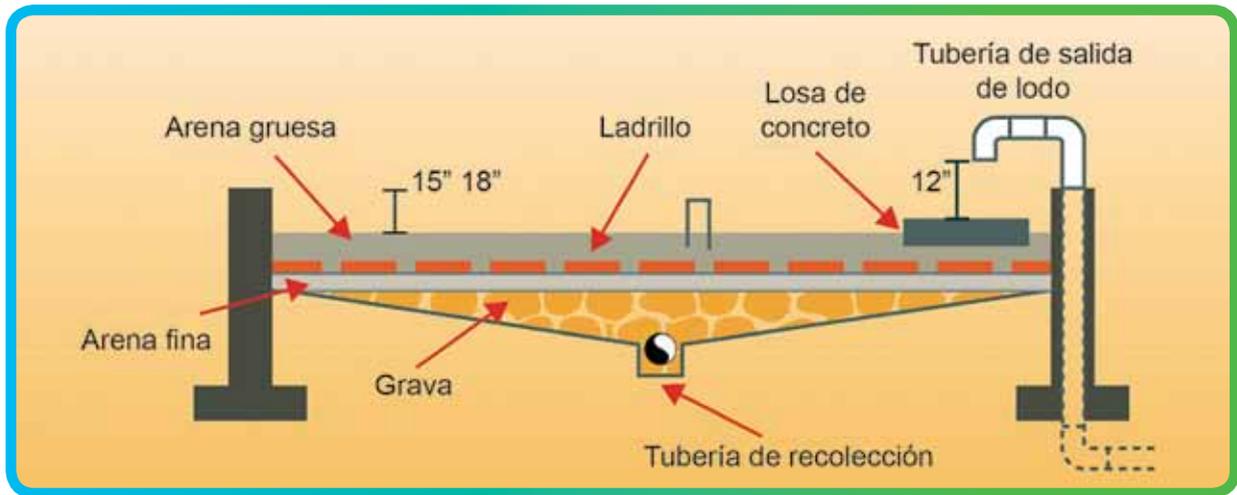


Figura N° 2.64: Corte transversal de una planta de lecho de secado.

LECHO DE SECADO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
No requiere de energía.	Requiere de extensiones de terreno adicionales dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales.
Es un proceso muy sencillo.	Es un sistema muy dependiente de las condiciones climáticas.
Los lodos, una vez estabilizados, pueden aprovecharse para compostaje.	En zonas de inundaciones, si no están bien diseñados, pueden generar problemas.
Recomendaciones	
Se debe considerar medidas de seguridad ante la presencia de los lodos frescos, para evitar proliferación de vectores.	
El área donde se ubique el lecho de secado debe ser lo más ventilada posible.	
Los líquidos que se generen en el proceso de secado deben ser retornados al sistema de tratamiento.	



2.7.3. COMPOSTAJE

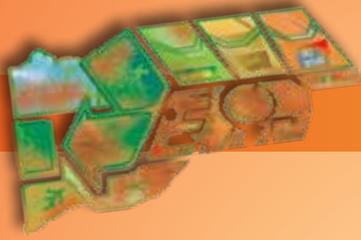
El compostaje es un proceso aeróbico que implica mezclar los sólidos de las aguas residuales con fuentes de carbón, tales como aserrín, paja o virutas de madera. En presencia del oxígeno, las bacterias digieren los sólidos de las aguas residuales y la fuente agregada del carbón y, al hacer eso, producen una cantidad grande de calor. Este proceso de digestión puede dar lugar a la destrucción de microorganismos y de parásitos causantes de enfermedades, a un nivel suficiente como para permitir que los sólidos digeridos que resultan sean aplicados con seguridad a la tierra

usada como material de la enmienda del suelo (con las ventajas similares a la turba) o usada para la agricultura como fertilizante, a condición de que los niveles de componentes tóxicos sean suficientemente bajos. En la figura 2.65 se puede apreciar las rumas de material orgánico, en cuyo interior se encuentran los lodos, así como otros ingredientes necesarios para la elaboración de compost.



Figura N° 2.65:
Montículos o camas de materia orgánica, en proceso de fermentación.

COMPOSTAJE	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Es un proceso aireado, por lo que no se debe generar malos olores.	En zonas de muy baja temperatura, el proceso requerirá de mayor tiempo para descomponer la materia orgánica.
Requiere de poco espacio para su manejo.	Si el proceso es mal dirigido, puede generar olores desagradables.
En ambientes calurosos el proceso de fermentación es más rápido.	El líquido resultante, si no es recepcionado, puede contaminar el ambiente.
Recomendaciones	
Se puede usar tanto lodo seco, como húmedo, al momento de elaborar el compost. Esto dependerá de la facilidad de transporte al área donde se encuentren las camas.	
Si la zona tiene un clima frío, se puede proteger el ambiente de las camas bajo estructuras de madera, concreto, u otro material.	



Parte 3

*Reciclaje y disposición
final segura de
RESIDUOS SÓLIDOS*





INTRODUCCIÓN

La gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos debe ir más allá de la simple eliminación o su aprovechamiento, por métodos seguros. La solución se remonta a resolver la causa fundamental del problema intentando cambiar las pautas no sostenibles de la producción y consumo de bienes y servicios. Ello entraña la aplicación del concepto de gestión integrada del ciclo vital que representa una oportunidad única de conciliar el desarrollo con la protección del medio ambiente*.

La evaluación del ciclo de vida es una herramienta que se usa para evaluar el impacto potencial, sobre el medioambiente, de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida, mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones medioambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando. La evaluación del ciclo de vida de un producto típico tiene en cuenta el suministro de las materias primas necesarias para fabricarlo, la fabricación de intermedios y, por último, el propio producto, incluyendo envase, transporte de materias primas, intermedios y producto, la utilización del producto y los residuos generados por su uso.

De acuerdo a la evaluación de la gestión de los residuos sólidos en el Perú**, la generación per cápita (GPC) promedio de residuos sólidos domiciliarios, se incrementa proporcionalmente al crecimiento de la economía. En el Perú, la generación per cápita se ha incrementado de 0.529 Kg/hab/día en el año 2001*** a 0.7 Kg/hab/día, en el año 2007. Asimismo, la generación de residuos sólidos municipales, en general, pasó de 0.711 Kg/hab/día en el año 2001 a 1.08 Kg/hab/día, en el año 2007.

Por consiguiente, se aprecia que ha habido un incremento de la GPC de 51.9% en 7 años, lo que en promedio equivale a una tasa de crecimiento anual del 6.15%. Ante el incremento de la demanda del servicio del manejo y gestión de residuos sólidos, la oferta que actualmente existe en el país debe incrementarse.

En cuanto a las actividades de reciclaje y/o reaprovechamiento, éstas actualmente son poco significativas y, por lo general, se realizan de manera informal, lo cual requiere también una intervención para su formalización, tecnificación e incorporación práctica en los sistemas de gestión integral de residuos sólidos municipales; de tal manera que, se disminuyan los volúmenes a ser dispuestos en rellenos sanitarios.

La composición de los residuos sólidos del futuro se proyecta a una composición de residuos con mayores características para el reciclaje. En este contexto la ecoeficiencia debe contribuir a mejorar la calidad de vida y a disminuir la generación de residuos sólidos.

*Agenda 21. Capítulo 21. Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales. Ítem 21.4 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, República Federativa del Brasil - junio de 1992.

**Ministerio del Ambiente. Informe Anual de Gestión de Residuos Sólidos; 2008.

***Organización Panamericana de la Salud (OPS). Encuesta Nacional de Evaluación Regional de Servicios de Manejo de Residuos Sólidos; año 2002.

Gestión integral de los residuos sólidos

Esta gestión implica considerar todas las etapas del manejo de los residuos sólidos como un todo y no como una suma de partes, abordándose la problemática ambiental de los residuos sólidos de manera mucho más eficiente. De este modo, existe un orden para abordar el problema, el cual se debe iniciar por la prevención, lo que supone estar preparado para tomar las acciones del caso; luego, la minimización de impactos y residuos. Así, por ejemplo, se identifica los puntos en los cuales se contamina y se intenta reducirlos lo más posible. El paso siguiente es la reutilización y reciclaje, donde se busca volver a usar los residuos. Por ejemplo, usar retazos de telas para confeccionar cojines o la transformación de residuos orgánicos para obtener compost. Luego, sigue el proceso de tratamiento, por el cual se pretende reducir los componentes dañinos contenidos en los residuos y que pueden dañar el ambiente. La última etapa es la disposición final segura de los residuos.

Jerarquía del manejo de residuos sólidos



Viviendas

¿Qué son residuos municipales?

Son aquellos residuos generados en domicilios, comercios, oficinas administrativas, colegios y otras entidades que generan residuos similares a éstos, en el ámbito de la jurisdicción municipal.

Puede encontrarse residuos peligrosos como pilas, recipientes (pintura, desinfectantes, insecticidas) y no peligrosos como papel, cartón, latas, recipientes de alimentos de vidrio, plástico, entre otros.



Oficinas



La gestión integral de los residuos sólidos, por su naturaleza es una problemática compleja, que para ser abordada requiere de concurso de diversos sectores y múltiples disciplinas para ejecutar actividades, técnicas administrativas de planeamiento, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos del ámbito nacional, regional y local, para disminuir los impactos ambientales que provoca.

La gestión de los residuos sólidos en el país se viene orientando a los objetivos de minimización, reutilización y reciclaje. A los municipios distritales les corresponde elaborar y ejecutar sus planes de gestión de residuos sólidos; y a los municipios provinciales, el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos-PIGARS.

En este contexto, la minimización de la generación de los residuos sólidos tiene dos objetivos: generar menor volumen y con menor peligrosidad. La minimización se debe lograr sin el deterioro de la calidad de vida.

La estrategia de las 3R se orienta al manejo de los residuos que sea más sustentable con el medio ambiente y, específicamente, da prioridad a la reducción en el volumen de residuos generados. Las 3R corresponde a las siglas de las palabras Reducir, Reutilizar y Reciclar:

- **Reducir**

Se refiere reducir el volumen de los residuos. Por ejemplo, consumir productos con empaques más pequeños o empaques elaborados con materiales biodegradables o reciclables.

- **Reutilizar**

Se refiere a utilizar los materiales que aún pueden servir, en lugar de desecharlos. Por ejemplo, utilizar botellas de PET o vidrio para almacenar agua, aceites o alimentos.

- **Reciclar**

Se refiere a transformar los materiales de desecho en nuevos productos. Por ejemplo, transformar botellas de PET desechadas en fibras sintéticas para la confección de prendas de vestir.



Manejo de los residuos sólidos municipales

El manejo de los residuos sólidos incluye toda actividad técnica operativa de los residuos sólidos, que involucra el manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o cualquier otro procedimiento técnico operativo desde la generación hasta la disposición final*.

El siguiente diagrama permite relacionar mejor cada actividad técnica operativa del manejo de los residuos sólidos.



*Actividad no empleada en nuestro país a nivel municipal.

** Ley N° 27314, décima disposición.

3.1

MINIMIZACIÓN DE LA GENERACIÓN

de los residuos sólidos

3.1.1. MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Es la acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora.

¿Cómo podemos participar?

Aprendiendo a usar mejor nuestros recursos y disminuyendo la generación de residuos, así como almacenando los residuos por separado, evitando de esta manera un mayor volumen de residuos peligrosos. Podemos empezar por aplicar las 3 R's: Reducir, Reciclar y Reusar.



Figura N° 3.1: Las 3R's de los residuos sólidos.

• Reducir

Consiste en realizar cambios en la conducta cotidiana para generar una menor cantidad de residuos. Podemos realizar lo siguiente:

- Utilizar bolsas de yute o paja para ir al mercado.
- Al comprar el pan utilizar bolsas de tela.
- Evitar comprar productos desechables: vasos, platos descartables.
- Comprar productos con vida útil larga, como pilas alcalinas o recargables.
- Evitar el gasto innecesario de papel higiénico.
- Comprar sólo lo necesario.

• Reusar

Es darle la máxima utilidad a las cosas sin necesidad de destruirlas o desecharlas. Darle otros usos a los objetos que adquirimos, para alargar su tiempo de vida y evitar que se conviertan en residuos. Podemos realizar las siguientes acciones:

- Usar productos que tengan envases retornables.
- Utilizar las hojas de papel bond por ambos lados.
- Vender u obsequiar las cosas que para uno ya no son útiles, pero si para otros (ropa usada, muebles, equipos, entre otros).
- Realizar manualidades con algunos residuos (llaveros, portalápices, adornos, entre otros).

• Reciclar

Es usar el material del bien o producto una y otra vez luego de ser transformado en un producto similar o uno parecido que pueda volverse a usar: cartón, papel, plástico, vidrio, entre otros.

¿Porqué implementar un plan de minimización de residuos?

- Porque cada vez que reducimos, reusamos o reciclamos un bien disminuye la cantidad de residuos a disponer en un relleno sanitario, lo cual permite aumentar la vida útil de la infraestructura y proteger aún más nuestros recursos agua, suelo y aire.
- Para que se genere materia prima de calidad a menor costo, ahorrando recursos naturales y energía.

- Para promover la participación ciudadana en las campañas de sensibilización y de forma directa en el programa de segregación de residuos en la fuente, consiguiéndose de esta manera consumidores ambiental y socialmente responsables.

- Para ir el volumen de residuos peligrosos. Este aspecto es clave en el manejo de los residuos sólidos; ya que, al minimizar su peligrosidad en el punto de generación, se está contribuyendo con reducir los riesgos sanitarios y costos en las etapas posteriores.

- Porque posibilita ingresos por la venta de residuos.

- Para vivir en ciudades más limpias.

- Para mejorar la calidad de vida en un ambiente sano.

Para conocer los procedimientos para formular un plan de minimización de residuos sólidos se puede usar la “Guía Técnica para la formulación e implementación de planes de minimización y reaprovechamiento de residuos sólidos en el nivel municipal”.

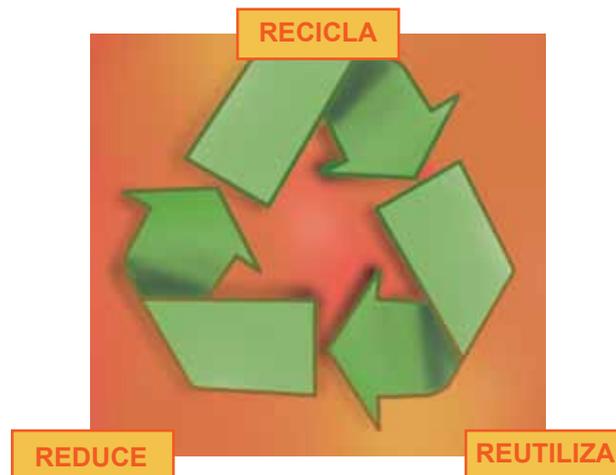


Figura N° 3.2: Símbolo del reciclaje.



MINIMIZACIÓN

VENTAJAS	DESVENTAJAS
La minimización puede aumentar la vida útil de los lugares de disposición final.	No existen desventajas considerables. Sin embargo, hay poco interés o difusión de tecnologías que faciliten esta labor en hogares.
Con la reutilización y reciclaje se ahorra energía y algunos recursos naturales en la producción de nuevos insumos y productos.	

Recomendaciones

Los gobiernos locales deben promover la minimización de la generación de los residuos. Esta promoción se puede realizar mediante programas de educación ambiental, en el tema de residuos sólidos, en escuelas, instituciones, organizaciones vecinales, etc.

Experiencias de minimización

• Reducción

La ONG Ciudad Saludable, como parte de su intervención en algunas ciudades del país, desarrolló un programa de minimización de residuos, que consistió en elaborar bolsas de tela para reemplazar a las bolsas comunes (hechas de plástico).

El fin de este programa era demostrar que era factible concientizar a la población en el uso de bolsas de tela (bolsas sanas) en lugar de las de plástico.



Figura N° 3.4: Grupo de mujeres confeccionando bolsas sanas.

• Reciclaje

Otra experiencia fue el reciclaje artesanal de papel para elaborar objetos con usos alternativos. Cabe destacar que reciclar implica transformar mediante procesos químicos, biológicos o físicos el producto, por lo que algunas veces se confunde el término reciclaje con el de reutilización.



Figura N° 3.3: Se aprecia cómo se recicló el papel para producir estos originales lapiceros.

• Reutilización

La reutilización implica volver a usar algún material, objeto o desecho, que fue aprovechado en un determinado momento.



Figura N° 3.5: Reutilización de una botella como regadera.



de residuos sólidos

Está demostrado que hay dos formas de lograr alto valor de recuperación de los residuos, estos son: educación con residuos y arte con residuos, es decir, el material reaprovechable no retribuye su mayor valor por peso unitario, sino por el medio que representa para conseguir una tarea educativa o un acto de creación artística.

Los residuos orgánicos, producto de la elaboración de alimentos y restos de alimentos preparados, pueden ser directamente reaprovechados para la elaboración de compost (mejorador de suelo).



Figura N° 3.6: Modelo de presentación del proceso de elaboración del compost.

3.2.1. REAPROVECHAMIENTO

El reaprovechamiento consiste en volver a beneficiarse con un bien ya usado (residuo sólido). Para ello es necesario agrupar y clasificar los residuos sólidos previamente, para poder manipularlos de manera especial. Para tal efecto, se separan y distinguen entre materiales orgánicos e inorgánicos, secos o húmedos.

La actividad de segregación de residuos de ámbito municipal, como se muestra en la figura 3.7, debe convertirse en el ejemplo a seguir. Al segregar, separamos los residuos para poder darles un uso posterior, sea éste la comercialización, la reutilización, el reciclaje o el compostaje.

Figura N° 3.7: Para que se haga efectivo a la segregación, se requiere programas de sensibilización tendientes a lograr que los vecinos efectúen la selección en sus hogares.





Los recicladores

Los recicladores, segregadores o acopiadores informales, son personas que recogen, utilizan y comercializan los residuos dispuestos en la vía pública, ya sea de manera directa, o generando un valor agregado.

Su actividad constituye muchas veces una alternativa a la recolección incompleta de residuos por parte de los municipios. Sin embargo, pueden crear una serie de riesgos asociados a la manipulación, y por consiguiente a su salud.

La "Norma Técnica de Salud que guía el manejo selectivo de residuos sólidos por segregadores", tiene por finalidad asegurar el manejo apropiado de los residuos sólidos, para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental y bienestar de la persona.

SEGREGACIÓN PARA EL REAPROVECHAMIENTO

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Los residuos segregados pueden ser reutilizados o reciclados, minimizando los desechos.	La población aún no es conciente de la segregación en casa, por lo que cuesta esfuerzo iniciar todo el proceso.
Al tener los residuos segregados, la comercialización de los mismos se vuelve más fácil.	Los "recicladores" informales podrían generar desorden en la comuna.
Las personas capacitadas, en la segregación de residuos, contribuyen en mantener una localidad más limpia.	

Recomendaciones

Las municipalidades deben establecer normas (ordenanzas) sobre la segregación en el hogar para su promoción en las viviendas.

Si existen segregadores informales en la zona, el gobierno local debería propiciar su formalización e incorporarlos en el sistema de recolección, pudiéndoles asignar áreas para brindar sus servicios.

El gobierno local debe dirigir el proceso de segregación, haciendo uso de su facultad y potestad para trabajar con los "recicladores".

Las municipalidades deben empadronar a las personas dedicadas a segregación de residuos.



3.2.2. RECICLAJE

Es toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido, mediante un proceso de transformación*. Con el reciclaje se contribuye a la reducción del uso de espacios en los rellenos sanitarios y botaderos.

La empresa privada puede contribuir directamente en el reciclaje. Para que esto sea posible la municipalidad debe contribuir en la generación de una oferta de residuos para ser comercializados y transformados por empresas formales**.

Algunos materiales reciclables industrialmente:

Reciclaje de papel y cartón

La materia prima de estos elementos son los árboles. Por cada tonelada de papel que se recicla, se evita la tala de por lo menos quince árboles.

Ventajas

- ✓ Disminuye la necesidad de fibras vegetales y fibras vírgenes.
- ✓ Disminuye el volumen de residuos municipales (el 25% de nuestros desperdicios está compuesto de papel y cartón).
- ✓ Disminuye la contaminación del aire y del agua.
- ✓ Disminuye la exportación de madera y la importación de papel, representadas en miles de toneladas al año.
- ✓ El rendimiento de papel reciclado es aproximadamente de un 90%, frente al 50% del rendimiento celulósico.



Figura N° 3.8: Reciclaje de papel y cartón.



Figura N° 3.9: Reciclaje de latas.

Reciclaje de latas

Las latas son usadas para contener líquidos (en su mayoría) o elementos semisólidos.

Ventajas:

- ✓ Obtener aluminio reciclado reduce en un 95% la contaminación y contribuye a la menor utilización de energía eléctrica, en comparación con el proceso de materiales vírgenes.
- ✓ Reciclando una lata de aluminio se ahorra la energía necesaria para mantener un televisor encendido durante 3 horas.

*10ª Disposición complementaria LGRS.

**Para lograr que exista inversión privada para el reciclaje es necesario volúmenes mínimos que justifiquen las inversiones a realizar. Asimismo se pueden propiciar micro empresas que se dediquen al reciclaje artesanal.

Reciclaje de plásticos

Los plásticos son diversos y poseen muchas clasificaciones: por tipo de proceso, color, textura y composición.

Ventajas del reciclaje de plástico

- ✓ Ahorro de materias primas y energía.
- ✓ Disminución del impacto ambiental o de la alteración del paisaje que suponen los plásticos desperdigados por el suelo.

Desventajas del reciclaje de plástico

- ✓ No todos los plásticos son reciclables.



Figura N° 3.10: Reciclaje de plástico.



Figura N° 3.11: Reciclaje de vidrio.

Reciclaje de vidrio

Se puede reciclar infinitas veces.

Ventajas

- ✓ El vidrio depositado para reciclaje se reutiliza en un 100%.
- ✓ Disminución de los residuos municipales.
- ✓ Disminución de la contaminación del ambiente.
- ✓ Ahorro de los recursos naturales: cada kg de vidrio recogido sustituye 1.2 kg. de materia virgen. La energía que ahorra el reciclaje de una botella mantendría encendida una ampolleta de 100 watt durante 4 horas.

RECICLAJE

VENTAJAS

- Se ahorra energía, ya que no se produce dos veces lo mismo.
- Se reduce los costos de recolección.
- Se reduce el volumen de los residuos sólidos destinados al reciclaje.
- La vida útil de los rellenos es más larga, debido a que no llegaría el residuo que será reciclado.
- Genera empleo para las personas o instituciones que se dediquen a este rubro.
- Genera ingresos económicos.

DESVENTAJAS

Esta actividad ha generado una demanda fuerte de elementos que antes no tenían valor, y que hoy son hurtados muchas veces de las vías públicas, desmantelando infraestructura útil para la sociedad. Por ejemplo, las papeleras públicas son desmanteladas para vender sus partes.

Recomendaciones

Los gobiernos locales deben propiciar la participación del sector privado en el reciclaje de materiales segregados y así obtener beneficios conjuntos. También deben invertir en sensibilizar a la población, gasto que será retribuido ampliamente cuando la población segregue en sus hogares y deje de verter residuos en la vía pública.

Para poder ser sostenible, una microempresa requiere como mínimo comercializar 3 T/mes de residuos segregados, en zonas urbanas.

3.2.3. COMPOSTAJE

Es el proceso mediante el cual la materia orgánica que se desecha (residuos de alimentos, hojas, etc.) puede ser reaprovechada por un proceso de descomposición aerobio (con presencia de aire), que permite generar un abono orgánico rico en nutrientes, que a su vez puede ser utilizado en agricultura, jardinería u otros usos relacionados a la tierra.

El producto, generado a partir de los residuos sólidos orgánicos, puede ser aprovechado en zonas rurales, para el enriquecimiento de suelos y cultivos.

Los residuos orgánicos pueden ser aprovechados como alimento para animales (procesos térmicos industriales), generación de biogás (usando biodigestores) y compostaje mayormente.

Alternativas de compostaje



Puede hacerse:

- Compostaje en ecosilos
- Compostaje en terrenos

• Compostaje en Ecosilos*

Un ecosilo es un procesador para los desperdicios orgánicos, instalado en hoyos cilíndricos cavados en la tierra, en cuyo interior se deposita material orgánico proveniente de restos de comida, poda de césped, hojas secas, huesos, etc. El sistema debe constar de 2 ecosilos para alternar el uso. El primero se usa para el llenado, durante aproximadamente 6 meses. En el segundo se termina el proceso de compostaje. Así, cada semestre hay una cosecha de abono orgánico de alto valor.

El costo de un ecosilo en Lima puede variar entre 90 y 180 nuevos soles (no incluye transporte, pero sí servicio de asesoría por un año), dependiendo del tipo de suelo donde se ubique el hogar. El servicio de la cosecha del abono se realiza periódicamente y tiene un costo de 3 nuevos soles al mes.



Figura N° 3.12: Materia orgánica dentro de ecosilos.



Figura N° 3.13: Ecosilos en áreas exteriores de casas.

*ecoalke@terra.com.pe



COMPOSTAJE EN ECOSILOS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El costo de mantenimiento y la operación de la cosecha del abono orgánico de los ecosilos es sustentable y rentable.	Este sistema no es aplicable en zonas extremadamente rocosas, ni en zonas con capas de agua freática alta.
Puede ser instalado en zonas urbanas, periurbanas, rurales y poblaciones dispersas, a cualquier altitud	
Reduce la contaminación ambiental como: focos de infecciones, menor quema de basura, menos gastos y menos gases tóxicos generados por el transporte.	
Con un mantenimiento adecuado, no genera olor ni atrae moscas ni roedores.	
Requiere sólo un metro cuadrado para la instalación.	
Estimula el trabajo del huerto familiar productivo.	

Recomendaciones

Es recomendable que la población se agrupe para hacer uso de este sistema y generar una limpieza total del lugar y así aprovechar el recurso energético de los desperdicios orgánicos para las plantas y como mejorador del suelo.

Es indispensable informar, orientar e involucrar a la población en el proyecto antes, durante y después de la instalación de este sistema.

• Compostaje en terrenos

La materia orgánica proveniente de los desechos domiciliarios y de mercados, puede ser aprovechada para la elaboración de compost.



Figura N° 3.14
Compostaje en terreno

¿CÓMO SE ELABORA EL COMPOST?

- Los residuos orgánicos, triturados y limpios, son depositados al aire libre, en la zona de fermentación y son volteados periódicamente.
- En zonas secas, será necesario humedecer de vez en cuando los residuos, con una frecuencia de volteo cada dos o tres días. Si la humedad está debajo del 40% es necesario regarlos. La distribución es en hileras de 1,70 a 2 m. de largo y 2,7 a 3 m. de ancho. El tiempo necesario para completar el ciclo varía de acuerdo a las condiciones ambientales de temperatura y humedad.
- En lugares cálidos y húmedos el proceso se acelera.
- Las hileras de montículos deben ser protegidas con mallas, para evitar la proliferación de insectos.



COMPOSTAJE EN TERRENO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se contribuye a la reducción del volumen y peso de los residuos que se llevan a los rellenos y/o botaderos.	Si no es bien manejado, se producen malos olores.
Se reduce el uso de abonos químicos.	Requiere un espacio importante, ya que los residuos serán colocados en el terreno de manera directa.
Recomendaciones	
Siempre cubrir los montículos o lechos con pasto, hojas o compost listo.	
No compostar carne o desechos de carne para evitar la presencia de roedores.	
No comprimir los desechos biodegradables.	
Controlar constantemente la humedad y la temperatura.	



Figura N° 3.15 Trapo industrial hecho en base a la reutilización de retazos de tela.



Figura N° 3.16 Waype elaborado a partir de restos de hilados de la industria textil.

3.2.4. INSTALACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST

La infraestructura mínima recomendable para el tratamiento de residuos orgánicos y elaboración de compost es la siguiente:

Ubicación

- A una distancia mínima de 1000 metros de la población.
- La dirección predominante del viento debe ser en sentido contrario a la ubicación del centro poblado.

Infraestructura

- Un área para ingreso, estacionamiento y patio de maniobras para el vehículo que abastece los residuos, zona de descarga de los residuos

- Un patio de clasificación de insumos y mezcla de materiales con cobertura.
- Un patio de producción con base nivelada compactada con puntos de abastecimiento de agua y sistema de drenaje para aguas residuales.
- Una instalación (poza) para captación de los lixiviados generados en el proceso de compostaje.
- Un área para el empaque y almacenamiento del compost terminado.
- Instalaciones de servicios higiénicos para el personal, con abastecimiento de agua potable e instalaciones de desagüe que incluya sistema de tratamiento de las aguas residuales en el caso de no contarse con servicio de alcantarillado público.
- Un área de oficina de administración.
- Cerco perimétrico con barrera sanitaria.



El proceso de descomposición biológica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos puede darse por dos vías: la aeróbica o anaeróbica denominada metanización, en condiciones controladas. Las bacterias actuantes son termofílicas, desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre 50 °C y 70 °C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto.

La descomposición puede ser natural (al aire libre) o acelerada (en digestores). En el primer caso, tiene una duración aproximada de 4 meses y, de 45 días en el segundo. El compostaje es una técnica de reaprovechamiento en la que se recupera la fracción orgánica de los residuos, utilizándose en su condición de compost en labores agrícolas.

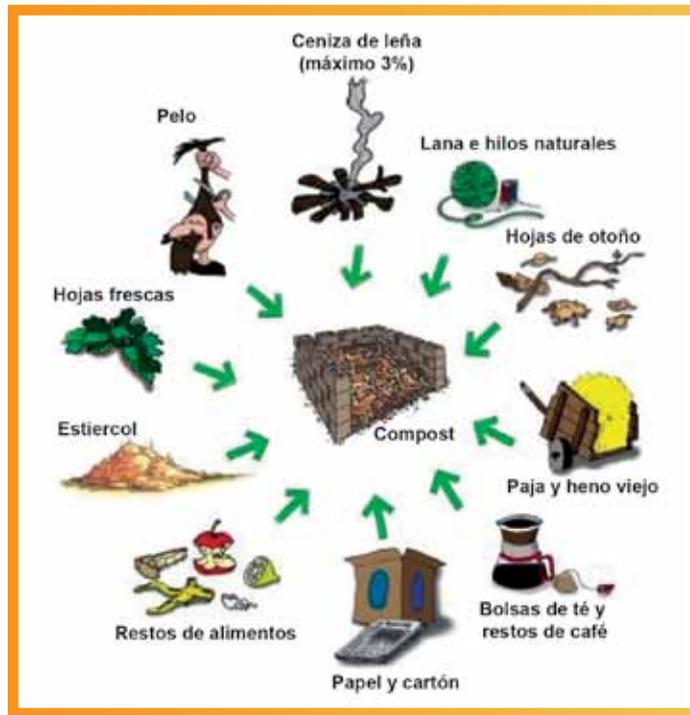


Figura N° 3.17 Residuos útiles para el proceso de compostaje.

INSTALACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST (COSTA)

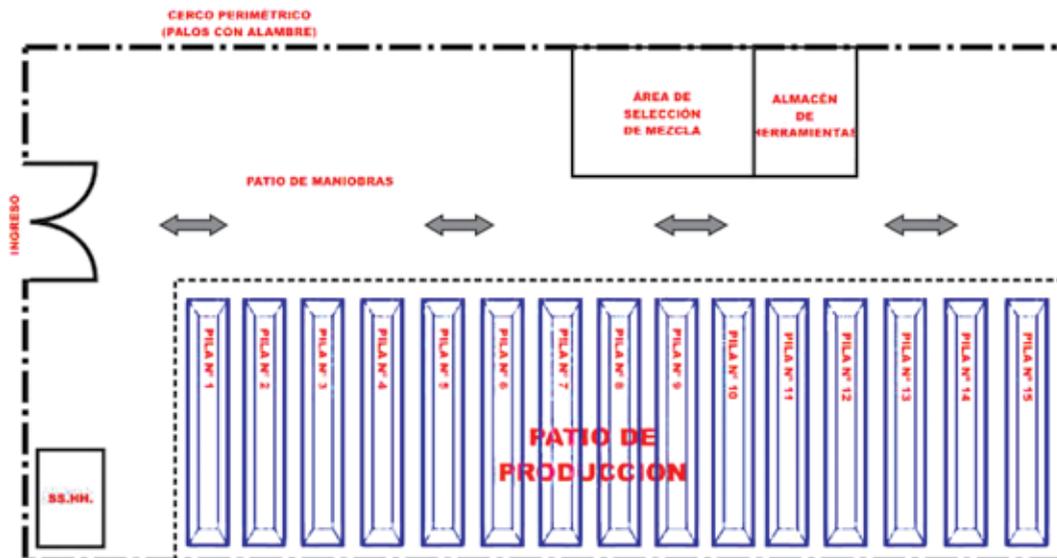


Figura N° 3.18: Esquema de instalación de elaboración de compost para zona de escasa precipitación pluvial y temperatura media (Costa).

INSTALACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST (SIERRA)

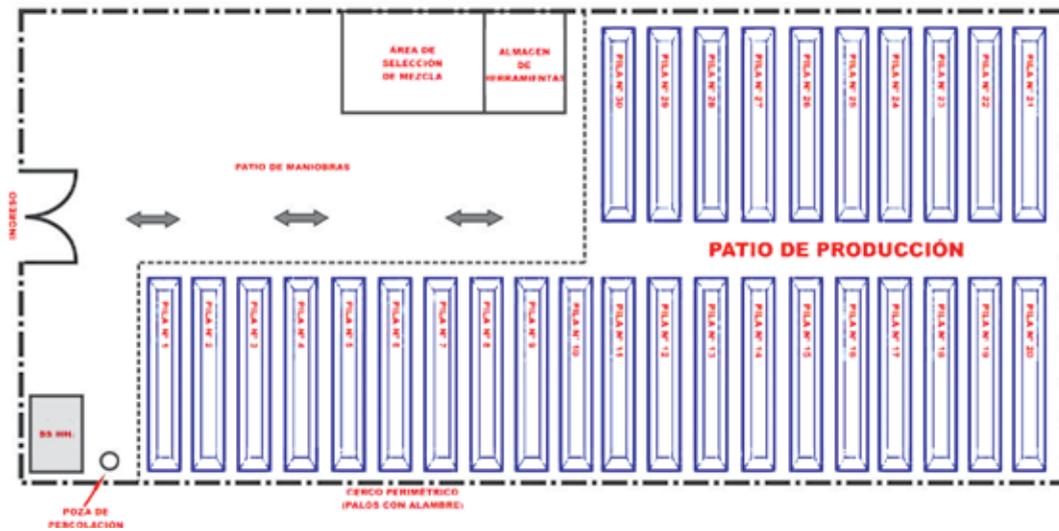


Figura N° 3.19: Esquema de instalación de elaboración de compost para zona de baja temperatura y precipitación pluvial media (Sierra).

INSTALACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST (SELVA)

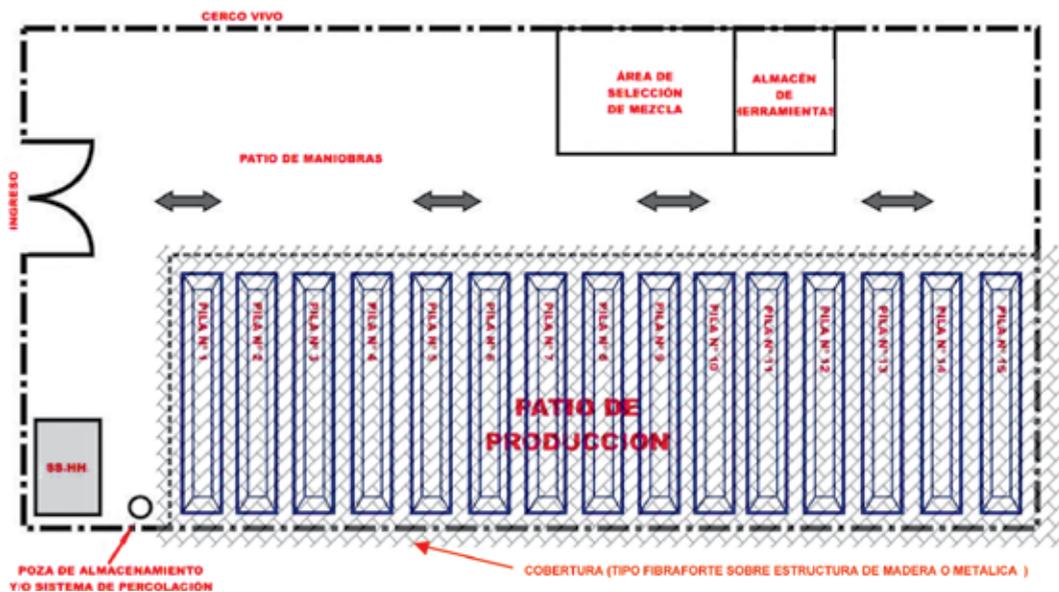


Figura N° 3.20: Esquema de instalación de elaboración de compost para zona de alta temperatura y alta precipitación pluvial (Selva).

*y transferencia eficiente
de residuos sólidos***3.3.1. MANEJO SELECTIVO**

Conjunto de actividades que tienen como principio agrupar determinados componentes o elementos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial, durante la recolección, transporte y destino final ya sea reaprovechamiento (material reciclable) o disposición final (material inservible) según corresponda.

Beneficios de Implementar un Programa de Manejo Selectivo de Residuos:

- Promoción de una cultura de reciclaje.
- Parques, calles y canales más limpios.
- Reducción de costos en el manejo integral de residuos.
- Mejora de la calidad de vida de los segregadores.
- Reducción de puntos críticos de acumulación de residuos.
- Valorización de los residuos al no mezclarse unos con otros, evitándose la contaminación por residuos peligrosos.

¿Qué hacer para comercializar los residuos?

La comercialización de residuos sólidos se realiza a través de empresas comercializadoras de residuos sólidos (EC-RS) debidamente registradas en la DIGESA y autorizadas por la Municipalidad

correspondiente, a través de la licencia de funcionamiento.

La municipalidad puede constituir una empresa municipal y convertirse en una EC-RS para realizar la venta de los residuos reaprovechables recolectados, si aún esto no es posible, los materiales recuperados pueden ser comercializados a través de una EC-RS debidamente registrada y autorizada, para lo cual pueden consultar la base de registro de EC-RS, publicado en la página web de la DIGESA www.digesa.minsa.gob.pe. En este registro encontrará información de: la ubicación de las empresas, el número del registro, el representante legal, responsable técnico, la fecha de vigencia del registro y las actividades para las cuales la empresa está registrada.

Los precios de referencia para la comercialización de residuos, en general, están sujetos a variación respecto al precio internacional de los metales y el precio del combustible, siendo necesario verificar su valor periódicamente. Una referencia del valor de los materiales reaprovechables se puede consultar en la bolsa de residuos sólidos: www.bolsaderesiduos.org.pe. En la "Guía Técnica para la formulación e implementación de planes de minimización y reaprovechamiento de residuos sólidos en el nivel municipal" podrá encontrar detalles sobre los aspectos técnicos para reciclar los diversos residuos sólidos.

Requisitos para la inscripción en el registro de EC-RS:

- Copia de la constancia de inscripción de la empresa en los Registros Públicos, debiendo encontrarse expresamente consignado dentro del objeto social de la empresa la comercialización de los residuos sólidos.
- Memoria descriptiva de las actividades de comercialización de residuos sólidos a realizar, de acuerdo al formato emitido por la DIGESA; la misma que debe estar suscrita por el ingeniero responsable.
- Carta compromiso suscrita por el mismo profesional, referido en el acápite anterior, en su calidad de responsable del manejo de los residuos, la cual debe ser acompañada de la constancia de habilitación profesional correspondiente.
- Planos de ubicación y distribución de la instalación de comercialización de residuos sólidos.
- Plan de contingencia en casos de emergencia.
- Licencia de Funcionamiento de las instalaciones (planta y oficinas) expedida por la autoridad municipal respectiva.

3.3.2. LIMPIEZA PÚBLICA

a. Almacenamiento

Es la operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas, como parte del sistema de manejo, hasta su disposición final.

• Formas de almacenamiento

El almacenamiento de los residuos sólidos se realiza utilizando una diversidad de recipientes, teniendo entre ellos bolsas de plástico, cilindros de 200 litros, envoltorios de papel, etc.

Dentro de los predios, los residuos son almacenados en bolsas o recipientes como tachos, cajas y cubos de basura. Una vez llenos, son dispuestos en las bermas laterales o en las veredas de la vía pública, en espera del vehículo recolector.



Figura N° 3.21: Se puede apreciar el mal uso que se les da a las papeleras y cestas.

Debido al consumismo, en algunas localidades del país, especialmente en zonas de mediano y alto ingreso económico, se observa el uso desmedido de bolsas de plástico. En cambio, en zonas de menor ingreso, los residuos son almacenados en envoltorios de papel.

En ciertas localidades, se observa que algunas personas arrojan todo tipo de desperdicios en las papeleras o cestas de las aceras. Esos depósitos han sido diseñados para recibir desperdicios generados por un transeúnte común, y no para restos orgánicos de comerciantes ambulatorios o viviendas, ni para papeles provenientes de oficinas, restos de vidrios, etc.

*Precios en Lima.

Otros implementos de almacenamiento son dispuestos en la vía pública (cestas), mercados (cilindros), centros de abastos, o lugares de alto tránsito (contenedores).



Figura N° 3.22: Cestas a 1 m. de altura, que evita que los animales pequeños puedan romper las bolsas



Figura N° 3.23: Cilindros que se podrían ubicar en mercados o centros de abastos



Figura N° 3.24: Contenedores de almacenamiento para lugares de alto tránsito

Los costos de las papeleras que se dispondrán en las vías públicas más transitadas de los distritos varían según sus características. Así tenemos:

- Papeleras de polietileno de alta resistencia*: US\$ 90 más IGV
- Contenedor rodante para limpieza* 190 a 250 litros: entre US\$ 60 a US\$ 70, más IGV
- Cilindros de 200 litros: S/. 80*



Figura N° 3.25: Punto de acopio de maleza.

• Almacenamiento selectivo

El almacenamiento selectivo consiste en disponer los residuos sólidos de manera diferenciada, utilizando recipientes de distintos colores para el almacenamiento de residuos.

Figura N° 3.26: Muestra de recipientes diferenciados por colores, según la NTP 900.058 aprobada por el INDECOPI.



• Experiencia de almacenamiento selectivo

El gobierno local debe promover el almacenamiento selectivo. La empresa privada puede convertirse en un buen aliado para iniciar el proceso conjunto de almacenamiento.

En algunas ciudades del país, las cadenas de supermercados han colocado depósitos de almacenamiento selectivo de residuos al ingreso de sus locales comerciales, como en la figura 3.27.



Figura N° 3.27: Recipientes diferenciados por colores y símbolos en un supermercado de Lima.





ALMACENAMIENTO SELECTIVO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se pueden diferenciar los residuos y clasificar por tipos.	La necesidad de varios contenedores, puede causar confusión en el usuario.
Si se realiza de manera conjunta (municipio y empresa privada), la empresa puede obtener beneficios económicos de la comercialización de los residuos y el gobierno local minimizará el uso del lugar de disposición final.	
Se disminuye el volumen de los residuos sólidos que van a botaderos o rellenos sanitarios: 4,000 botellas recicladas son 1,000 kilos menos de basura.	
Recomendaciones	
Es importante que en los hogares se segreguen los residuos, utilizando bolsas o contenedores selectivos, antes de entregarlos al recolector.	
Se sugiere que los depósitos de almacenamiento se den de manera gradual, pudiendo tener solo 2 depósitos, diferenciándolos por residuos orgánicos e inorgánicos.	

b. Barrido de espacios públicos

El barrido de espacios públicos obedece a la necesidad del gobierno local de presentarlos limpios. El barrido se hace generalmente en centros urbanos consolidados, así como en la cercanía de mercados de abastos.

El personal responsable del barrido pertenece generalmente a la municipalidad. Para cumplir su función utiliza escobas, rastrillos y bolsas, entre otros implementos.

EL BARRIDO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mantiene la estética e higiene de la ciudad.	La mala técnica de barrido genera excesivo polvo, que afecta a la salud y al ambiente.
Minimiza el recorrido del camión recolector, debido a que la persona que barre puede establecer pequeños centros temporales de acopio.	
Recomendaciones	
Se debe realizar campañas de sensibilización para que la población no bote residuos sólidos en la vía pública. Con ello se disminuiría el gasto del servicio de barrido, destinándose lo ahorrado al área de parques y jardines, u otro fin.	
Se debe organizar cuadrillas de personas responsables del barrido, cuando los residuos generados en la ciudad, sobrepasen el límite de almacenamiento.	
Se debe capacitar al personal que intervenga en el manejo de residuos sólidos, para hacerlo más eficiente.	



Para conocer el grado de eficiencia del servicio de barrido en una localidad, debemos tener en cuenta los siguientes indicadores* :

Habitantes por barredor:

- Para una población de 2,000 a 2,500 habitantes, se necesita 1 barredor, cuyo rendimiento es de 1.3 km/barredor/día, en promedio.
- El indicador antes citado se ajusta a zonas urbanas.

Cobertura del barrido: %

Rango (R) aceptable de barrido:

80 a 100%

$R = \frac{\text{Longitud de calles barridas}}{\text{Longitud total de calles}} \times 100$

Costo de implementación del servicio de barrido*

Implementar todo el sistema de barrido de calles, sin costos operativos, implica al gobierno provincial lo siguiente:

- Provisión de cilindros para almacenamiento selectivo en zonas comerciales:

100 x S/. 80.00 = S/. 8,000

- Adquisición de papeleras para almacenamiento de RRSS en el casco urbano:

200 x S/. 200.00 = S/. 40,000.00

- Capacitación sobre bioseguridad e higiene, atención al cliente, etc.:

2 x S/. 2,500.00 = S/. 5,000.00

- Provisión de capachos:

30 x S/. 460.00 = S/. 13,800.00

- Deposito de plásticos y ruedas para capachos:

30 x S/. 160.00 = S/. 4,800.00



Figura N° 3.28: Los residuos son recolectados en un capacho.

Provisión de equipos de protección:

- Mascarillas de plástico con filtros triangulares: 1440 x S/. 4.00 = S/. 5,760.00
- Guantes de cuero, par: 180 x S/. 20.00 = S/. 3,600.00

Provisión de uniformes:

- Polos: 60 x S/. 15.00 = S/. 900.00
- Chalecos reflectivos para evitar accidentes: 60 x S/. 20.00 = S/. 1,200.00



Provisión de herramientas:

- Escobas: 1,440 x S/. 5.00 = S/. 7,200.00
- Recogedor: 180 x S/. 7.00 = S/. 1,260.00
- Provisión de bolsas: 43,800 x S/. 0.30 = S/. 13,140.00

Total: S/. 104,660.00 al año

*Indicadores para la gestión de limpieza pública. CEPIS 2002.

**Proyecto de Inversión Pública (PIP) en Huaraz.

3.3.3. RECOLECCIÓN

La recolección es la acción de recoger los residuos en forma sanitaria, segura y

ambientalmente adecuada, sin poner en riesgo la salud, tanto de los que dejan los residuos, como de los que los recogen.

UNIDADES VEHICULARES	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Reducen tiempos al momento de recoger los residuos.	Los vehículos recolectores no pueden llegar a lugares poco accesibles ya que corren el riesgo de volcarse. Los costos de operación y mantenimiento de las compactadoras son altos.
Mayor capacidad de recojo en peso y volumen.	De difícil acceso en calles angostas.
Recomendaciones	
<p>Antes de comprar un vehiculo recolector se tiene que tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distribución de la población en el territorio. • Accesos a las vías públicas. • Conocer el tipo, volumen y cantidad de residuos a transportar. • Topografía de la zona. • Costos de operación y mantenimiento. • Distancia desde el último punto de recojo hasta la zona de disposición final. <p>El gobierno local debe analizar muy bien cuál será el sistema de recolección que se ajuste a sus realidades (topográficas, sociales, etc.)*</p>	



Figura N° 3.29:
Unidades vehiculares de recolección convencional:
A. Camión baranda.
B. Camión semi baranda.
C. Compactador.
D. Camión volquete.

*Por ello en las zonas de costa, el camión más usado es la compactadora, mientras que en la sierra y la selva, el transporte se puede con el empleo con acémilas.

3.3.4. CLASES DE RECOLECCIÓN

3.3.4.1. Recolección convencional

Es quizá, la más difundida entre los municipios del país. Consiste en utilizar camiones (usualmente compactadoras) donde se vierten los residuos, para su posterior disposición. La capacidad de estos vehículos varía entre 2 y 8 toneladas (siendo el promedio 4 toneladas). La recolección convencional puede ser de dos tipos:

- **Recolección por punto fijo:** se da cuando el camión recolector permanece estacionado por algunos minutos en determinados puntos de la

calle, esperando que las personas viertan sus residuos.

- **Recolección casa por casa:** se presenta cuando el personal del camión recoge los residuos de cada predio (para ello, los pobladores han colocado previamente los residuos fuera de sus casas).

3.3.4.2. Recolección no convencional

Existen algunos casos de sistemas alternativos de recolección que se usan en determinadas localidades, por lo abrupto de su geografía o poca accesibilidad.

Figura N° 3.30: A. Recolección no convencional: Unidades tipo triciclo.



3.30 B. Unidades tiradas por animales.



3.30 C. Uso de carretillas en selva.

3.3.4.3. Importancia de la recolección

La recolección es la etapa más importante dentro del manejo de los residuos, debido a los problemas que genera la permanencia prolongada de estos en los hogares y en los espacios públicos. Los residuos sólidos no deberían permanecer más de dos días dentro de los predios. Además, es la etapa que mayor gasto genera, y precisamente por ello es necesario poner más atención a en su optimización. Es decir, consumir menos recursos y minimizar el impacto ambiental.



Figura N° 3.31: Residuos segregados.



Figura N° 3.32: Recolección de residuos municipales.

Para optimizar las rutas se deben establecer sectores, considerando para ello:

- Densidad de la población de cada zona.
- Índice per cápita de producción de basura.
- Equipo de recolección disponible.
- Densidad de la basura en el camión recolector.
- Frecuencia de recolección.
- Número de viajes factibles por camión/ jornada de trabajo.

3.3.4.4. Planificación de rutas

Además de contar con vehículos y personal idóneos para la recolección de residuos es imprescindible la planificación de rutas, de modo

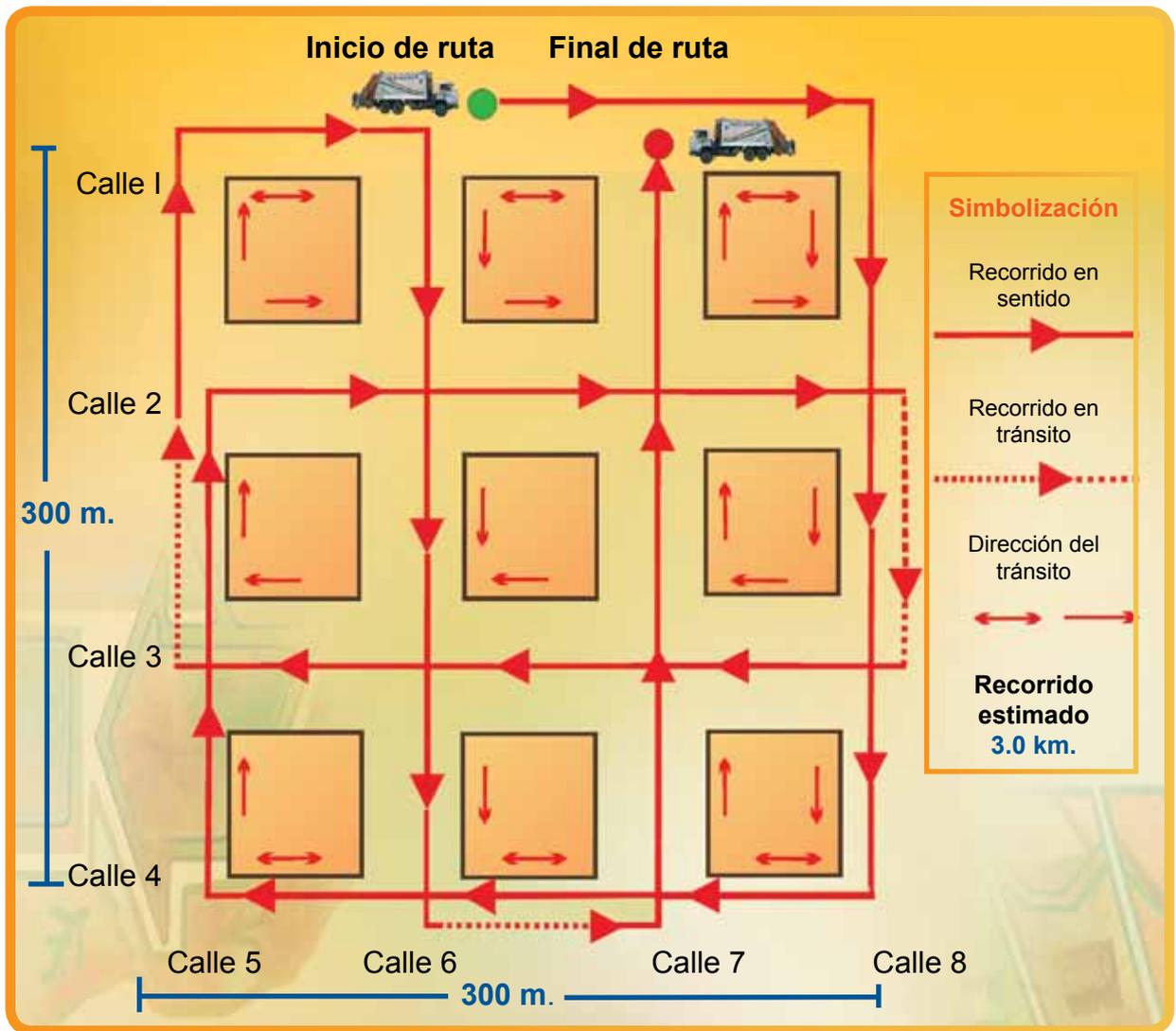
que ahorren tiempo, combustible e incomodidades para los vehículos durante la recolección y su posterior transporte, evitando desplazamientos innecesarios.

PLANIFICACIÓN DE RUTAS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Eliminación del doble recorrido en algunas calles.	Requiere inversión inicial.
Mejora la eficiencia del servicio, lo que permite ampliar el servicio de recolección a otras calles.	
Ahorro en costo de combustible y mantenimiento del vehículo.	
Recomendaciones	
Tener un mapa actualizado de la localidad donde se brinda el servicio de recolección y el sentido de las vías (peine - doble peine)*.	
Establecer horarios para la recolección.	
Supervisar periódicamente el cumplimiento de las rutas.	

*Significa la modalidad de recolección en las vías (a ambos lados o a un solo lado).



Figura N° 3.33: Esquema mejorado de rutas de recolección



3.3.4.5. Implementación del Programa de Recolección Selectiva de Residuos

Para implementar un programa de recolección selectiva de residuos, se tiene que realizar actividades en 5 etapas, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Flujo del Proceso de Residuos	Descripción
Etapa 1: Identificación y formalización de segregadores informales.	<ul style="list-style-type: none"> • Esta etapa es importante para el Programa, porque se identifica a los segregadores informales de la jurisdicción, quienes podría integrar el Programa. • Luego de identificados se procede a la capacitación de los segregadores formalizados, los cuales deben contar con uniforme, equipos de protección personal y vehículo (triciclos) para realizar la actividad. Los segregadores deben portar identificación otorgada por el municipio (fotocheck).
Etapa 2: Sensibilización de viviendas y Comercios.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar la zona en las que se iniciará el programa, teniendo en cuenta la disponibilidad de la población para participar en el programa, existencia de segregadores informales, accesibilidad, nivel socioeconómico, entre otros. Una vez que los procedimientos sean validados, obteniéndose resultados satisfactorios, se podrá ampliar la zona de intervención. • La sensibilización puede realizarse a través de universitarios de pre grado de ingeniería y otras carreras, utilizándose fichas, trípticos, folletos, material audiovisual y un manual práctico de reciclaje, con la información detallada del programa. La vivienda sensibilizada se le identifica como participante del programa de recolección selectiva colocándole un sticker en su frontis. • Se debe utilizar fichas para la recopilación de información de cada vivienda participante, precisando nombre, dirección, número de ocupantes, entre otros. • Es necesario monitorear y verificar los avances y resultados de la sensibilización a fin de modular la orientación del programa.
Etapa 3: Recolección por zonas	<ul style="list-style-type: none"> • La recolección selectiva en las viviendas se puede realizar por las mañanas una vez por semana, donde los miembros de la vivienda participante entregan en una bolsa los residuos reciclables señalados en el tríptico del programa (papel, cartón, envases de gaseosas, aceites, baldes, vidrios, chatarra, latas de leche y de conservas). • La recolección se realiza tocando la puerta de la casa que cuenta con el sticker y se solicita su bolsa de residuos clasificados, la que es trasladada y depositada en el vehículo correspondiente • La recolección será diaria y en horas de la tarde para los establecimientos comerciales y mercados.
Etapa 4: Segregación y acopio de residuos recolectados	<ul style="list-style-type: none"> • La instalación de comercialización debe contar con zonas de segregación y almacenamiento, pesaje de residuos, zona de carga y descarga, estacionamiento, vestuarios, baños, extintores contra incendios, señalización, entre otros.
Etapa 5: Comercialización de los residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un estudio de mercado que permita identificar los probables clientes o compradores de los residuos, posibilidades de reaprovechamiento, determinación de precios a fin de evaluar su sostenibilidad en el tiempo.

3.3.4.6. Modelos de implementación de programas de segregación y recolección selectiva

• Recolección selectiva a través de la municipalidad

La Municipalidad Distrital de Santiago de Surco inició en el año 2005 un programa denominado “En Surco la basura sirve”, en base a la reducción, reutilización y reciclaje.

Este programa consiste en recolectar selectivamente residuos como papel y cartón, plástico, vidrio y metal, los cuales son dispuestos en una bolsa de color naranja, que el municipio otorga a las familias de las viviendas piloto (elegidas bajo diversos criterios). A la fecha, participan 6.500 predios y 45 instituciones.

La recolección selectiva se da 1 vez por semana, mientras que el resto de residuos, se dan 3 veces por semana. No se recolectan residuos orgánicos selectivamente y esto debido a que en dicha localidad no hay espacios suficientes para hacer camas de compost.

Figura N° 3.35: Zona de almacenamiento.



Figura N° 3.34: Se aprecia la recolección selectiva, para posteriormente disponer los residuos en lugares acondicionados.



Figura N° 3.36: Los residuos pasan a la faja transportadora, donde son clasificados por el personal capacitado.

El gobierno local puede llevar a cabo la labor de segregación directamente, o establecer vínculos contractuales con asociaciones de segregadores, Mypes, juntas de vecinos, etc.

La ONG FOVIDA* y la Municipalidad de Villa el Salvador** desarrollan el programa de recolección selectiva de residuos sólidos inorgánicos en el distrito. Participan 8 organizaciones ambientales, con un total de 75 personas que generan su propio empleo. La cobertura es del 20% de los predios del distrito***, y los residuos se recogen selectivamente, una vez por semana.

Adicionalmente se creó el “bono verde”, como estímulo a los vecinos que colaboran con la separación de sus residuos, entregándoselos a los recolectores organizados. La obtención del bono depende de la cantidad de residuos segregados entregados, a partir de un mínimo de 2 kg/semana de material reutilizable. De esta manera, si el predio entrega 4 sacos al mes de residuos segregados, que superen los 8 kg., se hace acreedor al “bono verde”, que representa un descuento del 20% en el pago de los arbitrios de limpieza pública.



Figura N° 3.37: Personal de la Asociación de Segregadores compactando material selectivamente.

• **Recolección selectiva a través de familias y vecinos**

La ONG Ciudad Saludable realizó en el distrito de El Carmen - Chincha, un proyecto piloto de segregación con 250 familias.

El modelo de recolección de este proyecto es similar al anterior, pero las personas vinculadas a la recolección no son asociaciones de segregadores, sino vecinos de la localidad, que trabajan conjuntamente con la municipalidad.



Figura N° 3.38: Vecinos en campaña de recolección.



Figura N° 3.39: Vecinos del distrito de El Carmen, en Chincha, tratando residuos orgánicos.

*Organización no Gubernamental Fomento de la Vida.

**Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

***Población de Villa el Salvador: 368,000 habitantes



La recolección de los residuos se realiza 4 veces a la semana y se atiende al 100% de las familias, como se aprecia en este cuadro.

Día	Envase que se recolecta	Tipo de residuo a recolectar	Responsable
Lunes y jueves	Costal blanco	Residuos orgánicos (restos de alimentos, estiércol, etc.)	Triciclo Verde - Vecinos
Martes	Tacho común	Residuos comunes	Municipalidad de El Carmen
Sábado	Caja amarilla	Material reciclable (plásticos, metales, papeles, vidrios)	Triciclo Verde -Vecinos

A continuación se presentan los costos referenciales para establecer un servicio de este tipo:

Rubro	Costo (US \$)
Equipos de recolección de segregados (2 triciclos acondicionados)	600.00
5000 bolsas de color amarillo (para segregación de residuos recuperables)	500.00
Sacos de polipropileno (300 unid.)	60.00
4 uniformes	60.00
4 Equipos de protección personal (casco, guantes, respirador, lentes y botas)	40.00
Elaboración de trípticos	300.00
Materiales para curso de capacitación	240.00
Manuales	460.00
Cilindros para colegios	220
Acondicionamiento de centro de acopio	200
Difusión en los medios de comunicación	300
TOTAL	2,980.00



Figura N° 3.40: Vehículo compactador.

Costos de recolección y transporte

Los costos de recolección y transporte, descritos en el siguiente ejemplo, pertenecen a un Proyecto de Inversión Pública, desarrollado en Huaraz.

- 04 camiones semirremolque de 13m³:
4 x S/. 500,000.00 = S/. 2' 000,000.00
- Provisión de equipos de protección:
S/. 9,600.00
- Provisión de uniformes:
S/. 2,800.00
- Adquisición de herramientas:
S/. 600.00
- Capacitación al personal:
S/. 5,000.00
- Rediseño de rutas de recolección y transporte:
S/. 10,000.00
- Programa de información sobre horarios de recolección de residuos sólidos:
S/. 35,000.00

Total: S/. 2' 063,000.00



3.3.5. TRANSPORTE

Es el proceso por el cual los residuos recolectados se trasladan a lugares donde serán procesados de manera sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.

Los municipios provinciales deben asegurar la adecuada limpieza pública, así como la recolección de residuos sólidos de su jurisdicción.

Por lo general se utilizan los mismos vehículos de recolección para el transporte, aunque esto no sea necesariamente lo más eficiente, como se precisó anteriormente. Lo óptimo es centralizar todo lo recolectado en camiones de gran capacidad y hacer sólo un viaje para transportar los residuos.

Puede ocurrir que en determinadas zonas no existan las mencionadas estaciones o no puedan ser utilizadas. En tales casos, los vehículos deberán llevar los residuos directamente al lugar de su disposición final, recorriendo mayores distancias. Es importante considerar este aspecto al momento de adquirir los vehículos, para elegir los más resistentes.



Figura N° 3.41: Vehículo de recolección municipal.

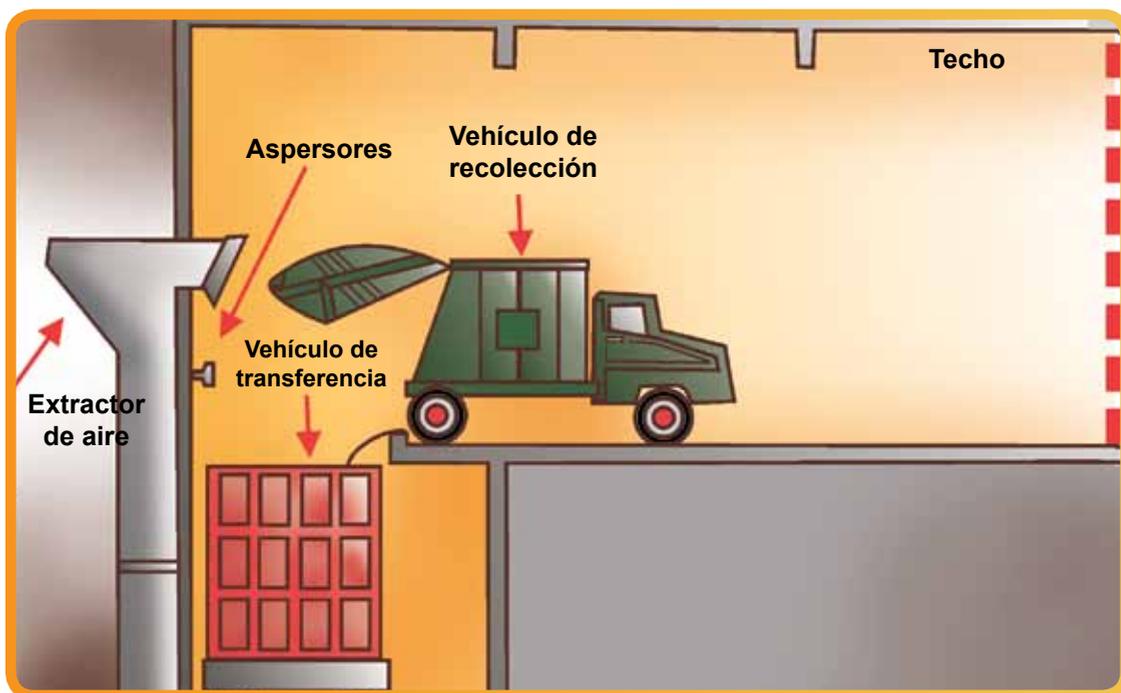
Estación de transferencia

Debido al elevado costo del traslado de los residuos a lugares lejanos, se suele utilizar estaciones de transferencia. En ellas se descargan y almacenan temporalmente los residuos, para luego continuar con su transporte en unidades vehiculares de mayor capacidad. Ver figura 3.42

El uso de estaciones de transferencia se ha constituido en una alternativa económica para áreas urbanas donde se generan grandes cantidades de residuos y en las que las distancias a los centros de disposición final o tratamiento de residuos son importantes (más de 30 km).

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ahorro de energía y de transporte.	Requiere de áreas medianas a grandes para su construcción e infraestructura.
Economía en el transporte, reduciendo costos en equipamiento vehicular y horas hombre.	La población manifiesta cierto rechazo, sobre todo si la estación está ubicada dentro del casco urbano.
Recomendaciones	
Las estaciones de transferencia deben tener como mínimo 2 tolvas o contenedores, para mantener un sistema continuo de camiones vertiendo el residuo a las tolvas de la estación e inmediatamente volver a las rutas de recolección.	

Figura N° 3.42: Trasbordo de residuos sólidos en estación de carga directa.



Ejemplo de costos de una planta de transferencia, incluido el costo de las unidades vehiculares*

El ejemplo que se presenta a continuación pertenece a un Proyecto de Inversión Pública (PIP) de Arequipa, diseñado para la implementación de una estación de transferencia. Incluye unidades de transporte y programas de sensibilización ambiental.

Su capacidad es de 680.37 T/día y su equipamiento consta de:

- 04 tolvas, 01 balanza electrónica de 80 T, equipo contra incendio, 02 equipos informáticos, mobiliario, 06 uniformes.
- Comprende el equipamiento de transporte mediante vehículo madrina, 02 adquiridos (01 vehículo / año 0 y 01 vehículo año 5) y 01 recuperado, todos con capacidad de 60 m³ ó 30 T.

- Finalmente, requiere de la implementación de un programa de educación ambiental, con componentes de sensibilización, capacitación y difusión.

Costo: S/. 3' 620,993

Importante: se debe saber que las estaciones de transferencia sólo son válidas y viables en zonas con aglomeración poblacional relevante (tal es el caso de Arequipa).



Figura N° 3.43: Vehículo usado en la transferencia de residuos sólidos.

*PIP Arequipa.

3.3.6. TRANSPORTE DIRECTO VS TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS

Transporte directo es la acción de trasladar los residuos sólidos recolectados mediante un medio de locomoción apropiado hasta el relleno sanitario. Para reducir, u optimizar los costos por el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos, la productividad de cada equipo de recolección debe aumentar al máximo. Basándose en esta premisa, debe reducirse al mínimo la distancia recorrida desde que los vehículos recolectores llegan a su máxima carga hasta que la descargan en el relleno sanitario.

Asimismo, en la actualidad los rellenos sanitarios se encuentran cada vez más alejados de la ciudad, con el objetivo de no crear ninguna molestia en la población. Suponiendo que el lugar de disposición final se encuentra a 30 ó 40 kilómetros del área de generación, el tiempo dedicado por los vehículos

recolectores en el transporte va a suponer una parte principal de la jornada de trabajo de la unidad recolector, reduciendo la operatividad del equipo y, en general del servicio. Por ello, es totalmente necesaria la descarga de los vehículos recolectores en estaciones de transferencia sobre vehículos de gran tonelaje llamados camiones madrina, preparados para el transporte de grandes volúmenes de residuos hasta el relleno sanitario. De esta forma se optimiza rendimiento del servicio de recolección.

La base de la optimización del transporte radica en el grado de densidad que puede llegar a alcanzar los residuos dentro de la tolva de transporte y del tamaño de la propia caja.

El uso de estaciones de transferencia se ha constituido en una alternativa económica para áreas urbanas, donde se generan grandes cantidades de residuos, en las que las distancias a los rellenos sanitarios son importantes.

El análisis económico simplificado queda expresado por la siguiente gráfica:

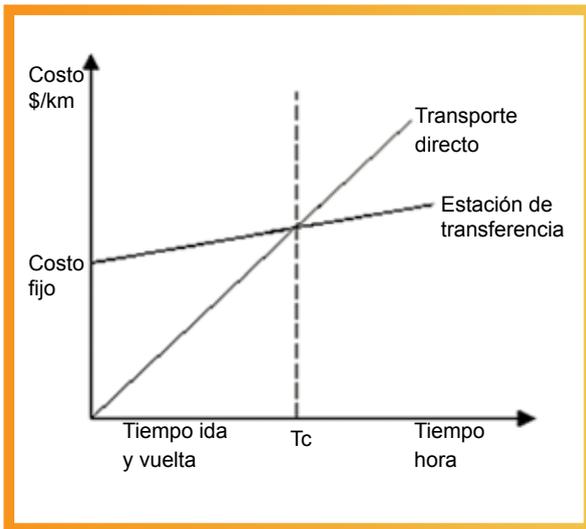


Figura N° 3.44: Transporte vs transferencia de residuos sólidos.

El gráfico representa la variación del costo unitario (\$/Tn) respecto al tiempo de recorrido (horas) para los equipos del servicio de recolección y de la estación de transferencia.

La recta correspondiente al transporte directo tendrá un punto de cruce con la recta correspondiente a la estación de transferencia. Ese cruce determina al punto de equilibrio del sistema de transporte, que en el eje de las abscisas corresponde al tiempo crítico (Tc).

Si el tiempo utilizado para el transporte directo (ida y vuelta) dura menos que el Tc, será más económico adoptar este sistema (transporte directo). En caso contrario, si el tiempo fuera mayor al Tc será conveniente instalar una estación de transferencia.



TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ahorro de energía y transporte.	La población manifiesta cierto rechazo a la localización, urbana de la planta de transferencia.
El vehículo de recolección prolonga su vida útil, y se utiliza menos personal.	Requiere de áreas grandes y medianas para la implementación de la infraestructura.

Recomendaciones

Las estaciones de transferencia deben tener como mínimo 2 tolvas, para mantener un sistema continuo de camiones vertiendo el residuo a las tolvas de la estación e inmediatamente volver a las rutas de recolección.



La disposición final consiste en los procesos u operaciones que se realizan para tratar o disponer en un determinado lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo, en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. La disposición final se debe realizar en infraestructuras habilitadas, es decir en instalaciones debidamente equipadas y operadas. Nunca en botaderos clandestinos a cielo abierto.



Figura N° 3.45: Relleno sanitario.

3.4.1. RELLENO SANITARIO

Es la instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra. Se basa en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental*.

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan

los efectos adversos sobre el ambiente y el riesgo para la salud de la población**. Consiste en preparar un terreno, colocar los residuos, extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo, con una capa de tierra de espesor adecuado.

Un relleno sanitario planificado, ofrece, una vez terminada su vida útil, excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio, gracias a su eventual utilización en usos distintos al relleno sanitario, tales como áreas verdes y de recreación.

*10° Disposición complementaria Ley General de Residuos Sólidos.

**Página web de la biblioteca virtual del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS.

¿Qué métodos existen?

- Trinchera.
- Área o superficie.
- Mixta (combinación de los métodos precedentes).

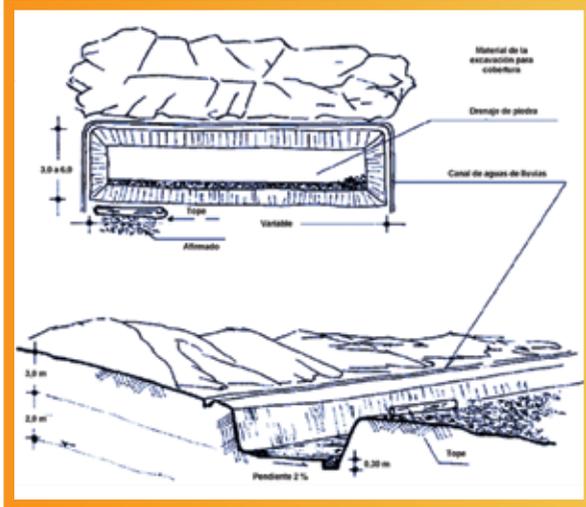


Figura N° 3.46: Método de trinchera.

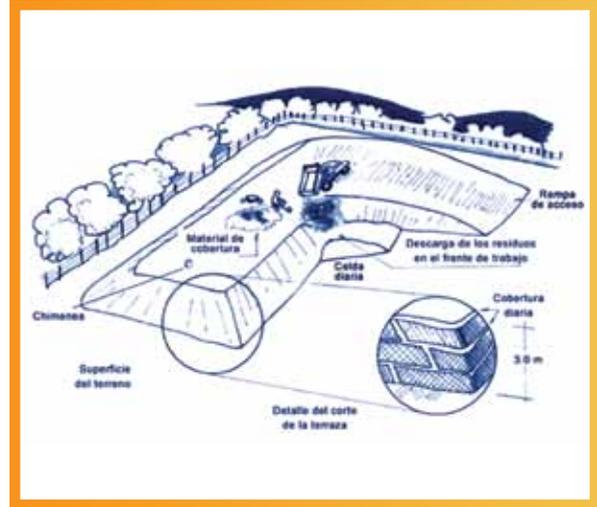


Figura N° 3.47: Método de área relleno sanitario.

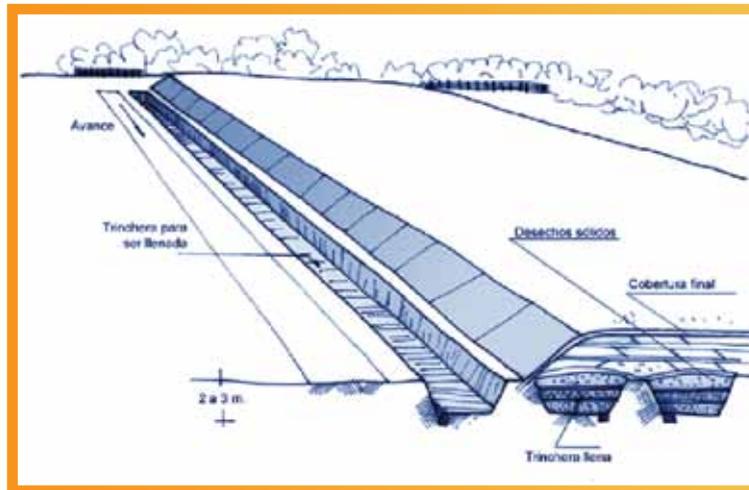


Figura N° 3.48: Combinación de ambos métodos.

3.4.2. INSTALACIONES MÍNIMAS EN UN RELLENO SANITARIO

Las instalaciones mínimas y complementarias que debe poseer un relleno sanitario son:

1. Ubicación	El relleno debe estar en una zona de fácil acceso y donde se produzca el mínimo impacto ambiental.
2. Ingreso	Sólo deben ingresar residuos autorizados (municipales). En muchos casos los desechos industriales y peligrosos deben ir a rellenos de seguridad.
3. Cunetas perimetrales	Canales en el perímetro para evitar que el agua de escorrentía penetre en el área y genere más filtraciones que las deseadas.
4. Impermeabilización inferior del relleno	El fondo debe ser impermeabilizado, si el terreno es permeable, y esto se logra con una geomembrana de plástico especial, con hormigón o con asfalto.
5. Recojo de drenajes	El lixiviado de los residuos debe recogerse en una poza para su tratamiento.
6. Red de drenaje de gases	La descomposición de los residuos produce gases, en especial metano. Para esto se colocan tuberías verticales perforadas, que capten los gases y permitan su evacuación y aprovechamiento.
7. Barrera perimetral	Se necesita un cerco o muro perimetral para evitar el ingreso de animales, así como de personas no autorizadas.
8. Depósito diario	Es la capa de residuos depositados diariamente y cubierta por un manto o capa de tierra, para su correcto aislamiento después de la compactación.
9. Cierre o clausura	Cuando el relleno ha cumplido su función y el espacio no ofrece mayor posibilidad de depositar más residuos, debe ser clausurado y reforestado o destinado a otros fines compatibles.

• Operaciones realizadas en el relleno sanitario

1. Recepción, pesaje y registro del tipo y volumen de residuos.
2. Nivelación y compactación para la conformación de la celda de residuos.
3. Cobertura diaria de los residuos con capas de material apropiado, que permitan su correcto confinamiento.
4. Compactación diaria de la celda, en capas de un espesor no menor de 0.20 m. y cobertura final con material apropiado, en un espesor no menor de 0.50 m.
5. Monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo.
6. Mantenimiento de pozos de monitoreo, drenes de lixiviados, chimeneas para evacuación y control de gases, y canaletas superficiales, entre otros.
7. Restricción de acceso a personas no autorizadas al área de operación.
8. Prohibición de crianza o alimentación de animales dentro de la infraestructura.
9. Otras operaciones previstas en la memoria descriptiva del proyecto, o establecidas por la autoridad competente.

3.4.3. TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS

Los rellenos sanitarios pueden ser:

- Relleno sanitario manual
- Relleno sanitario mecanizado

3.4.3.1. Relleno sanitario manual

El relleno sanitario manual se presenta como una alternativa técnica y económica, tanto para las poblaciones urbanas y rurales menores de 40,000 habitantes, como para las áreas marginales de algunas ciudades que generan menos de 20 toneladas diarias de residuos sólidos.

Si el costo de transporte lo permite, puede resultar ventajosa la utilización de un mismo relleno sanitario manual para dos o más poblaciones.

Mediante la técnica de la operación manual, sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas o material de cobertura, de acuerdo con el avance y método de relleno.

En cuanto a los demás trabajos, todos pueden realizarse manualmente, lo cual permite a estas poblaciones de bajos recursos, que difícilmente podrían adquirir y mantener equipos pesados permanentes, disponer adecuadamente sus residuos y utilizar la mano de obra local.

Se estima que es posible manejar un relleno sanitario manual hasta llegar a la cantidad de 20 T/día. Sin embargo, se precisa de un análisis minucioso de las condiciones locales de cada región, puesto que según sea el costo de la mano de obra, el tipo de relleno, las condiciones climáticas, etc., tal vez resulte preferible el uso de equipo pesado en el relleno sanitario manual, ya sea en forma parcial o permanente.



Figura N° 3.49: Relleno sanitario.



Figura N° 3.50: Imágenes de un relleno sanitario manual en la ciudad de Caraz.



RELLENO SANITARIO MANUAL	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bajos costos de operación y mantenimiento.	Su cercanía a la ciudad.
Genera empleo.	El rápido proceso de urbanización encarece el costo de los pocos terrenos disponibles.
Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles.	Su proximidad a la ciudad puede provocar conflictos sociales.
Un relleno sanitario manual puede comenzar a funcionar en corto tiempo y recepcionar los residuos sólidos urbanos.	

3.4.3.2. Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc.

El costo para la realización de un expediente para la implementación de un relleno sanitario está en el orden de US\$ 15,000.00. Esta cifra no considera los análisis de laboratorio, los certificados (CIRA, entre otros) y el Estudio de Impacto Ambiental.

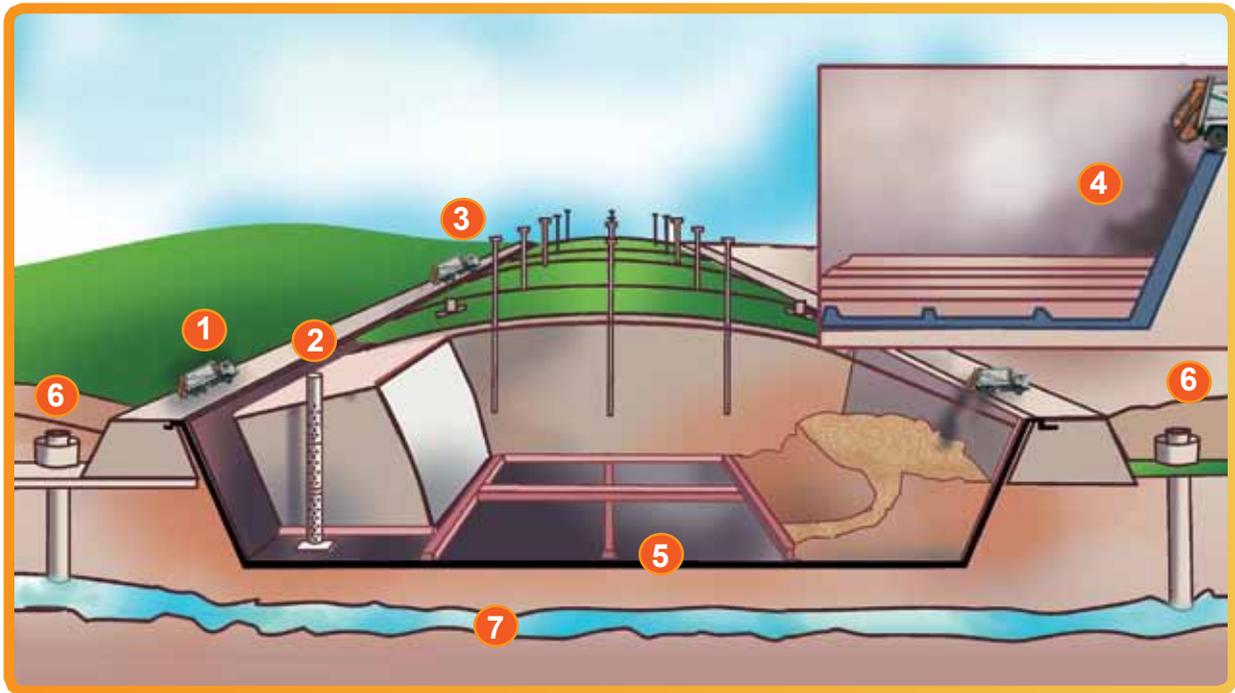


Figura N° 3.51: Relleno sanitario mecanizado.





Figura N° 3.52: Relleno sanitario mecanizado.



- 1.- Camiones con residuo previo a su disposición final.
- 2.- Extracción de lixiviados.
- 3.- Chimeneas para gases.
- 4.- Maquinaria para remover los residuos y taparlos.
- 5.- Impermeabilización.
- 6.- Pozo de monitoreo.
- 7.- Napa freática.

RELLENO SANITARIO MECANIZADO

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Método de disposición más completo y efectivo.	Se tiene que adquirir terrenos extensos.
Recupera terrenos degradados, cuando se convierte un botadero en relleno.	Se corre el riesgo de transformar el relleno en botadero. La población puede asentarse en los alrededores del relleno sanitario. Si el material de cobertura es deficiente, se pueden presentar olores.

Recomendaciones

Si se tiene en cuenta, desde el inicio de la operación del relleno, el sistema de gases puede convertirse posteriormente en un interesante medio para la obtención de energía y bonos de carbono.

Sea cualquiera el tipo de relleno que se elabore y diseñe, se debe prever su cierre y post uso.

Deberá implementarse una valla perimetral en el relleno sanitario.

Implementar mecanismos de control apropiados para restringir el acceso de personas ajenas en las tareas del relleno.

Deberá instalarse un cartel en el ingreso del relleno sanitario.



3.4.4. APROVECHAMIENTO DE LOS GASES EN SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL

Más del 50% de los residuos que son depositados en los rellenos sanitarios son orgánicos, y al biodegradarse se obtienen los lixiviados y los gases. Estos últimos se denominan biogás.

La producción del biogás en rellenos sanitarios permite su aprovechamiento, al transformarlo en energía eléctrica. El biogás puede ser captado utilizando un sistema de recolección, en vez de quemarlo, como usualmente se hace. Este proceso se realiza en un periodo determinado de tiempo, el cual dependerá de variables como la composición

de los desechos, nutrientes, temperatura, acidez (pH), contenido de humedad, cobertura y densidad de compactación.

Los residuos acumulados en el relleno pueden generar gas durante 20 ó 30 años, dependiendo principalmente del diseño y el método de relleno usado, pues esto determinará su potencial de generación de energía. En botaderos sin control, donde los residuos están expuestos a la intemperie, la descomposición es aeróbica, por lo tanto sólo se emitirá Anhídrido Carbónico - CO₂- y agua.

En el siguiente cuadro se puede observar la composición promedio del biogás, según la fuente. El valor calorífico varía entre 17 y 34 MJ/m³*, según el contenido de metano.

Cuadro N° 3.1: Composición de biogás derivado de diversas fuentes.

Composición del biogás derivado de diversas fuentes					
Gases	Desechos agrícolas	Lodos cloacales	Desechos industriales	Rellenos sanitarios	Propiedades
Metano	50 - 80%	50 - 80%	50 - 70%	45 - 65%	Combustible
CO ₂	30 - 50%	20 - 50%	30 - 50%	34 - 55%	Ácido, asfixiante
Vapor de agua	Saturación	Saturación	Saturación	Saturación	Corrosivo
Hidrógeno	0 - 2%	0 - 5%	0 - 2%	0 - 1%	Combustible
H ₂ S	100 - 7000 ppm	0 - 1%	0 - 8%	0,5 - 100 ppm	Corrosivo, olor, tóxico
Amoniaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Corrosivo
CO	0 - 1%	0 - 1%	0 - 1%	Trazas	Tóxico
Nitrógeno	0 - 1%	0 - 3%	0 - 1%	0 - 20%	Inerte
Oxígeno	0 - 1%	0 - 1%	0 - 1%	0 - 5%	Corrosivo
Orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	5ppm	Corrosivos, olores

Fuente: Carrillo, 2003

El valor calorífico del biogás es cerca de 6 kW/h** por metro cúbico, es decir que un metro cúbico de biogás es equivalente a aproximadamente medio litro de combustible diesel.

El gas en el relleno sanitario se puede evacuar por drenaje activo o pasivo. El primero consiste en la succión del gas mediante un soplador y ayuda de chimeneas y tuberías. Es eficiente, pero tiene mayor costo que el drenaje pasivo, que aprovecha los gases simplemente por difusión natural, mediante chimenea u orificios.

Asimismo, para aprovechar más eficientemente el gas, muchos rellenos modernos instalan sistemas que recolectan los líquidos percolados, los tratan y recirculan en el interior del relleno, para incentivar la descomposición y reducir la variabilidad en la humedad. Ahora bien, los responsables del manejo de rellenos buscan mejorar las características, asemejando las instalaciones a biorreactores anaeróbicos, para controlar los procesos de degradación y favorecer la generación de energía.

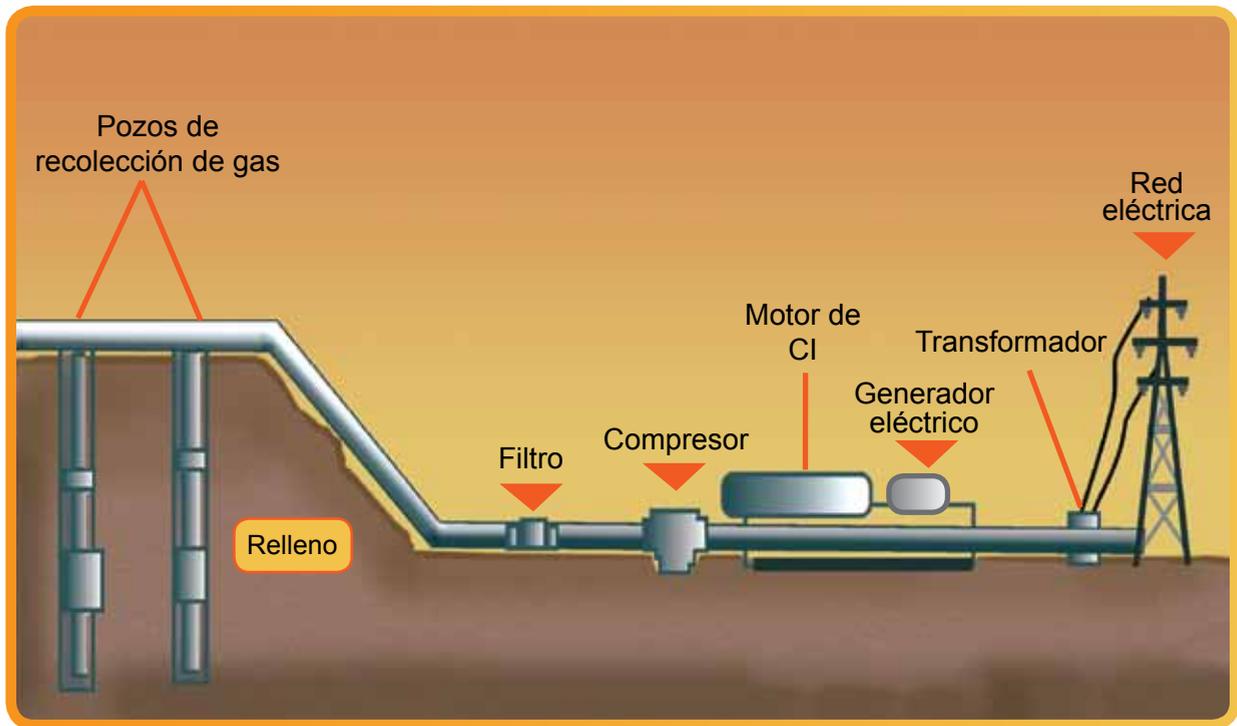
*Mega julios por metro cúbico.

**Kilovatio por hora.

Respecto a la generación de energía, el motor de combustión interna es el más usado en rellenos sanitarios, para la recuperación de energía del biogás. Aproximadamente el 80% de los 330 rellenos operando actualmente en EE.UU. los usan. Asimismo, la EPA (Agencia de Protección Ambiental), señala que hoy en día se pueden

instalar microturbinas desde 30 kW (esta turbina alcanzaría para alimentar el equivalente a 20 casas) a 100 kW, lo que hace posible que rellenos sanitarios pequeños también puedan generar energía eléctrica y reducir emisiones que contribuyen al calentamiento global.

Figura N° 3.53: Esquema de una microturbina para utilización de biogás.



3.4.5. CIERRE DE UN RELLENO SANITARIO

Una vez clausuradas las celdas de un relleno sanitario se debe saber cuál será la situación final de este relleno. Es decir, cual será el uso que se le pueda dar al término de su vida útil.

Se entiende por cierre a la operación que da por finalizada la utilización del relleno. Se debe clausurar y realizar trabajos de desmantelamiento de instalaciones y colocación de cobertura superficial, preferentemente de tierra.

Se deben mantener los residuos aislados, controlar las emanaciones de metano que pudieran generarse, así como los lixiviados. Esta etapa debe ir acompañada de otra importante de monitoreo.

Cuando estos procesos se hayan iniciado, recién se podrá determinar cuál será el destino del relleno, es decir en qué podrá “convertirse”, pudiendo destinarse al uso recreacional, agrícola o de ocio.

El uso como terreno recreacional constituye una de las posibilidades más extendidas a nivel global, debido a que su costo no es alto y, al igual que en el uso agrícola, no se requiere mayores cambios en la topografía del terreno.

El uso recreacional se refiere a parques, losas o áreas deportivas, etc. La recuperación ambiental se da por la siembra de árboles y áreas verdes.

La formulación y ejecución debe ser responsabilidad de la municipalidad provincial, conjuntamente con las distritales y el sector salud, que aprobará dicho plan.

El Plan de Cierre debe detallar al menos lo siguiente:

- Control de escorrentías (aguas) superficiales: producidas por inundaciones, lluvia, etc., lo que provocaría un incremento en los lixiviados, dispersión de residuos y contaminación de aguas subterráneas.
- Control de la erosión y la sedimentación: si la erosión no se controla, puede degradar la cobertura y aumentar la infiltración en el relleno sanitario y, por lo tanto, el incremento de caudal de lixiviados. Además, la erosión puede exponer los residuos sólidos, generando contaminación adicional.
- Control de la generación y la migración del lixiviado: sobre un plano topográfico se deben localizar los sitios donde salen o se empozan los lixiviados. Después de localizar los sitios se diseñará y construirá canales o filtros para que el líquido salga por gravedad hacia las partes bajas. El primer paso para el manejo de lixiviados es medir su caudal. Después de obtener esta información se procede a diseñar y construir un tanque de almacenamiento y tratamiento.
- Recolección y manejo de gases: en la mayoría de los sitios donde se ha enterrado o dispuesto residuos sólidos orgánicos, la cantidad de gas que se genera presenta problemas potenciales. A menudo, el gas sube a través de los residuos y se dispersa inocuamente en la atmósfera. El manejo de gases se debe realizar en chimeneas.



3.4.6. QUÉ PROCEDIMIENTOS SE SIGUEN PARA FORMALIZAR UN RELLENO SANITARIO

3.4.6.1. Estudio de selección de área

Describe las características técnicas (vías de acceso, existencia de material de cobertura suficiente, consideraciones hidrogeológicas, topografía, entre otras), ambientales (recursos hídricos, suelo, flora y fauna), aspectos sanitarios (distancia a la población más cercana, distancia de

las fuentes de abastecimiento de agua, generación de ruido), aspectos de seguridad (riesgo a desastres naturales e incendios), compatibilidad con el uso del suelo, entorno ambiental y el plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la provincia, aspecto económico (costos de transporte, operación y mantenimiento) aceptación de la población, características financieras (adquisición del terreno, construcción de obras civiles), uso final del terreno; a fin de definir el posible espacio geográfico para la construcción del relleno sanitario.

Se requiere tener en cuenta los siguientes pasos:

- Contar con tres posibles áreas para la evaluación por parte de la autoridad de salud de la jurisdicción correspondiente.
- Desarrollar el estudio de selección de área del lugar teniendo en consideración los criterios técnicos establecidos en el artículo 67 del D.S N° 057-2004-PCM, presentados en el informe de selección y evaluación del área donde se pretende construir el relleno sanitario.
- Solicitar la conformidad del área seleccionada al Director General de la autoridad de salud de la jurisdicción, esta solicitud debe estar a cargo de la Municipalidad y firmada por el Alcalde.

Criterios para seleccionar el área:

- Distancia a la población más cercana, mayor a 1000 m.
- Vida útil mayor a 5 años.
- Material de cobertura suficiente o acarreo cercano.
- Topografía del terreno de preferencia plana a semi ondulada con suelos de baja permeabilidad.
- Existencia de vías de acceso al lugar.
- Dirección predominante de los vientos en sentido contrario a la población más cercana.
- Suelos compatibles.
- Suelo arenoso alejado de playa o humedal.
- Suelo arcillo arenoso de mediana permeabilidad.
- Suelo arcilloso.
- Uso actual del suelo.
- Tenencia del terreno.
- Profundidad de la napa freática.
- Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos de lodos, aludes, entre otros).
- Alejado de cuerpos de agua superficial.
- No encontrarse en zonas de preservación arqueológica o en áreas naturales protegidas por el estado.

3.4.6.2. Estudio de Impacto Ambiental

Es un estudio destinado a identificar, prevenir, predecir, valorar y corregir los efectos ambientales negativos que puede causar el proyectado relleno sanitario, sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.

Todo proyecto nuevo o de ampliación de un relleno sanitario debe contar con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aprobado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), como requisito previo a su aprobación.

Los requisitos para la presentación del EIA ante la DIGESA:

- Solicitud dirigida al Director General de la DIGESA, con carácter de Declaración Jurada, N° R.U.C, firmada por el representante legal.
- Constancia del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) de no encontrarse el área del Proyecto en un área natural protegida por el Estado.
- Certificado de compatibilidad de uso otorgado por la municipalidad provincial correspondiente.
- Informe de estimación o evaluación del riesgo correspondiente que establezca que no se encuentra en un área vulnerable a desastres naturales, realizado por el Gobierno Regional correspondiente.
- Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA), otorgado por el Instituto Nacional de Cultura (INC).
- Estudio de Impacto Ambiental suscrito por los profesionales responsables, adjuntando los resultados de análisis ambiental basales (agua, aire y suelo), realizado por un laboratorio acreditado.
- Proyecto de relleno sanitario.

3.4.6.3. Opinión técnica favorable del proyecto

Es un expediente técnico que describe los criterios de diseño, procedimientos para la operación

y mantenimiento, plan de cierre, post cierre, aspectos de seguridad ocupacional, entre otros, debiendo cumplir con los siguientes requisitos:

- Solicitud dirigida al Director General de la DIGESA, con carácter de declaración jurada, N° RUC, y firmado por el Alcalde de la Municipalidad, para la opinión técnica favorable del proyecto de relleno sanitario propuesto.
- Copia del estudio de selección de área aprobado por la Dirección Regional de Salud de la jurisdicción correspondiente.
- Copia de la Resolución Directoral que aprueba el EIA emitida por la DIGESA.
- Copia del certificado de compatibilidad de uso otorgado por la Municipalidad Provincial correspondiente.
- Proyecto formulado y firmado por un ingeniero sanitario colegiado y habilitado. Los estudios específicos que lo componen serán suscritos por los respectivos profesionales.

Una vez obtenida la opinión técnica favorable del proyecto de relleno sanitario por parte de la DIGESA, deberá solicitarse a la Municipalidad Provincial correspondiente la aprobación del proyecto y su respectiva licencia de funcionamiento.



Parte 4
Ordenamiento
territorial para el
DESARROLLO SOSTENIBLE





INTRODUCCIÓN

El acceso a mercados nacionales e internacionales, la demanda cada vez mayor por el uso de los recursos naturales renovables y no renovables, la importancia de conservar los bienes y servicios ambientales, así como el acceso a la tecnología demanda que los gobiernos locales desarrollen estrategias con miras a revertir las desigualdades de distribución de la riqueza, los conflictos sociales y los efectos del cambio climático, aceptando el compromiso de promover la ecoeficiencia en su localidad, que es el gran desafío de este siglo.

Para enfrentar este desafío urge que los gobiernos locales sean más eficientes y eficaces en la toma de decisiones, siendo necesario para ello el desarrollo de acciones orientadas a compatibilizar la oferta territorial con la demanda social en el contexto del desarrollo sostenible.

El objetivo principal del presente manual es brindar una herramienta que permita a los municipios ecoeficientes, y a todos los actores sociales interesados, construir las bases para el desarrollo de sus procesos de Ordenamiento Territorial, familiarizándose con el marco conceptual y legal que le brinda soporte, como una primera forma de empoderarse del proceso.

Asimismo, va a permitir a los responsables que van a dirigir este proceso, a nivel local, habituarse con la metodología y el uso de la herramienta base que es la Zonificación Ecológica Económica-ZEE, así como con el proceso metodológico para la formulación participativa de Planes de Ordenamiento Territorial y su articulación e integración con los diversos procesos de desarrollo y gestión territorial local.

Cabe resaltar que el presente documento es un manual netamente práctico en el que se resume el conjunto de resultados y aprendizajes de diversos procesos de ordenamiento territorial y de módulos de capacitación desarrollados en los niveles local, regional, nacional e internacional.

4.1.1. EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL CONTEXTO PERUANO

El Ordenamiento Territorial - OT está contemplado en la Décimonovena Política de Estado sobre Desarrollo Sostenible, que establece el compromiso de integrar la política nacional ambiental con las políticas económica, social, cultural y de Ordenamiento Territorial - OT, para contribuir a superar la pobreza y lograr el desarrollo sostenible del Perú.

A Nivel Nacional

A través del Decreto Legislativo N° 1013 (de 13 de mayo del 2008), corresponde al Ministerio del Ambiente - MINAM la función de establecer la política, criterios y procedimientos para el OT (Inciso c) del Art.7°).

A Nivel Regional

La Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales, Ley N° 27867, establece como una de las funciones de los Gobiernos Regionales, formular, aprobar,

ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de OT, en concordancia con los planes de los Gobiernos Locales.

A Nivel Local

La Ley de Bases de Descentralización, Ley N° 27783, estipula como una de las competencias exclusivas de los gobiernos locales normar la zonificación, urbanismo, acondicionamiento territorial, y ejecutar sus planes correspondientes (Art. 42).

Asimismo, la Ley Orgánica de Municipalidades, Ley 27972, norma que es competencia y función específica de las municipalidades provinciales: planificar integralmente el desarrollo local y ordenamiento territorial (Art.73°).

En el 2004, mediante el Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica - ZEE (DS N° 087-2004/(PCM) se creó el Comité Técnico Consultivo Nacional de la ZEE y OT, que tiene dentro de sus funciones opinar y recomendar sobre normas, procesos y metodologías sobre la ZEE y el OT.

La Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) define al OT como instrumento de gestión ambiental (art. 20),

Con la creación del Ministerio del Ambiente, el Vice Ministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, asume el rol de liderar el OT a nivel nacional.

4.1.2. IMPORTANCIA DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN MUNICIPIOS ECOEFICIENTES

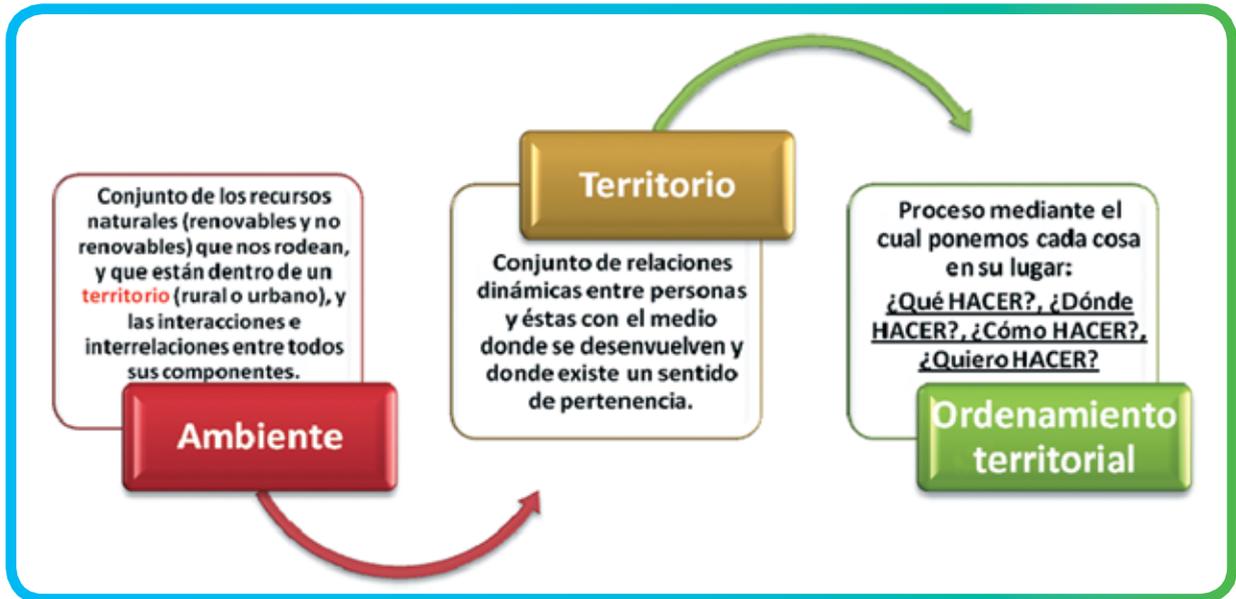


Figura N° 4.1: Ordenamiento territorial en el territorio peruano.

El Ordenamiento Territorial

Es un instrumento que forma parte de la política de Estado sobre el desarrollo sostenible.

Es un proceso político en la medida que involucra la toma de decisiones concertadas de los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y el aprovechamiento sostenible del territorio.

Es un proceso técnico administrativo porque orienta la regulación y promoción de la localización y desarrollo de los asentamientos humanos, actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial, sobre la base de la ZEE.

a. Elementos relevantes del Ordenamiento Territorial



Figura N° 4.2: Elementos relevantes del ordenamiento territorial.

b. Aspectos relevantes que comprende el Ordenamiento Territorial

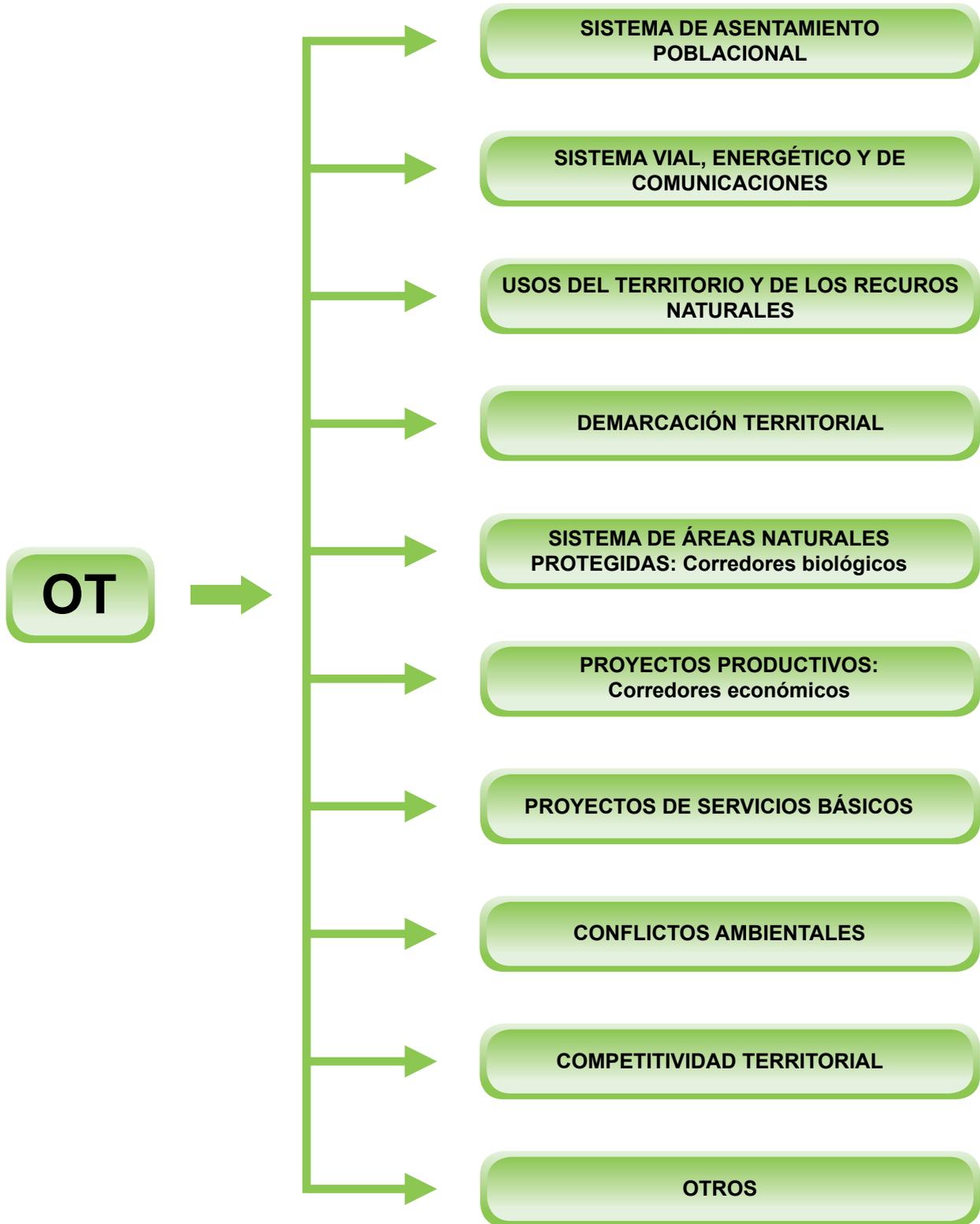


Figura N° 4.3: Aspectos relevantes del ordenamiento territorial.



Figura N° 4.4: Importancia de la zonificación ecológica económica.

Zonificación Ecológica Económica - ZEE

La ZEE es un instrumento de información que facilita la negociación entre la ciudadanía, la sociedad civil y los gobernantes, que identifica sectores con carácter homogéneo para la priorización de la inversión, que facilita la toma de decisiones y la solución de conflictos.

Es un **proceso participativo y de concertación, dinámico y flexible** que permite analizar integralmente un área territorial determinada para sectorizarla e identificar las diferentes alternativas de uso sostenible, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones, con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales.

Los objetivos de la ZEE* son:

- Conciliar los intereses nacionales de la conservación con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- Orientar la formulación, aprobación y aplicación de las políticas nacionales, sectoriales, regionales y locales sobre el uso sostenible de los recursos naturales y del territorio.
- Proveer el sustento técnico para la formulación de planes de desarrollo y de ordenamiento territorial.
- Apoyar el fortalecimiento de las capacidades de las autoridades.
- Proveer información técnica y el marco referencial para promover y orientar la inversión pública y privada.
- Contribuir al proceso de concertación entre los diferentes actores sociales sobre la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio.

*Reglamento de la ZEE. D.S. 087-2004-PCM.





Figura N° 4.5: Parábola del sembrador.

La ZEE en la historia de la humanidad - La Biblia:

PARÁBOLA DEL SEMBRADOR

“...un agricultor fue a sembrar sus semillas al campo. Unas semillas cayeron en el camino y fueron pisoteadas y comidas por las aves; otras cayeron sobre piedras y brotaron, pero como no había mucha tierra y agua se llenaron de plagas y se quemaron con el sol hasta secarse; otras semillas cayeron sobre malezas y zonas húmedas, poco a poco fueron llenándose con maleza hasta ahogarse. Sin embargo otras semillas cayeron en tierra buena donde crecieron bien y produjeron muchos y buenos frutos.

“La ZEE es una herramienta que nos permite entender el territorio y conocer dónde está la tierra buena para sembrar nuestras semillas o desarrollar nuestras actividades (agricultura, ganadería, turismo, manejo de bosques, comercio, escuelas, infraestructura de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales, etc.) de manera que produzcan fruto en abundancia (se logre mejorar la calidad de vida de la población)”

4.1.3 MARCO LEGAL DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El Ordenamiento Territorial en la Teoría del Derecho

Un proceso de ordenamiento territorial dentro de una sociedad permite organizar el uso, aprovechamiento y ocupación del territorio sobre la base de las potencialidades y limitaciones, teniendo en cuenta las necesidades de las poblaciones y las recomendaciones generadas por los todos los instrumentos de planificación y de gestión.

Principales Normas Legales vinculadas al Ordenamiento Territorial

1. Decreto Ley 22660, Tratado de Cooperación Amazónica (28AGO79) desarrolla la metodología de la ZEE.
2. Ley 26821, Ley de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (26JUN97), otorga importancia a la ZEE dentro del proceso de ordenamiento territorial a fin de evitar conflictos por superposición de títulos y usos inapropiados del suelo.
3. Ley 26839, Ley Orgánica sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica (16JUL97) que en cumplimiento de lo establecido en el art. 69 de la Constitución Política del Perú - CPP, debe promover la incorporación de criterios ecológicos para la conservación de la diversidad biológica en los procesos de ordenamiento ambiental y territorial.
4. Ley 27308, Ley Forestal y de Fauna Silvestre (16JUL00), establece que la Zonificación Forestal se realiza en base a la Zonificación Ecológica Económica.
5. D.S. 045-2001-PCM (26ABR01), declara de interés nacional el ordenamiento territorial ambiental en todo el País. Crea la Comisión Nacional de Ordenamiento Territorial Ambiental.

- 
6. D.S. 068-2001-PCM, Reglamento de la Ley 26839 (21JUN01), establece que el ordenamiento ambiental se basará en la ZEE.
 7. Ley 27783, Ley de Bases para la Descentralización (21JUL02), señala que uno de los objetivos para fortalecer la descentralización es el Ordenamiento Territorial y del entorno ambiental, desde los enfoques de la sostenibilidad del desarrollo.
 8. Ley 27795, Ley de Demarcación y Organización Territorial (25JUL02), establece los criterios y procedimientos técnicos para el tratamiento de demarcación territorial así como el saneamiento de límites y la organización racional del territorio.
 9. Ley 27687, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales (18NOV02), dice que es función de los gobiernos regionales formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de ordenamiento territorial, en concordancia con los planes de los Gobiernos Locales.
 10. Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (27MAY03), establece planificar integralmente el desarrollo local y el ordenamiento territorial, en el nivel provincial.
 11. D.S. N° 027-2003-VIVIENDA - Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano aborda exclusivamente las competencias de las municipalidades en materia del planeamiento urbano. El Plan de Acondicionamiento Territorial se define, en el artículo 4°, como el instrumento de planificación que permite el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la distribución equilibrada de la población y el desarrollo de la inversión pública y privada en los ámbitos urbano y rural del territorio provincial.
 12. Ley 28245, Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (08JUN04). El MINAM debe asegurar la transectorialidad y la debida coordinación de la aplicación de instrumentos de gestión y planificación como el establecimiento de políticas, criterios, metodologías y directrices para el ordenamiento territorial.
 13. Ley 28296, Ley General del Patrimonio Cultural (23JUL04), establece las políticas de protección, promoción, propiedad y régimen legal de los bienes muebles e inmuebles integrantes del patrimonio cultural, identificado en la zonificación ecológica económica.
 14. D.S. 087-2004-PCM (23DIC04) establece el carácter obligatorio para las instituciones públicas, la aplicación de la ZEE como un instrumento de planificación y de gestión del territorio y crea el Comité Técnico Consultivo Nacional de la ZEE y OT.
 15. Ley 28611, Ley General del Ambiente (15OCT05), establece que corresponde a los niveles de gobierno coordinar sus políticas de ordenamiento territorial con las propuestas de la sociedad civil, con la aplicación de la ZEE. Establece que corresponde a los gobiernos locales promover, formular y ejecutar planes de ordenamiento urbano y rural, en concordancia con la Política Nacional Ambiental y con las normas urbanísticas nacionales.
 16. Ley 28804, Ley que regula la Declaratoria de Emergencia Ambiental (26JUL06), establece la Identificación de zonas de alto riesgo para las poblaciones, así como la protección de la vulnerabilidad y singularidad de los espacios naturales.
 17. D.S. 008-2008-MINAM, Reglamento de Organización y Funciones del MINAM, D. L. 1013 (06DIC08). Todo lo concerniente a la ZEE y el Ordenamiento Territorial se coordinará con el MINAM.
 18. D.S. 031-2008-AG, Reglamento del D.L. 997, Ley de Organización y Funciones del MINAG (11DIC08), los GR y GL, deben hacer de conocimiento sobre la ZEE de nivel macro y meso al MINAG y directamente a las oficinas específicas con funciones vinculadas a utilizar la herramienta.
 19. D.S. 020-2008-AG, Reglamento del D. L. 994 que promueve la inversión privada en proyectos de irrigación para la ampliación de la frontera agrícola (21DIC08). La ZEE proporcionará la información al MINAG para clasificar las tierras eriazas.



*proceso metodológico
en el ámbito local*

4.2.1. PRINCIPIOS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El Ordenamiento Territorial - OT está contemplado en la Décimonovena Política de Estado sobre Desarrollo Sostenible, en la cual se establece el compromiso de integrar la política nacional ambiental con las políticas económicas, sociales, culturales y de Ordenamiento Territorial - OT, para contribuir a superar la pobreza y lograr el desarrollo sostenible del Perú.

- La **sostenibilidad** del aprovechamiento y la ocupación ordenada del territorio, en armonía con las condiciones del ambiente y de seguridad física, a través de un proceso gradual de corto, mediano y largo plazo, enmarcados en una visión de logro nacional.
- La **integralidad y flexibilidad** teniendo en cuenta todos sus componentes físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales, ambientales, políticos y administrativos, con perspectiva de largo plazo.
- La **complementariedad** en todos los niveles territoriales propiciando articulación y sinergias de

las políticas nacionales, sectoriales, regionales y locales.

- La **governabilidad democrática** orientada a armonizar políticas, planes, programas, procesos, instrumentos integrando mecanismos de participación, consulta e información.
- La **subsidiariedad** como un proceso descentralizado con responsabilidades definidas en cada uno de los niveles: nacional, regional y local.
- La **equidad** orientada a generar condiciones para asegurar y mejorar la correlación de la diversidad territorial en los procesos de toma de decisiones, acceso a recursos productivos, financieros y no financieros; de tal forma que se garanticen las oportunidades, bienes y servicios en todo el país.
- El **respeto** a la diversidad cultural, los conocimientos colectivos, y las formas de uso y manejo tradicionales del territorio y los recursos naturales, en concordancia con lo establecido en el artículo 89° de la Constitución Política del Perú.
- La **competitividad** orientada a su incremento y a maximizar potencialidades del territorio.



Figura N° 4.6: Equilibrio ambiental, económico y social.

4.2.2. OBJETIVOS DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

- Promover y facilitar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, la utilización y gestión responsable de los recursos naturales no renovables; así como, la diversidad biológica, la ocupación ordenada del territorio en concordancia con sus características, potencialidades y limitaciones, la conservación del ambiente y de los ecosistemas, la preservación del patrimonio natural y cultural, el bienestar y salud de la población.



- Impulsar el desarrollo del territorio nacional de manera equilibrada y competitiva con la participación de actores públicos, privados y comunales, a través de la adecuada planificación del territorio, en respuesta a los requerimientos de los planes de desarrollo económico y social de los tres niveles de gobierno.

- Prevenir y corregir la localización de los asentamientos humanos, infraestructura económica y social, de las actividades productivas, y de servicios básicos en zonas de riesgos (identificando las condiciones de vulnerabilidad).





- Contribuir a revertir los procesos de exclusión y de pobreza, fortaleciendo y facilitando un desarrollo territorial sostenible.

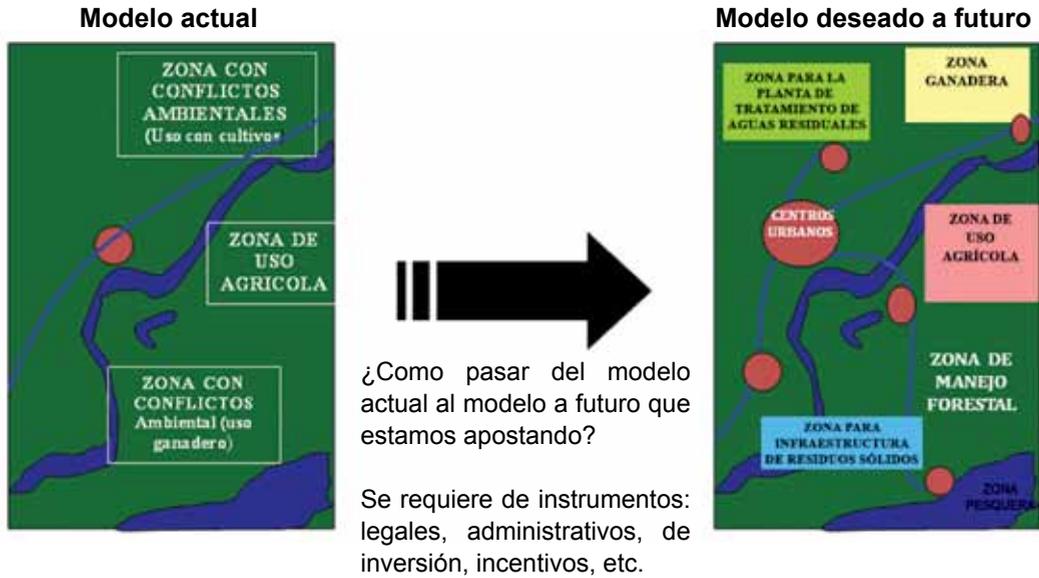
- Revertir los procesos de deterioro de los ecosistemas y promover los usos del territorio que conduzcan al desarrollo sostenible.



Fuente: Pepe Sanmartín



4.2.3. ETAPAS DEL PROCESO DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL



4.2.3.1. Etapa preparatoria

a. Identificación de la demanda social y política

La autoridad edil, conjuntamente con su consejo municipal y otros líderes locales toman la iniciativa, y con el apoyo del MINAM o alguna institución especializada, se programa y organiza la realización de un taller de capacitación y motivación sobre la importancia de implementar el proceso de ZEE y OT: y, cómo éste puede contribuir al desarrollo territorial sostenible de la provincia o distrito.



Figura N° 4.7: Taller de identificación.

En dicho taller se realiza el análisis para la identificación de la demanda social y política: ¿Por qué? (cuál es la problemática local), ¿Para qué? (qué queremos resolver y conseguir) y ¿Cuáles son los intereses que motivan al gobierno local a invertir en un proceso de ordenamiento territorial?

b. Formalización del proceso de Ordenamiento Territorial

La autoridad convoca a su Consejo Municipal y al Consejo de Coordinación Local para formalizar el proceso de ZEE y OT mediante suscripción de acuerdo en el acta de sesión. Este paso es muy importante debido a que resalta la capacidad de convocatoria, liderazgo y concertación de la autoridad edil desde el inicio del proceso.

Seguidamente, se comunica al MINAM para que el proceso de ZEE y OT a nivel local sea incluido en el Plan Operativo Bienal y se procede a la elaboración y aprobación de la Ordenanza Municipal que declara el interés y necesidad de implementar dicho proceso, así como la conformación de la Comisión Técnica Local respectiva.



Figura N° 4.8: Taller de formalización.

Comisión Técnica Local para la ZEE y el OT

La Comisión Técnica Local para la ZEE y OT tiene como funciones: a) proponer, opinar, acompañar y coordinar la ejecución del proceso de ZEE y OT; b) proponer los mecanismos de consulta, participación ciudadana y procesos de difusión y capacitación; c) participar en la elaboración del proyecto de inversión pública de desarrollo de capacidades para el OT sobre la base de la ZEE; y d) supervisar y coordinar el proceso de control social del plan de ordenamiento territorial - POT.

Para cumplir con sus funciones de manera más eficaz y eficiente y, de acuerdo a las fortalezas de cada uno de sus miembros, puede formar sub grupos de trabajo, tal como lo muestra la Fig. adjunta.



Figura N° 4.9: Conformación de la comisión técnica local.

BASE LEGAL PARA LA FORMALIZACIÓN

Aspectos relevantes que debe contener la Ordenanza Municipal-Norma con carácter de Ley - que declara de Interés y Necesidad Local la Zonificación Ecológica Económica y el Ordenamiento Territorial, así como la conformación de la Comisión Técnica Local respectiva.

Contenido:

Declarar de interés y necesidad local la ZEE y OT.

- Ordenar al órgano competente regular las herramientas legales necesarias para el proceso.
- Disponer presupuesto para el cumplimiento de los fines.
- Regular los demás procedimientos con la finalidad de guardar coherencia con los instrumentos de planificación y gestión territorial.
- Presentar todo proceso de gestión territorial que se lleve a cabo dentro de la jurisdicción.

Base Legal:

- Constitución Política del Perú.
- Decreto Legislativo 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Ley de Bases de la Descentralización, Ley 27783.
- Ley General del Ambiente, Ley 28611.
- Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Ley 28245 y su Reglamento,
- Ley para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. Ley 26821.
- Ley Orgánica de Municipalidades, Ley 27972.
- Decreto Supremo 087-2004/PCM y sus modificatorias.



Aspectos relevantes que debe contener el Decreto Municipal - Norma de carácter reglamentario, que reglamenta las funciones y organización de la Comisión Técnica Local de ZEE y OT.

Contenido:

Establecer el Reglamento Interno de la Comisión Técnica Local de ZEE y OT.

Base Legal:

- Constitución Política del Perú.
- Ordenanza Municipal que declara de Interés y Necesidad Local la Zonificación Ecológica Económica y la implementación del Ordenamiento Territorial.
- Ordenanza creando la Comisión Técnica Local de Zonificación Económica Ecológica y Ordenamiento Territorial.
- Ley Orgánica de Municipalidades, Ley 27972.

c. Evaluación de la disponibilidad de recursos financieros y generación de Alianzas Estratégicas para el desarrollo del proceso de ZEE y OT.

El proceso de ZEE y OT a nivel local debe ser considerado como un proyecto de inversión pública, que requiere de asignación presupuestal por parte del gobierno local y puede recibir contrapartida del gobierno regional. Asimismo, dicho proceso es sin duda de interés para diversos actores involucrados en el territorio, de los cuales se puede obtener, mediante el establecimiento de alianzas estratégicas, compromisos de apoyo con recursos financieros, logísticos y humanos adicionales.

d. Elaboración, Priorización y Viabilización de Proyecto de Inversión Pública de ZEE y OT.

Para la inscripción del proyecto de inversión pública de ZEE y OT en el Banco de Proyectos del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP, éste deberá enmarcarse en el siguiente Clasificador Funcional Programático:

Función 03: Administración y Planeamiento
Programa 006: Planeamiento Gubernamental
Subprograma 0021: Organización y Modernización administrativa (comprende acciones orientadas a organizar y reorganizar servicios y órganos de la administración pública).



El contenido del estudio de preinversión, a nivel de perfil, considerará los requisitos mínimos especificados en el Anexo SNIP-05 de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública, Directiva N° 004-2002-EF/68.01.

Las acciones que podrían considerarse en el proyecto de ZEE y OT, dependiendo de los medios fundamentales que se definan son:

Desarrollo de capacidades humanas: Capacitación y entrenamiento a los profesionales de los gobiernos municipales y de otras instituciones públicas o privadas que constituirían los equipos técnicos, en temas relacionados con planificación e implementación del Ordenamiento Territorial, elaboración de la Zonificación Ecológica Económica, manejo de SIG, análisis de riesgo de desastres, monitoreo de la implementación del plan de ordenamiento territorial, monitoreo del uso y ocupación del espacio; etc.

Para la capacitación y entrenamiento se emplearán metodologías basadas en el enfoque de “aprender haciendo”, que permitirá desarrollar capacidades elaborando en la práctica los instrumentos como la Zonificación Ecológica Económica, y el Plan de Ordenamiento Territorial.

Equipamiento: Adquisición de hardware y software apropiado para la planificación territorial, la ZEE y el monitoreo del proceso de uso y ocupación del territorio (SIG y Teledetección).

Desarrollo de Información: Adquisición de material cartográfico y de teledetección, elaboración de la Zonificación Económica Ecológica (medio físico, biológico, social, económico y cultural, peligros potenciales, vulnerabilidad, uso de recursos naturales, actividades productivas, entre otros, especificados en el Decreto del Consejo Directivo N° 010-2006-CONAM/CD), generación de escenarios a futuro de la ocupación del espacio, uso de recursos naturales, visión, objetivos estratégicos, análisis entorno, etc. (base para el plan de ordenamiento territorial).

Sistemas de monitoreo del uso y ocupación del espacio: diseño e implementación del sistema.

Sensibilización de los actores sociales: difusión de los instrumentos, reuniones, dinámicas participativas, entre otros.

Infraestructura: Dotación y/o adecuaciones de ambientes para albergar los recursos humanos, equipos, incluyendo instalaciones y mobiliario apropiado.

4.2.3.2. Etapa de diagnóstico integral del territorio y del entorno

Esta etapa consiste en el análisis y procesamiento de la información de la ZEE, así como de los estudios complementarios necesarios para formular el plan de ordenamiento territorial.

a. Zonificación Ecológica Económica

En el Perú, el marco legal correspondiente establece que la Zonificación Ecológica Económica se constituye en la base para el diagnóstico territorial por excelencia, a fin de abordar adecuadamente el proceso de Ordenamiento Territorial. A continuación presentamos de manera resumida cuáles son las etapas que involucra el desarrollo de la ZEE. Para mayores detalles se puede consultar el DCD 010-2006-CONAM/CD “Metodología para la Zonificación Ecológica Económica” y la “Guía de ZEE para Gobiernos Locales”:



Figura N° 4.10: Etapa de diagnóstico.



Etapa inicial

Acciones relevantes:

- Decisión política.
- Formalización del proceso de a través del marco legal correspondiente.
- Identificación de fuentes de financiamiento y alianzas estratégicas.

Resultado: Ordenanza aprobada y financiamiento disponible.

Etapa de formulación

Acciones relevantes:

- Fase preliminar.
- Fase de generación de información.
- Fase de análisis.
- Fase de evaluación.
- Fase de validación.

Resultado: Propuesta de ZEE, con amplia participación de los diversos actores sociales involucrados durante el proceso, así como la capacitación, sensibilización y difusión permanente.

Etapa de aprobación

Una vez concertada y consensuada la propuesta de ZEE se procede a su aprobación formal, a través de una Ordenanza Municipal del Gobierno Local Provincial y/o Distrital, con opinión favorable de las instancias superiores respectivas.

Etapa de aplicación

Consiste en reglamentar la ordenanza municipal, para que los diversos sectores público y privado en el ámbito local utilicen de manera obligatoria la ZEE como base para la gestión territorial.

Etapa de monitoreo, evaluación y actualización

Corresponde a la autoridad local competente realizar el monitoreo, evaluación y actualización de la ZEE de manera participativa.

b. Modelo Actual del Territorio

El modelo actual de ocupación del territorio y el uso de los recursos naturales es la expresión en el espacio de las diversas políticas, explícitas o implícitas, que se han implementado o que se vienen implementando a nivel nacional y que tienen incidencia en el territorio. Consiste en saber los siguientes aspectos:

- Sistema de ciudades.
- Sistema vial.
- Sistema de energía.
- Sistema de comunicaciones.
- Uso actual del territorio y RRNN, problemas ambientales.
- Base productiva que sustenta la economía (competitividad).

- Áreas naturales protegidas.
- Demarcación territorial.
- Gestión de riesgos y de adaptación al cambio climático.
- Aspectos legales e institucionales.
- Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA).

4.2.3.3. Etapa de pronóstico territorial

Consiste en la proyección de la situación actual a una situación futura, teniendo en cuenta las tendencias de evolución de las diferentes variables que están relacionadas con el desarrollo social, económico y ambiental. Así como los aspectos relevantes que comprende el ordenamiento territorial, precisado en el ítem 1.2. A través del proceso participativo se identificarán los escenarios a futuro, considerando la evolución del uso y la ocupación del territorio.

Luego se analizará y evaluará los siguientes escenarios:

- Escenario tendencial.
- Escenarios alternativos.
- Escenario deseado o de consenso (imagen objetivo).

A partir del análisis de escenarios y, con participación de los diversos actores sociales, se seleccionará el escenario posible a partir del contraste entre el escenario deseable y un escenario probable (análisis de tendencias positivas y negativas), para alcanzar la visión de desarrollo deseado en el horizonte planificado. Se constituye en la expresión espacial del Modelo Territorial Futuro Posible o deseado.

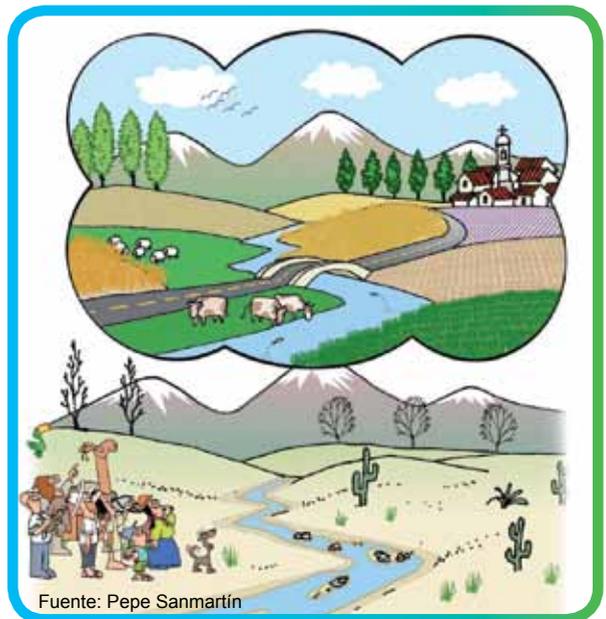


Figura N° 4.11: La participación ciudadana es importante para definir los escenarios futuros en el Ordenamiento Territorial.

Escenario: Antes



Escenario: Después



Fuente: Pepe Sanmartín

Figura N° 4.12: Escenarios antes y después del proceso de ordenamiento.



4.2.3.4. Etapa de formulación

Esta etapa consiste en perfeccionar el modelo actual, identificando y utilizando las fortalezas, aprovechando las oportunidades, superando las debilidades y minimizando las amenazas. La forma ¿cómo se utilice los recursos naturales y cómo se ocupe el territorio?, serán aspectos claves que determinarán la viabilidad de este modelo en el futuro.

Para lo cual se abordará los siguientes aspectos:

a. Visión de desarrollo territorial concertado

La visión es el anhelo o la aspiración a futuro. Por lo tanto, el tipo de visión a construir debe ser orientadora, centrándose en el ¿cómo podemos, queremos y debemos SER? El SER se constituye en lo primordial, por encima de lo que debemos HACER y TENER.

Si logramos plasmar lo que queremos SER, definiremos eficientemente lo que debemos HACER (iniciativas de gestión) y lo que necesitamos TENER (equipamiento e infraestructura) para encaminarnos hacia la visión compartida de Desarrollo Territorial Sostenible propuesto. Sin embargo, el cómo lo podemos hacer, implica analizar las correlaciones de fuerza o poder y capacidades de negociación y así como también, la capacidad de desprendimiento por parte de los actores y sus intereses específicos.

b. Imagen objetivo

Es la síntesis de la situación ideal o deseable, se logra a partir del contraste con un escenario probable, resultando un escenario posible de ser alcanzado en el horizonte de planeamiento (generalmente de largo plazo) de cara a la visión de desarrollo.

Corresponde al escenario deseado, en respuesta a los problemas centrales, a las potencialidades y limitaciones y, a las oportunidades y restricciones del territorio.

c. Diseño de políticas y objetivos estratégicos

Las políticas de uso y de ocupación del territorio serán diseñadas de acuerdo a la imagen objetivo, compatibilizadas con las políticas de desarrollo regional y políticas sectoriales.

Asimismo, se identificarán los objetivos estratégicos que tiene una temporalidad de 10 años o lo que el plan de ordenamiento territorial - POT establezca.

d. Plan de uso y ocupación del territorio

Después de formular la imagen objetivo, una de las estrategias para alcanzar los objetivos estratégicos definidos es elaborar un conjunto de acciones y proyectos organizados en los planes de usos y ocupación del territorio.

e. Instrumentación

Los principales instrumentos que deberán acompañar al plan de ordenamiento territorial en la etapa de implementación son los siguientes:

Plan de uso del territorio

Es un instrumento de carácter técnico normativo que determina los usos del territorio. Elaborado sobre la base de la zonificación ecológica y económica y de los otros instrumentos de ordenamiento territorial vigentes, se asignará el uso de cada espacio en concordancia con el modelo territorial futuro que ha sido seleccionado.

Plan de ocupación del territorio

Es un instrumento que promueve y dinamiza la estructuración y desarrollo del territorio mediante su vertebración, optimización funcional de los centros poblados, redes, flujos de comunicaciones, actividades productivas y de conservación, gestión de riesgos, distribución de los servicios basada en la jerarquización de los centros poblados, organización política administrativa, etc.

En tal sentido, el Plan de Ocupación del Territorio comprende:

- El diseño de un sistema adecuado de asentamientos humanos, indicando el rol y funciones, así como el nivel de equipamiento y servicios que deben brindar en su área de influencia.
- La localización de las principales actividades económicas que deben sustentar la economía de la provincia, definiendo los ejes de desarrollo.
- El sistema vial, energético y de comunicaciones de cara a una mejor articulación y estructuración del territorio, de las actividades económicas y acceso a los servicios de la población.

- Áreas de interés para la conservación de la diversidad biológica, incluyendo áreas naturales protegidas y corredores biológicos.
- Áreas para la protección ecológica y zonas de alta vulnerabilidad, incluyendo la gestión de riesgos.
- Orientaciones para solucionar problemas de demarcación territorial, problemas ambientales y conflictos sobre el uso de la tierra, entre otras cosas.

- Normas y dispositivos legales.
- Planes específicos.
- Programa de incentivos.
- Programa de inversión pública.
- Cooperación técnica financiera internacional.
- Participación ciudadana.
- Sistema de información.
- Educación ambiental.
- Ciencia y tecnología.
- Desarrollo institucional, etc.

Recordar que en la formulación del POT debe de contemplarse de manera continua dos principios básicos: TRANSVERSALIDAD y la INTEGRALIDAD.

4.2.3.5. Etapa de implementación

Comprende la aprobación y la aplicación del Plan de Ordenamiento Territorial - POT.

La aprobación formal del POT está a cargo del Consejo Municipal y se hace a través de la Ordenanza Municipal respectiva. De esta manera se asegura que la aplicación de dicho instrumento se realice de manera obligatoria y vinculante con los diversos procesos de planeamiento concertado e institucional que se dan en el ámbito local y regional. A continuación se indican los pasos a seguir para la aprobación del POT:

- Solicitar y obtener la opinión favorable del Gobierno Provincial (en el caso de distritos).
- Solicitar y obtener la opinión favorable del Gobierno Regional (en el caso de las provincias).
- Acuerdo de Consejo aprobando por Ordenanza Municipal el Plan de Ordenamiento Territorial del distrito o provincia.
- Hacer de conocimiento del MINAM.

Norma con rango de Ley: Ordenanza Municipal aprobando el Plan de Ordenamiento Territorial.

Contenido:

Aprueba el Plan de Ordenamiento Territorial. Dispone el órgano municipal encargado de la actualización, monitoreo y evaluación. Ordena regular las disposiciones complementarias para el POT.

Base Legal:

Constitución Política del Perú.
Ley de Bases de la Descentralización, Ley 27783
Ley General del Ambiente, Ley 28611
Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su Reglamento, Ley 26821
Ordenanza Municipal que declara de Interés y Necesidad local la Zonificación Ecológica, Económica y la Implementación del Ordenamiento Territorial.
Decreto Supremo N° 045-2001-PCM
Ley Orgánica de Municipalidades, Ley 27972

Figura N° 4.13: Ordenanza municipal que aprueba el plan de ordenamiento territorial.

4.2.3.6. Fase de monitoreo, evaluación y actualización del POT

El monitoreo y la evaluación son procesos que permitirán verificar la utilidad del Ordenamiento Territorial. El propósito de ambos es determinar la pertinencia y el logro de los objetivos así como su eficiencia, efectividad, impacto y sostenibilidad del Plan de Ordenamiento Territorial. En ese sentido, el monitoreo y evaluación del POT debe proporcionar información que sea creíble y útil y que permita influenciar en la toma de decisiones. Es el proceso por el cual se diseña la sostenibilidad de los procesos de ZEE y OT; básicamente, se constituye en un trabajo de diseño de indicadores e índices que medirán el avance logrado en la implementación de las actividades priorizadas por el POT.





Asimismo, el POT debe ser actualizado y ajustado de tal forma que permita alcanzar el modelo territorial deseado (imagen objetivo). Implica que el proceso de planeamiento conlleve la revisión y replanteamiento permanente del plan. También debe proponer ajustes en tiempos definidos, por ejemplo, se podrían hacer evaluaciones anuales y para el año siguiente introducir los cambios y modificaciones necesarias.

Es responsabilidad de la administración municipal y de la población determinar:

- Los mecanismos para monitorear la implementación del POT, resultados e impactos: ¿cómo se evalúa?, ¿con qué instrumentos?, ¿cómo advertir el camino avanzado?
- Los distintos niveles de evaluación que pueden ser: globales, por programas o por proyectos y que deben definir su profundidad y alcance;

- Los responsables: ¿quiénes evalúan, qué dependencia, sobre cuáles funcionarios recae esta responsabilidad? Se podría afirmar que este compromiso recae en la oficina de planificación por ser la que está más cerca del proceso, sin embargo, debe definirse los actores de la sociedad civil que allí participarán (Comisión Técnica Local de ZEE y OT, Consejo de Coordinación Local, entre otros);
- Los recursos necesarios y las fuentes de financiación: aunque la idea es que el monitoreo y evaluación no generen costos adicionales, sí hay algunos mínimos que se deben identificar, como las visitas a campo, recolección de información, reuniones de la sociedad civil, entre otras rutinas que implican un rubro; y
- El redireccionamiento de las acciones: es decisión de la administración municipal redireccionar las distintas políticas y estrategias para que la ejecución del POT sea congruente con los resultados de las evaluaciones.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL = HERRAMIENTA DINÁMICA



4.3

DIFUSIÓN, CAPACITACIÓN, *participación y concertación*

Esta fase es transversal a todo el proceso de ordenamiento territorial; es decir, debe estar presente desde el inicio y es imprescindible para que todos los actores locales involucrados puedan intervenir de una manera activa y permanente.

La difusión y la capacitación en el marco del ordenamiento territorial se constituyen en procesos continuos de educación colectiva, que producen aprendizajes y desarrollan capacidades humanas para fortalecer la institucionalidad local y potenciar la dinámica planificadora y la gestión del desarrollo territorial sostenible. Asimismo, conocer y entender sobre las potencialidades y limitaciones (ZEE) del territorio local, mediante dichos procesos de difusión y capacitación, van generando identidad territorial, visiones, agendas comunes y principios colectivos, lo cual permite la formación de un sentido de pertenencia y orgullo territorial como resultado del conocimiento mutuo y valoración del territorio.



Figura N° 4.14: Taller de difusión.

Por otro lado, es necesario que los actores involucrados manejen básicamente algunas herramientas para desarrollar “pensamiento estratégico”; que faciliten la etapa de planificación y formulación del PO; y que incluya necesariamente capacidades para la definición de indicadores y para el monitoreo, evaluación y control social del POT.

El ordenamiento territorial requiere que todos los actores del ámbito local trabajen bajo una misma lógica de conjunto, que oriente su acción en función a una imagen colectiva (la visión como pacto político-social) de desarrollo territorial.

La concertación, como una práctica de buen gobierno y del ejercicio democrático, es un elemento crucial en los procesos de ordenamiento



Figura N° 4.15: Taller de difusión.

territorial, ya que nos brinda la oportunidad de sumar esfuerzos para el beneficio común a largo plazo y garantiza que el POT sea sostenible en el tiempo y no dependa de los periodos ediles.

Es fundamental involucrar en el proceso a todos los actores sociales y políticos, tales como escuelas, iglesias (todas las que hayan), líderes de opinión, medios de comunicación, transportistas, grupos de jóvenes, trabajadores municipales, agentes, gobernadores, comités de autodefensa y desarrollo, rondas campesinas, juntas vecinales, comités de mujeres, asociaciones de agricultores, empresa privada, juntas de riego, grupos políticos, frentes de defensa, entre otros, de esta manera se garantiza el éxito en la efectividad de la implementación del POT.



El Ordenamiento Territorial es como ordenar la casa. Poniendo cada cosa en su lugar sabremos qué tenemos y qué nos falta y que debemos hacer para tener, para vivir mejor.



Anexo 1

Marco normativo que regula el tratamiento de aguas residuales

- Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento.
- Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 09-95-PRES del 25 de agosto de 1995 y sus modificaciones dadas mediante los Decretos Supremos N° 015-96-PRES, 013-98-PRES, 007-2005-VIVIENDA, 008-2005-VIVIENDA y 016-2005-VIVIENDA.

Estas normas rigen la prestación de los servicios de saneamiento y comprenden la prestación regular de: servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial y disposición sanitaria de excretas, tanto en el ámbito urbano como rural. El Reglamento proporciona un mayor detalle de las condiciones de

la prestación de los servicios de saneamiento; las funciones, atribuciones, responsabilidades, derechos y obligaciones de las entidades vinculadas a brindar el servicio de saneamiento

- Ley N° 26611, Ley General del Ambiente publicada el 15 de Octubre de 2005, es una norma que ordena el marco normativo para la gestión ambiental en el país; estableciendo los principios y normas básicas, estrategias e instrumentos para asegurar el ejercicio del derecho de un ambiente saludable.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, del 31 de marzo de 2009, norma que establece el marco normativo de conservación y protección de los recursos hídricos

Anexo 2

Normatividad legal referida a la gestión de los residuos sólidos

Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente*.

La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que, siendo de origen distinto, presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales (Art.119).

Ley N° 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades

Se establece que tanto el saneamiento, como la salubridad y la salud son competencias de los gobiernos provinciales y distritales. Asimismo, se establece que dichas competencias se pueden asumir de manera directa o compartida (Art. 80).

Las competencias y funciones sobre el saneamiento son reguladas por la Municipalidad Metropolitana de Lima (Art. 161).

Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos y la modificatoria, el D.L. N° 1065

Las municipalidades son responsables de toda gestión de residuos sólidos de origen comercial y domiciliario, dentro del ámbito de su jurisdicción. Asimismo, las municipalidades deben priorizar los programas de inversión pública o mixta, así como la realización de labores de regulación y fiscalización, para la construcción de la infraestructura de residuos sólidos, en coordinación con las municipalidades provinciales correspondientes. Pueden firmar contratos de prestación de servicios de residuos sólidos con cualquier empresa registrada ante el Ministerio de Salud.



Figura N° 1: Recolección de residuos segregados.

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

Las municipalidades provinciales y distritales son responsables por la gestión y manejo de los residuos de origen domiciliario, comercial y similares. Corresponde a estas municipalidades lo siguiente (Art. 8):

a. Provincial:

- Planificar, promover y regular los aspectos técnicos y formales de gestión y manejo de residuos de competencia municipal.
- Asegurar la adecuada limpieza pública y promover el manejo adecuado de los residuos generados en las ciudades.
- Establecer criterios para la fijación de tasas o tarifas del servicio de limpieza pública.
- Planificar, promover y regular los aspectos técnicos y formales de gestión y manejo de residuos de competencia municipal.
- Asegurar la adecuada limpieza pública y promover el manejo adecuado de los residuos generados en las ciudades.

*Se han parafraseado las leyes.

- Establecer criterios para la fijación de tasas o tarifas del servicio de limpieza pública.
- Incluir en la zonificación provincial las áreas en las que se podrá desarrollar proyectos de infraestructura de residuos sólidos.
- Aprobar los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos del ámbito de gestión municipal.
- Otorgar licencia de funcionamiento a la infraestructura de residuos del ámbito de gestión municipal y no municipal de su jurisdicción.
- Suscribir contratos de prestación de servicios con empresas registradas en la DIGESA.
- Asegurar la erradicación de los lugares de disposición final inapropiados, así como la recuperación de áreas degradadas.
- Autorizar y fiscalizar las rutas de transporte de residuos peligrosos en coordinación con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Sancionar a los generadores y a los transportistas de residuos peligrosos que circulen en vías locales.
- Asumir, coordinando con la autoridad de salud de su jurisdicción, la prestación del servicio de residuos sólidos para complementar o suplir la acción de aquellos distritos que hayan sido

- declarados en emergencia sanitaria o que no puedan hacerse cargo de forma adecuada*.
- Promover la constitución de empresas prestadoras de servicios y comercializadoras de residuos sólidos, así como incentivar y priorizar la prestación privada de estos servicios.

b. Distrital:

- Asegurar una adecuada prestación del servicio de limpieza, recolección y transporte de residuos en su jurisdicción.
- Asegurar el cobro de tarifas por la prestación de servicios de limpieza pública, recolección, transporte y otros, de acuerdo a lo dispuesto por la municipalidad provincial, bajo responsabilidad.
- Determinar las áreas de disposición final de residuos sólidos, de acuerdo a las normas que regulan la zonificación y el uso del espacio físico y del suelo en el ámbito provincial que le corresponda.
- Sancionar al generador del ámbito de su competencia por el incumplimiento de las leyes referidas a la gestión de residuos sólidos.
- Suscribir contratos de prestación de servicios con empresas registradas en la DIGESA.



Figura N° 2: Vista general de un botadero.

*El costo de los servicios prestados deberá ser sufragado por la municipalidad distrital correspondiente.



Anexo 3

EL PIGARS y las municipalidades provinciales

Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos

El PIGARS es un instrumento de gestión que se obtiene luego de un proceso de planificación estratégica y participativa, que permite mejorar las condiciones de salud y del ambiente en determinada localidad, para lo cual se establecerá objetivos y metas a diferentes plazos, con la finalidad de establecer un sistema sostenible de gestión de residuos sólidos. El proceso de formulación del PIGARS debe ser participativo, involucrando activamente a los diversos actores e instituciones claves de la localidad.

- Prevenir enfermedades y mejorar el ornato público.
- Promover la participación de la población e instituciones. Clave en las iniciativas de mejoramiento del sistema de gestión de RS.
- Incrementar el nivel de educación ambiental en la población
- Instalar estructuras gerenciales apropiadas para la gestión ambiental de los residuos.

Beneficios que se obtiene con la formulación e implementación de un PIGARS:

- Facilitar el desarrollo de un proceso sostenido de mejoramiento de la cobertura y calidad del sistema de gestión de residuos sólidos.
- Minimizar los impactos ambientales negativos.

En el siguiente esquema se presentan los pasos lógicos que se deben seguir para la formulación del PIGARS:



Figura N° 3: Pasos para la elaboración del PIGARS.

Para mayores detalles sobre la formulación del PIGARS ver "Guía para la Elaboración de los Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos-PIGARS".



Caracterización de los residuos sólidos

Los funcionarios del servicio de aseo urbano deben conocer las características cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos, tales como: generación per cápita, densidad y composición. Esto es fundamental para el diseño de los sistemas de recolección, transporte y disposición final que, a su vez, traerá consigo el adecuado servicio de aseo urbano en el corto, mediano y largo plazo.

¿Cuál es su importancia?

Nos permite planificar las acciones para el manejo de los residuos, así como encontrar las soluciones más apropiadas a los problemas que se presentan en las operaciones básicas de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final, evitando el deterioro de la calidad ambiental y la salud de las personas.

Requerimientos para realizar el estudio

Recursos humanos

- Un coordinador, responsable del estudio y del control del personal.
- Un asistente, nexa entre el coordinador y los ayudantes operarios.
- Ayudantes, para la recolección, pesaje y separación de los residuos sólidos.
- Un conductor del vehículo recolector, para el traslado de las muestras al lugar de trabajo.

Requerimientos logísticos

- Bolsas de polietileno de alta densidad de 20 x 30 pulgadas.
- Una balanza de 20-30 kilogramos con lectura mínima de 5 gramos.
- Un cilindro vacío de 220 litros.
- Una wincha metálica de 5 metros.
- Un tamiz de malla metálica (2cm x 2cm) de un metro de ancho por un metro de largo con marco de madera.
- Un vehículo de transporte.
- Lámina de plástico grueso de 3 metros de ancho por 4 metros de largo.

- Uniforme completo (pantalón, camisa o polo, gorra, zapatillas), para todo el personal.
- Mascarillas con filtro para polvo y vapor orgánico.
- Guantes de cuero flexible y suave.
- Habilitación de un área para el pesaje y clasificación de los residuos sólidos.
- Jabones medicados.
- Stickers fosforescentes (2 x 1cm).
- Marcadores de tinta indeleble.
- Formatos de encuesta y registros de información
- Cartas de presentación.
- Cámara fotográfica.
- Planos de la ciudad.

Procedimientos

a. Tamaño de la muestra

La primera y más importante interrogante a responder en un estudio de caracterización de residuos sólidos es:

¿Cuál es el tamaño de la muestra con la que se llevará a cabo el análisis?

Definir el tamaño adecuado de la muestra es de suma importancia, porque si el tamaño de la muestra es muy grande los costos serán muy altos y si por el contrario si la muestra es muy pequeña, los resultados son de poca confiabilidad para realizar la inferencia estadística. Es necesario que el diseño muestral sea eficiente, obteniéndose resultados que reflejen un alto grado de confianza y reducido porcentaje de error.

La muestra debe ser tomada en cada una de las zonas o estratos diferenciados de la localidad, tales como:

- Zona comercial (estrato comercial), establecimiento comercial.
- Zona residencial (estrato 1), viviendas de ingresos alto.
- Zona residencial (estrato 2), viviendas de ingresos medios.
- Zona residencial (estrato 3), viviendas de ingreso bajo.
- En algunas ciudades puede encontrarse hasta 5 estratos.

La muestra debe ser seleccionada por el método de muestreo simple, aleatorio, que consiste en escoger las unidades muestrales de un total de N viviendas, de tal modo que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida. Una vez obtenido el tamaño de la muestra se debe realizar la validación para asegurar que ésta permita inferir los parámetros de la población.

Mediante la siguiente fórmula se puede obtener el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{v^2}{\left(\frac{(E)^2}{(1.96)^2} + \frac{v^2}{N} \right)}$$

Donde:

- n = Número de muestras.
- v = Desviación estándar de la variable Xi.
(Xi=Producción per cápita de la vivienda gr/hab.día).
- E = Error permisible en la estimación de ppc (gr/hab.día).
- N = Número total de viviendas del estrato definido.

Valores recomendados:

- Error permisible: 50 gr/hab.día
- Confiabilidad 95%: 1.96
- Desviación estándar: 250 gr/hab.día

Valores que han sido considerados como los más apropiados, de acuerdo a la experiencia obtenida en otros estudios.

b. Trabajo de campo

El trabajo de campo diario consiste en la entrega de una bolsa plástica (marcada con un código de identificación) a cada representante de la vivienda y entregar otras bolsas vacías a cambio y recoger la bolsa con sus residuos generados únicamente durante el día. Se debe procurar que esto se haga aproximadamente a la misma hora en la que se les entregó las bolsas el día anterior. Las bolsas son llevadas en el vehículo recolector, hacia la zona de trabajo.

La etapa de muestreo dura 08 días consecutivos; y, se descarta la muestra del 1er día, por no ser una muestra representativa.

c. Sensibilización de la población

- Entregar carta de presentación dirigida a los pobladores
- Confirmar su participación
- Registro de datos en formato respectivo
- Explicación de metodología de recolección de residuos sólidos

d. Procesamiento de datos

El análisis de la composición física de los residuos sólidos, se determina utilizando la totalidad de los residuos; colocar la basura en un lugar pavimentado o sobre un plástico grande (para este análisis utilizar la totalidad de residuos recolectados en el día). Para obtener una muestra representativa, se puede utilizar el método del cuarteo, para lo cual los residuos se mezclán y el montón se divide en cuatro partes y se escoge dos opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña.

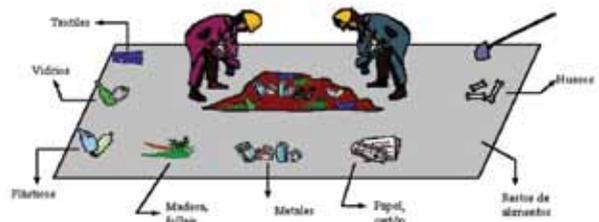


Figura N° 4: Caracterización de residuos sólidos.

e. Cálculos

i. Generación per cápita de residuos sólidos (ppc)

Con la totalidad de muestras del día en la zona de trabajo:

- Se realiza el pesaje, previa identificación del código de la muestra.
- Se registra los datos en el formato de registro respectivo.
- Se aplica la siguiente fórmula.

$$ppc = \frac{\text{Kg recolectados / día}}{\text{Número de hab.}}$$

Donde:

ppc = Producción per cápita (kg/hab.día)

ii. Densidad de los residuos sólidos

Siendo la densidad una relación del peso de los residuos sólidos con respecto a su volumen (kg/m³), es importante identificar la densidad de los residuos sueltos y los residuos compactados. Para ello es necesario realizar el siguiente procedimiento:

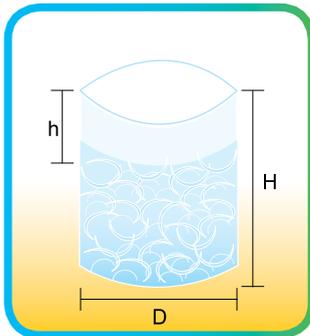
Acondicionar un recipiente cilíndrico de 200 litros de capacidad.

- Tomar al azar cualquier bolsa ya registrada y pesada y se procede a vaciar su contenido en el cilindro, así sucesivamente hasta que el cilindro se llene.
- Medir la altura libre, altura total del cilindro y diámetro. Se registra esta información para el cálculo de densidad de los residuos sueltos.
- Levantar un poco el cilindro y dejarlo caer y se procede a compactarlo lo más posible con un pisón o elemento similar.
- Medir altura libre, altura total del cilindro y diámetro. Se registra esta información para el cálculo de la densidad de los residuos compactados.
- Se repite el mismo procedimiento hasta terminar con todas las muestras.
- El cálculo de la densidad se realiza empleando la siguiente fórmula.

$$S = \frac{W}{V} = \frac{W}{N(D/2)^2(H-h)}$$

Donde:

- S = Densidad de los residuos sólidos
- W = Peso de los residuos sólidos
- V = Volumen del residuo sólido
- D = Diámetro del cilindro
- H = Altura total del cilindro
- h = Altura libre de residuos sólidos
- N = Constante (3.1416)



iii. El contenido de humedad de los residuos

Es importante conocer el contenido o grado de humedad de los residuos sólidos debido a que éste incide en el peso total de los residuos y en el grado de descomposición de éstos, afectando los procesos de su disposición final.

f. Procedimiento para determinar la humedad:

- Tomar una muestra de residuo con todos los desechos en la proporción en la que se compone la totalidad de la muestra.
- Se toma un recipiente de hojalata circular de preferencia perforado. Se pesa el recipiente con la muestra y se registra en el formato respectivo.
- Luego se coloca en una estufa durante una hora a temperatura de 105°C.
- Habiendo culminado este tiempo, se retira de la estufa y se deja enfriar durante media hora después de lo cual se pesa y registra nuevamente.

El cálculo de humedad se obtiene desarrollando la siguiente fórmula:

$$W4 = W2 - W1$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{W4 - W3}{W4} \times 100$$

Donde:

- W1 = peso del recipiente
- W2 = peso del recipiente conteniendo la muestra
- W3 = peso seco de la muestra en el recipiente
- W4 = peso de la muestra

Ejemplo de un estudio de caracterización

Se tomará como ejemplo un estudio de caracterización desarrollado en el distrito de San Miguel, Huamanga, Ayacucho, elaborado por la Organización ODS.

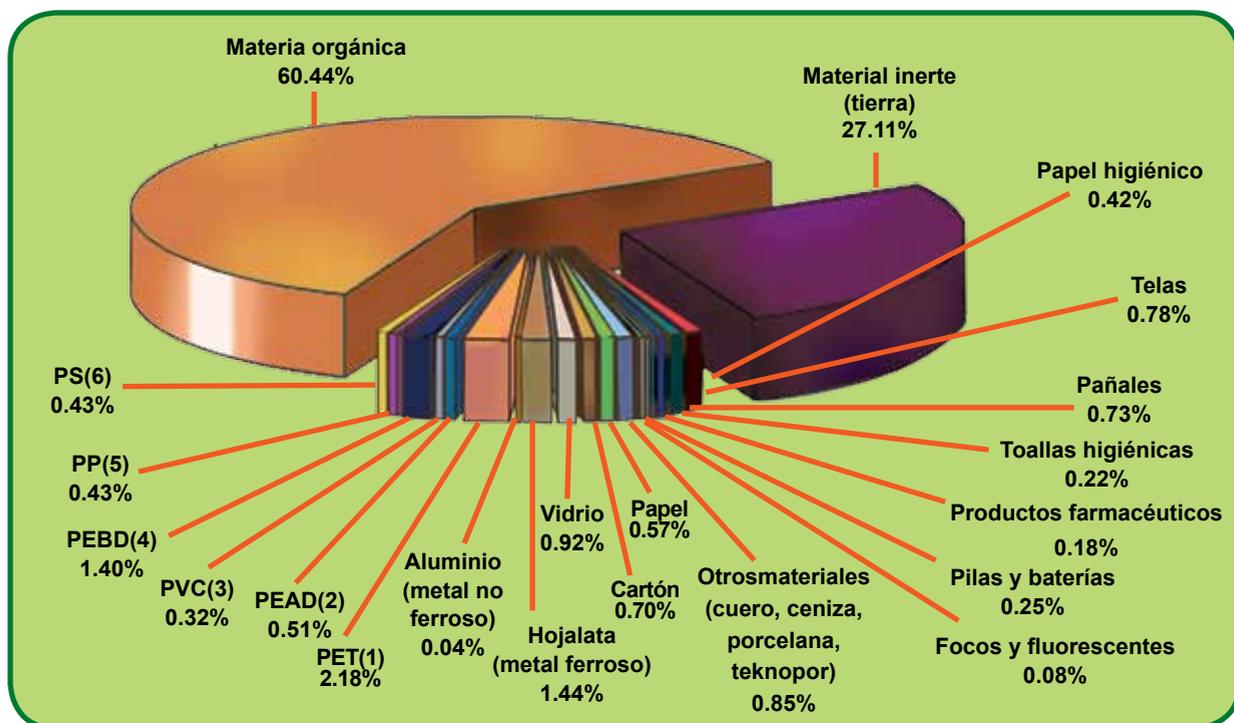
Antes de llevar a cabo el estudio se debe tener en cuenta:

- 1.- Cálculo del número de la muestra.
- 2.- Selección de las viviendas.
- 3.- Logística para llevar a cabo el estudio.
- 4.- Trazo de la ruta de recolección.
- 5.- Capacitación y preparación de los materiales que se utilizarán en el estudio.
- 6.- Registro de las viviendas y encuesta.
- 7.- Entrega y recojo de bolsas a la muestra.
- 8.- Transporte de la muestra.
- 9.- Pesaje de la muestra.
- 10.- Densidad de la muestra.
- 11.- Composición de la muestra.

Se obtuvieron 81 viviendas de muestra y se adicionaron 19, completando 100, con la finalidad de prever muestras no sólidas.

Cabe señalar que la recolección de los residuos en las viviendas muestreadas se realizó por 8 días consecutivos. Los resultados arrojaron una generación per cápita (GPC) de 0.45 kg/hab y una densidad de 202.24 kg/m³. La composición de los residuos se muestra en la figura 5.

Figura N° 5: Composición física de los residuos sólidos domiciliarios (% peso) Ciudad de San Miguel.



Nota:

- PS Poliestireno
- PP Polipropileno
- PEBD Polietileno de baja densidad
- PVC Policloruro de vinilo
- PEAD Polietileno de alta densidad
- PET Tereftalato de polietileno



ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Permiten iniciar e implementar un sistema de manejo de residuos sólidos.	Se requiere de un espacio amplio para seleccionar los residuos.
Pueden ser base para el conocimiento del potencial económico que representan los residuos diferenciados.	Existe cierto rechazo de la población para ceder un área en la zona urbana destinada a esta labor.
Permiten realizar proyecciones en los volúmenes de generación de residuos sólidos, lo que sería de utilidad para diseñar la construcción de rellenos sanitarios y la adquisición de equipos adecuados para la recolección y transporte.	Si la muestra no es representativa se desvirtúa la información.
Recomendaciones	
Como la mayoría de residuos municipales son orgánicos, se recomienda utilizar este potencial para la elaboración de enriquecedores del suelo, como el compost y el humus, entre otros.	
Se deberían iniciar proyectos pilotos de recolección selectiva, si es que los porcentajes de residuos inorgánicos son interesantes y existe un mercado para comercializarlos.	
Antes de la realización del estudio de caracterización, se debe contar con todos los implementos y equipos necesarios, así como con el local donde serán vertidos los residuos para su estudio.	



Figura N° 6: Selección de residuos sólidos.



Figura N° 7: Pesaje de residuos segregados.



Dimensionamiento del sistema de recolección

Para el dimensionamiento del sistema de recolección y transporte de residuos, la primera actividad a realizar es determinar el tipo de recolección, frecuencia y, si se realizará la recolección selectiva y en función a ello definir el tipo de vehículo recolector.

¿Qué criterios se debe tener en cuenta para ello?

- Identificar la categoría o tipo de vías en la localidad.
- Sectorizar las diferentes fuentes de generación (domiciliarias, mercados, comercio, instituciones, colegios, restaurantes).
- Seleccionar las unidades móviles de recolección, considerando la cantidad, la densidad y la composición de los residuos sólidos.
- Determinar el personal necesario, con la finalidad de hacer más eficiente la recolección.
- Considerar las características físicas del terreno, para evitar problemas de accesibilidad.
- Considerar opciones de equipos móviles no convencionales para zonas rurales y de difícil acceso.
- Planificar las rutas, frecuencias y horarios a considerar para la recolección y transporte (esta actividad es permanente para optimizar el servicio y el consumo de combustible).

¿Que métodos de recolección se puede usar?

- Recolección domiciliaria, casa por casa.
- Recolección mecanizada en contenedores.
- Recolección especial de los grandes generadores de residuos (supermercados, etc).
- Recolección selectiva: con apoyo de segregadores.



Figura N° 9: Transporte convencional de residuos sólidos.

Para mayores detalles sobre el dimensionamiento y costos del sistema de recolección revisar la "Guía de Identificación, formulación y evaluación social de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil"



Figura N° 8: Recolección de residuos.

Tipo de vehículos

i) Convencional:

- Mediante compactadoras de 3 a 25 m³.
- Sistema de carga: posterior o lateral
- Compactación max. 5:1
- Personal mínimo: 2 ayudantes
- Radio de operación: 10 Km.

ii) Semi convencional:

- Volquetes, barandas, camiones plataforma y otros 6 a 20 m³.
- Sistema de carga: posterior, superior o lateral.
- Personal: 3 a más ayudantes.
- Radio de operación: 5 Km.
- Vehículos improvisados en su mayoría.

iii) No convencional:

- Equipamiento: triciclos, carretillas ó coches.
- Sistema de carga: posterior, superior o lateral.
- Personal: 2 por equipo.
- Radio de operación: 2 Km.



Figura N° 10: Transporte no convencional de residuos sólidos.





Anexo 6

Demarcación territorial

Es el proceso técnico-geográfico mediante el cual se organiza el territorio a partir de la definición y delimitación de las circunscripciones político-administrativas a nivel nacional. Es aprobada por el Congreso de la República a propuesta del Poder Ejecutivo.

Finalidad de las acciones técnicas de demarcación

- Lograr una división racional y organizada del territorio nacional a partir de circunscripciones que garanticen el ejercicio y la administración del gobierno, en el nivel correspondiente (departamental, provincial, distrital).
- Definir circunscripciones territoriales que cuenten con poblaciones caracterizadas por su identidad histórica y cultural, su capacidad para demandar y mantener servicios básicos y sociales, así como contar con un ámbito geográfico, soporte de sus relaciones sociales, económicas y administrativas.
- Contribuir al desarrollo local, regional y nacional.

La provincia seleccionada para iniciar el proceso de demarcación territorial y saneamiento de límites, sigue el siguiente proceso. Para mayores detalles al respecto ver la respectiva Ley así como su Reglamento aprobado por DS 019-2003-PCM:

- Estar incorporada en el Plan Nacional de Demarcación Territorial que es aprobado por RM de la Presidencia del Consejo de Ministros.
- Contar con su estudio de diagnóstico y zonificación (EDZ) elaborado por el Gobierno Regional respectivo a través del Área de Demarcación Territorial y aprobado por la Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial (DNTDT).
- Aprobado el EDZ de la provincia se inicia el procedimiento y organización y saneamiento de la provincia a cargo del GR con la apertura del expediente técnico.
- Remisión a la DNTDT el expediente técnico único para su saneamiento y organización territorial.
- Evaluación y opinión técnica del expediente por parte de la DNTDT. De encontrarse procedente, se eleva al Consejo de Ministros, acompañándolo del informe respectivo y su proyecto de Ley, para su respectiva aprobación.
- Aprobado el proyecto de Ley, el Poder Ejecutivo, presentará la iniciativa legislativa ante el Congreso de la República, acompañando copia fedateada del expediente técnico único, así como del Acuerdo del Consejo de Ministros correspondiente.



Figura N° 11: Proceso de demarcación y organización territorial.



Anexo 7

Instrumentos de planificación y gestión territorial a nivel local

Zonificación Ecológica Económica	
Contenido	<p>Las zonas que poseen mayor vocación natural para implementar políticas, planes y proyectos de desarrollo agropecuario.</p> <p>Las zonas más propicias para implementar políticas, planes y proyectos de desarrollo forestal.</p> <p>Las zonas que poseen mayor potencialidad de recursos para implementar políticas, planes y proyectos de desarrollo acuícola.</p> <p>Los sitios que poseen atractivos en términos de paisaje, biodiversidad, riqueza cultural y/o rasgos geográficos que permite la definición de corredores turísticos.</p> <p>Las zonas que, por sus características, requieren de un tratamiento especial (por ejemplo: infraestructura de residuos sólidos y de tratamiento de aguas residuales).</p> <p>Las zonas que ameritan definir políticas de protección.</p> <p>Las zonas que requieren de una política de reforestación orientada a la recuperación de áreas con conflicto de uso.</p> <p>Las zonas vulnerables que ameritan trabajar proyectos de prevención, reducción y mitigación de desastres.</p>
Responsable	<p>Niveles de Gobierno: Regionales y Locales.</p> <p>En escalas: Macro, Meso, Micro.</p>
Base legal	<p>Decreto Ley 22660, Tratado de Cooperación Amazónica.</p> <p>Ley 26821, Ley de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.</p> <p>Ley 26839, Ley Orgánica sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.</p> <p>D.S.087-2004-PCM, Reglamento de la ZEE.</p> <p>D.S. 020-2008-AG, Reglamento del D.L. 994 sobre proyectos de irrigación para ampliación de la frontera agrícola.</p>
Texto jurídico	<p>Aprobación: Ordenanza Municipal (provincial y distrital).</p> <p>Reglamentación: Decreto.</p>
Procedimiento	<p>Etapa inicial: creación de una Comisión Técnica Local de ZEE y OT.</p> <p>Etapa de formulación: Nivel Local conducido por el GP o GD en concordancia con GR.</p> <p>Etapa de aprobación: Aprobada por OM con opinión favorable del GR.</p> <p>Etapa de aplicación: Instrumento obligatorio de planificación y gestión del territorio.</p> <p>Etapa de monitoreo, evaluación y actualización: Instituciones y ciudadanía.</p>



Ordenamiento Territorial

Contenido	<p>La naturaleza y características biofísicas, socioeconómicas y culturales, la aptitud de cada zona en función de sus recursos naturales, la distribución de la población y las actividades económicas predominantes / Oferta Territorial. Los desequilibrios existentes, el equilibrio indispensable de los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales.</p> <p>El impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos, obras o actividades.</p> <p>Capacidad asimilativa del área, los hábitos y costumbres de la población.</p>
Responsable	<p>Consejo Regional/ Gerencia competente / Niveles: Regional y Local.</p> <p>Formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes en materia ambiental y de ordenamiento territorial, en concordancia con los planes de los gobiernos locales.</p>
Base legal	<p>Ley 27783, Ley de Bases para la Descentralización.</p> <p>Ley 28611, Ley General del Ambiente.</p> <p>Ley 27687, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.</p> <p>Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.</p> <p>D.S. 045-2001-PCM.</p> <p>Decreto Legislativo 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente-MINAM.</p> <p>D.S. 068-2001-PCM, Reglamento de la Ley 26839.</p>
Texto jurídico	Ordenanza Municipal (provincial y distrital).
Procedimiento	No establece la ley.

ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL

Contenido	<p>Políticas de uso del suelo y recursos naturales.</p> <p>Roles y funciones de los asentamientos poblacionales del sistema urbano.</p> <p>La organización físico espacial por actividades.</p> <p>La zonificación económica social y político administrativa.</p> <p>La localización de la infraestructura de transporte, comunicaciones, energía y saneamiento (infraestructura de residuos sólidos y de tratamiento de aguas residuales). La ubicación de los equipamientos urbanos.</p>
Responsable	<p>Consejo Municipal / Nivel Provincial</p> <p>Aprobar y normar la zonificación, urbanismo, acondicionamiento territorial y asentamientos humanos.</p> <p>Municipalidad provincial o terceros mediante convenio o contrato.</p>
Base legal	<p>Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.</p> <p>D.S. 027-2003-VIVIENDA, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.</p>
Procedimiento	<p>Norma a nivel local / Con reglamento.</p> <p>Aprobación en 45 días calendario.</p> <p>Exhibición y consulta del proyecto del plan a esferas nacionales.</p> <p>Audiencias públicas / Temporalidad de 10 años.</p>



DESARROLLO URBANO

Contenido	<p>Zonificación del uso del suelo urbano y su normativa. El plan vial y de transporte y su normativa. Las áreas de expansión urbana a fin de planificar los requerimientos de vivienda. Requerimientos de saneamiento ambiental (infraestructura de residuos sólidos y de tratamiento de aguas residuales) y de infraestructura de servicios básicos. La preservación de las zonas con valor monumental. La programación de las acciones para la protección de la conservación ambiental y de mitigación de desastres. El nivel de los servicios de equipamientos comunales. El sistema de inversiones urbanas. La delimitación de las áreas que requieran planes específicos.</p>
Responsable	<p>Consejo Municipal / Nivel Provincial. Elaborar y aprobar, tomando las iniciativas de los MD. Municipalidad Provincial o terceros mediante convenio o contrato.</p>
Base legal	<p>Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades. D.S. 027-2003-VIVIENDA, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.</p>
Texto jurídico	<p>Ordenanza municipal (provincial y distrital). Estableciendo el plan de desarrollo integral de la provincia. (Integral porque incluirá el plan de desarrollo rural que no especifica la normativa correspondiente). Aprobación de un reajuste integral de la zonificación de uso de suelo de un determinado sector o distrito</p>
Procedimiento	<p>Para su aprobación: Plazo de 45 días calendario. Exhibición por 30 días. Remisión a las municipalidades distritales para observaciones y sugerencias con un plazo de 30 días. Audiencia pública dentro de un plazo de 30 días. Observaciones, sugerencias y recomendaciones: presentarse en un plazo de 30 días. Equipo encargado, en un plazo de 15 días, levantará a las observaciones y sugerencias con pronunciamiento fundamentado. Aprobación mediante ordenanza / temporalidad de 5 años.</p>



DESARROLLO RURAL

Contenido	<p>El señalamiento de las condiciones de protección, conservación y mejoramiento de las zonas de producción agropecuaria, forestal o minera, así como las áreas para la recreación y el descanso y definir los usos específicos, intensidades y usos incompatibles.</p> <p>La consideración de áreas protegidas para la conservación, preservación y/o recuperación de recursos naturales y paisajísticos, así como áreas para la conservación, preservación y/o recuperación del patrimonio cultural (histórico, arqueológico, folclórico, etc.).</p> <p>La determinación de los sistemas de aprovisionamiento de los servicios de agua potable y saneamiento básico (residuos sólidos y aguas residuales) de las zonas rurales a corto, mediano plazo y la localización prevista para los equipamientos de salud y educación.</p> <p>El señalamiento de áreas de reserva campesina.</p> <p>La consideración en el plan de áreas de reserva de entidades de derecho público, de desarrollo empresarial, resguardos indígenas, áreas de reserva minera campesina, tierras de comunidades campesinas, reservas de tierras para reubicación de asentamientos humanos, reservas naturales de la sociedad civil.</p> <p>La identificación de los centros poblados rurales y la adopción de las previsiones para orientar la ocupación de sus suelos y la adecuada dotación de infraestructura de servicios básicos y del equipamiento social.</p>
Responsable	Nivel provincial / Elabora y aprueba.
Base legal	Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades. D.S. 027-2003-VIVIENDA, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.
Texto jurídico	Ordenanza municipal (provincial y distrital): Estableciendo el plan de desarrollo integral de la provincia. Ordenanzas específicas en materia de protección y conservación de áreas naturales, sistemas agropecuario, forestal, etc.
Procedimiento	No está regulado.

PLANES ESPECÍFICOS

Contenido	<p>La delimitación y características del área.</p> <p>El tipo de intervención urbana a desarrollar: habilitación, renovación o reurbanización.</p> <p>Los objetivos del plan respecto a: a) La optimización del uso del suelo y de la propiedad predial; b) La dotación, ampliación o mejoramiento de los espacios y servicios públicos y la calidad del entorno; c) Los programas o proyectos urbanísticos a ejecutar; d) Las propuestas de zonificación y vías; e) Las etapas de desarrollo del plan: programas de ejecución y de financiamiento; f) El trazado general y características del espacio público y de las vías; y g) La localización de equipamientos urbanos.</p>
Responsable	<p>Concejo Municipal /Nivel provincial.</p> <p>Aprueba y elabora.</p> <p>Municipalidad provincial o terceros mediante convenio o contrato.</p>
Base legal	Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades. D.S. 027-2003-VIVIENDA, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.



Texto jurídico	<p>Ordenanza Municipal, complementaria al Plan de Desarrollo Integral.</p> <p>Ordenanzas específicas en materia de plan de gestión de residuos sólidos, de desprecuarización y capitalización de la propiedad urbana, políticas de vivienda conforme al Plan Nacional de Vivienda 2006 - 2015, campañas de regularización y formalización de terrenos, Reglamento de habitabilidad de la vivienda, etc.</p> <p>Reglamentación especial: renovación urbana, densificación u obras viales, monumentos históricos, áreas sujetas a programas de conservación ambiental (ACAM) o de reforestación, desarrollo de laderas, riberas incluidas o no en programas del Estado.</p>
Procedimiento	<p>Para su aprobación:</p> <p>Plazo de 45 días calendario / Exhibición por 30 días.</p> <p>Remisión a las MD para observaciones y sugerencias con un plazo de 30 días.</p> <p>Audiencia pública dentro de un plazo de 30 días.</p> <p>Observaciones, sugerencias y recomendaciones: presentarse en un plazo de 30 días.</p> <p>Equipo encargado en un plazo de 15 días levantará las observaciones y sugerencias con pronunciamiento fundamentado.</p> <p>Aprobación mediante ordenanza.</p>

ESQUEMA DE ZONIFICACIÓN DE ZONAS URBANAS

Contenido	Residenciales / Vivienda - Taller / Industriales / Comerciales / Pre urbana / Recreación / Usos especiales / Servicios públicos complementarios / Zona de reglamentación especial / Zona monumental
Responsable	Nivel provincial: Elabora y aprueba Consejo provincial: Resuelve cambio de zonificación.
Base legal	Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades. D.S. 027-2003-VIVIENDA, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.
Texto jurídico	Ordenanza provincial. Modificación de plano de zonificación de los usos del suelo.
Procedimiento	<p>Cambio de zonificación: La municipalidad provincial remite el expediente de CZ a la distrital donde se encuentre el inmueble.</p> <p>La municipalidad distrital-MD tiene un plazo de 30 días calendario para emitir opinión técnica.</p> <p>La MD dentro del plazo hará de conocimiento a los propietarios involucrados, quienes podrán opinar aprobando u observando de manera escrita con fundamento técnico.</p> <p>Vencido el plazo o con la opinión emitida por la MD, la MP evaluará la solicitud y emitirá pronunciamiento técnico.</p> <p>Consejo provincial resuelve mediante ordenanza.</p>



URBANO DISTRITAL

Contenido	<p>La compatibilidad del índice de usos para ubicación de actividades urbanas en las zonas residenciales comerciales.</p> <p>Localización del comercio C1 (zona de comercio intensivo metropolitano y regional).</p> <p>Los retiros de las edificaciones.</p> <p>Los estacionamientos en las zonas residencial y comerciales.</p> <p>Las disposiciones relativas al ornato y mobiliario urbano.</p> <p>La identificación de las áreas públicas aptas para la inversión urbana.</p>
Responsable	<p>Nivel Distrital.</p> <p>Consejo Distrital / Formular y Aprobar.</p> <p>Municipalidad distrital o terceros mediante convenio o contrato.</p>
Base legal	<p>Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.</p> <p>D.S. 027-2003-VIVIENDA, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.</p>
Texto jurídico	<p>Ordenanza municipal.</p>
Procedimiento	<p>Para la aprobación en 45 días calendario / Exhibición por 30 días.</p> <p>Audiencia Pública dentro de los 30 días.</p> <p>Observaciones, sugerencias y recomendaciones presentarse en un plazo de 30 días.</p> <p>Equipo encargado en un plazo de 15 días levantará las observaciones y sugerencias con pronunciamiento fundamentado.</p> <p>Aprobación mediante ordenanza.</p> <p>Temporalidad de 5 años.</p>

RURAL DISTRITAL

Contenido	<p>Tendrá correspondencia a los planes provinciales.</p>
Responsable	<p>Distrital.</p> <p>Consejo Distrital / Formular y aprobar.</p> <p>Municipalidad distrital o terceros mediante convenio o contrato.</p>
Base legal	<p>Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.</p> <p>D.S. 027-2003-VIVIENDA, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.</p>
Texto jurídico	<p>Ordenanza municipal.</p>
Procedimiento	<p>Por analogía.</p>



1. **Absorción:** fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.
2. **Actores del proceso:** son los personajes o entidades que participan en un proceso de desarrollo. Existen diferentes tipos de actores sociales, tales como:
3. **Actores Estratégicos:** encargados de ejecutar acciones tales como determinar líneas estratégicas, identificar y ejecutar proyectos específicos.
4. **Actores Individuales:** pertenecen a este grupo las autoridades y personajes que ejercen influencia (Alcaldes, gobernadores, prefectos, profesores, etc).
5. **Actores Corporativos:** son las instituciones que representan intereses de grupo y sectoriales (ONG, los ministerios, instituciones, etc).
6. **Actores Colectivos:** corresponden a los movimientos sociales territoriales como son los presidentes de las comunidades nativas, campesinas, junta de usuarios, comités de desarrollo local, etc. (Boisier 1997. El vuelo de la cometa: Una Metáfora para una teoría del Desarrollo Territorial).
7. **Acondicionamiento:** todo método que permita dar cierta condición o calidad a los residuos para un manejo seguro según su destino final.
8. **Aerobio:** organismo que sólo puede vivir en un medio con oxígeno. Proceso que tiene lugar en presencia de oxígeno.
9. **Afluente:** agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.
10. **Agrobiodiversidad:** es la variabilidad de cultivos, animales de cría, organismos asociados con ellos dentro de los complejos ecológicos de los que forman parte, esto incluye la diversidad entre especies y entre ecosistemas. Concordancia con el Decreto Supremo N° 068-2001-PCM que aprueba el Reglamento de la Ley N° 26839 Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.
11. **Aguas grises:** aguas generadas por los procesos de un hogar, tales como el lavado de utensilios y de ropa, así como el agua proveniente del baño, del lavadero y la ducha.
12. **Aguas negras:** son las aguas que están contaminadas con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
13. **Agua servida o residual:** desecho líquido proveniente de las descargas por el uso de agua en actividades domésticas o de otra índole.
14. **Aguas residuales tratadas:** son las aguas residuales procesadas en sistemas de tratamiento, para satisfacer los requisitos de calidad señalados por la autoridad sanitaria, en relación con la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas o a sus posibilidades de uso.
15. **Almacenamiento:** operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas, como parte del sistema de manejo, hasta su disposición final.
16. **Anaerobio:** condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.
17. **Análisis del riesgo:** metodología para identificar y evaluar el tipo y nivel de daños y/o pérdidas probables que podría tener o podría producir una inversión, a partir de la identificación y evaluación de la vulnerabilidad de ésta con respecto a los peligros a los que está expuesta.

- 
18. **Área acuática:** es la franja ribereña de 50 metros contados a partir de la línea de más alta marea, correspondiéndole a la Autoridad Marítima Nacional (DICAPI) otorgar derechos de uso de terrenos situados en dicha franja y mar adyacente para la construcción e instalación de malecones u otras obras de uso público, turístico o recreativo, así como las dedicadas exclusivamente a actividades relacionadas con el uso del mar, tales como astilleros, varaderos, marinas, muelles o dedicadas a la explotación de recursos, con fines de acuicultura, instalación de tuberías submarinas, cables, artefactos navales y similares, instalación de boyas de amarre y señalización de primera y segunda categoría. Los derechos de uso no deberán obstaculizar el acceso, uso y libre tránsito por las playas públicas. Asimismo, la APN por mandato de la Ley del Sistema Portuario Nacional, es competente para afectar un conjunto de espacios terrestres, área acuática, franjas y terrenos ribereños e infraestructura portuaria, para el desarrollo de actividades y prestación de servicios portuarios.
 19. **Área de desarrollo portuario:** son espacios terrestres, marítimos, lacustres y fluviales calificados por la Autoridad Portuaria Nacional aptos para ser usados en la construcción o ampliación de puertos o terminales portuarios, o que, por razones de orden logístico, comercial, urbanístico, o de otra naturaleza se destinan como tales en el Plan Nacional de Desarrollo Portuario. Éstas incluyen las áreas de reserva general para el desarrollo portuario especificadas en la planificación del sistema portuario, en armonía con la planificación del Territorio, o por los proyectos y contratos que se establecieron para proyectos portuarios y de transportes conexos con los puertos. El área de desarrollo portuario comprende la franja costera de 50 metros hacia tierra, medida de la forma siguiente: a) En la costa marítima y de influencia marítima, desde la línea de la más alta marea. b) En las riveras fluviales y lacustres desde la línea de más alta crecida ordinaria (Ley N° 27943, Ley del Sistema Portuario Nacional. Disposiciones Transitorias y Finales: Vigésimo sexta.- Glosario de Términos).
 20. **Áreas de manejo especial de conservación de la agrobiodiversidad:** son microgenocentros en base a los siguientes criterios:
 - a) Áreas que son centros de origen globales de las especies objetivo.
 - b) Áreas en las que existe un gran número de variedades nativas de una o más de cada una de las 11 especies objetivo.
 - c) Áreas de endemismo para algunas especies objetivo. (Por ejemplo, la maca es endémica al área circundante al Lago Junín, la cañihua al altiplano, el camu-camu al área de Jenaro Herrera).
 - d) Áreas que contienen una importante presencia de parientes silvestres de los cultivos nativos objetivo.
 - e) Áreas reconocidas como lugares de domesticación de los cultivos nativos objetivo.
 - f) Áreas que contienen sistemas agrícolas tradicionales y que son lugares tradicionales de conservación en chacra de las especies objetivo (zonas con gran abundancia de conocimiento y conservación tradicional, relativos a la conservación de la agrobiodiversidad).
 - g) Áreas que contienen una diversidad de zonas agroecológicas.
 - h) Áreas que contienen procesos dinámicos del intercambio tradicional de semillas ("rutas de la semilla").
 - i) Áreas con diversidad fisiográfica, de suelos, de micro climas y biológica.
 21. **Áreas relictos:** esta definición se aplica en el sentido de reliquia, a las plantas que fueron dominantes en otra época, pero que ahora son escasas. Por extensión, lo que queda o perdura de la vegetación primitiva de un país. (Perú Ecológico).
 22. **Áreas naturales protegidas:** son espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país, según el Artículo 1° de la Ley N° 26834 Ley de Áreas Naturales Protegidas-ANP.
 23. **Áreas rurales:** espacios donde predominan las actividades productivas del sector primario, conteniendo además espacios naturales, trazas de sistemas de transporte, instalaciones industriales, generación y transmisión de energía eléctrica, población y servicios, todos ellos dispersos. Estos espacios rurales, componentes de la estructura territorial, guardan relaciones interactivas con las áreas urbanas a las que rodea, con una transición gradual mediante espacios intercalados de una y otra, hasta la prevalencia de una de ellas.



- 
24. **Áreas urbanas:** espacios que contienen a la población nucleada, en los que prevalece como uso del suelo el soporte de construcciones de habitación, industrias, comercios, actividades culturales, infraestructuras y servicios, incluyendo, entre otros, espacios destinados a la circulación y al esparcimiento. Constituye el espacio territorial de mayor desarrollo de actividades secundarias, terciarias y de intercambio social y cultural. Estos espacios urbanos, correspondientes a la estructura territorial, guardan relaciones interactivas con las áreas rurales circundantes, con una transición gradual mediante espacios intercalados de una y otra hasta la prevalencia de una de ellas.
 25. **Asentamientos humanos:** se les denomina centros urbanos informales (asentamientos humanos) al conjunto de manzanas determinadas y vías trazadas, que no constituyen una habilitación urbana, que cuentan con construcciones parcialmente consolidadas y cuyos lotes de vivienda han sido individual y directamente adquiridos por cada uno de los integrantes del Centro Urbano Informal. (Cofopri).
 26. **Bioecológico:** se refiere a las características biológicas y/o ecológicas del territorio, que destacan otorgando un valor alto para fines de su conservación.
 27. **Botadero:** acumulación inapropiada de residuos sólidos que generan riesgos sanitarios o ambientales, en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías. Carecen de autorización sanitaria.
 28. **Cadenas productivas:** son un "conjunto de agentes económicos interrelacionados por el mercado desde la provisión de insumos, producción, transformación y comercialización hasta el consumidor final" (MINAG).
 29. **Centro poblado del ámbito rural:** es aquel que no sobrepasa de dos mil (2,000) habitantes.
 30. **Circuitos económicos:** es la representación de los hechos económicos como resultado de encadenamientos de operaciones interdependientes y no separadas.
 31. **Coliformes:** bacterias Gram-negativas no esporuladas de forma alargada, capaces de fermentar lactosa con producción de gas 35 +/- 0.5°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 +/- 0.2°C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominadas coliformes termotolerantes).
 32. **Conocimientos tradicionales:** son conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañan estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica. (Art. 8° (j) del Convenio de Diversidad Biológica). En sentido general; además podríamos decir, que "conocimientos tradicionales" son aquellos que poseen los pueblos indígenas, afroamericanos y comunidades locales sobre las relaciones y prácticas con su entorno y son transmitidos de generación en generación, habitualmente de manera oral. "Apuntes sobre Agrobiodiversidad. Conservación, Biotecnología y Conocimientos Tradicionales" Primera Edición, 2005, página 77.
 33. **Conservación:** "es la utilización humana de la biosfera para que rinda el máximo beneficio sostenible, a la vez que mantiene el potencial necesario para las aspiraciones de futuras generaciones" (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN).
 34. **Contenedor:** caja o recipiente fijo o móvil, en el que los residuos se depositan para su almacenamiento o transporte.
 35. **Corredores biológicos:** Son zonas de amortiguamiento que permiten una transición menos abrupta entre ambientes naturales y artificiales; ampliando la efectividad del área protegida por la reducción del efecto de borde, el aislamiento y la fragmentación de hábitat. (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - IUCN, 2004).
 36. **Corredores económicos:** son redes que generan relaciones económicas y flujo de bienes y servicios que son trasladados a través de las principales carreteras dentro de los espacios con potencial económico (OIT, 2005)



37. **Corredor turístico:** es el eje de comunicación entre dos o más centros turísticos, que presenta un esquema longitudinal o un alineamiento de instalaciones turísticas (Novo, G. 1977. página 79).
38. **Cuenca marina:** es el ambiente marino compuesto estrictamente por el recipiente de las aguas marinas. Estas zonas son la plataforma continental, donde se localizan la mayoría de las zonas pesqueras y que tiene poca profundidad, el talud continental, la llanura abisal y la fosa oceánica. IMARPE.
39. **Cuenca hidrográfica:** es un área o espacio geográfico delineado por la cima de los cerros y la divisoria de aguas, por el cual escurre el agua proveniente, principalmente de las precipitaciones a un río, lago o mar, constituyéndose en un sistema en el que interactúan factores naturales socioeconómicos y culturales. Reglamento de la Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica (Decreto Supremo N.º 068-2001-PCM).
40. **Defensa Civil:** es el conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a las personas y bienes, que pudieran causar o causen desastres o calamidades.
41. **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).
42. **Demanda química de oxígeno (DQO):** medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.
43. **Demarcación territorial:** es un proceso técnico geográfico mediante el cual se organiza el territorio a partir de la definición y delimitación de las circunscripciones político administrativas a nivel nacional.
44. **Desarrollo territorial:** es el proceso de acrecentar o dar impulso a las capacidades de un territorio y transformar su estructura en forma positiva. Protección de los recursos naturales y humanos de un territorio determinado, para hacerlos disponibles a la economía y al uso social, a través de la gestión administrativa, la inversión económica, los mecanismos regulatorios o los incentivos (Ministerio Público y Fomento-Argentina 2003).
45. **Desarrollo sostenible:** es el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección ambiental, de modo de no sobrepasar su capacidad de recuperación ni de absorción de desechos. CONAM. "Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental", página 24, Lima, mayo 1999.
46. **Desastre:** es una interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad, causando grandes pérdidas a nivel humano, material ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico).
47. **Diagnóstico y zonificación:** son estudios territoriales de evaluación y análisis de las interacciones físicas, culturales y económicas, que transforman, estructuran y organizan las circunscripciones geográficas.
48. **Disposición final:** procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo, en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.
49. **Ecosistema:** es un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.
50. **Eficacia:** es la consecución de objetivos; logro de los efectos deseados.
51. **Eficiencia:** es el logro de los fines con la menor cantidad de recursos, logro de objetivos al menor costo.



- 
52. **Ejes de desarrollo:** son aquellos que representan modelos de ejecución de proyectos de trascendencia regional, regional, fronteriza, posibilitando su réplica, consolidación y desarrollo (Fondo de las Américas 2006).
 53. **Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS):** persona jurídica que desarrolla actividades de comercialización de residuos para su reaprovechamiento.
 54. **Empresa Prestadora de Residuos Sólidos (EPS- RS):** persona jurídica que desarrolla una o varias de las siguientes actividades: limpieza de vías y espacios públicos, recolección y transporte, transferencia, tratamiento o disposición final de residuos sólidos.
 55. **Empresa Prestadora de Servicio (EPS) de mayor tamaño:** cuando el número de conexiones supera las 10,000, constituyéndose como sociedades anónimas, de acuerdo a lo dispuesto por el Artículo 18 de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento.
 56. **Empresa Prestadora de Servicio (EPS) de menor tamaño:** cuando el número de conexiones es menor de 10,000 y mayor de 1,000 conexiones, constituyéndose como sociedades comerciales de responsabilidad limitada.
 57. **Enfoque ecosistémico:** es una estrategia para la gestión integrada de tierras, agua y recursos vivos que promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo. Se basa en la aplicación de metodologías científicas apropiadas que se concentran en niveles de organización biológica que abarcan los procesos, funciones e interacciones entre organismos esenciales y su medio ambiente. Se reconoce que el hombre, así como su diversidad cultural es un componente integrante del ecosistema.
 58. **Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento-EPS:** entidades públicas, privadas o mixtas, que brindan servicios de saneamiento.
 59. **Entidad Prestadora Mixta:** EPS cuya participación accionaria está suscrita en un sesenta y seis por ciento (66%) o más, por personas naturales o jurídicas privadas.
 60. **Entidad Prestadora Municipal:** EPS pública de derecho privado, que presta servicios en el ámbito de una o más provincias y cuyo capital está suscrito en su totalidad por las municipalidades de los distritos que integran esa o esas provincias.
 61. **Entidad Prestadora Privada:** EPS cuyo capital está suscrito íntegramente por personas naturales o jurídicas privadas o que presta el servicio como resultado de un proceso de promoción de la inversión privada.
 62. **Entidad Prestadora Pública:** EPS que se encuentra en el ámbito de la actividad empresarial del Estado.
 63. **Espacio:** escenario donde la población desarrolla sus actividades. Éste puede ser concreto, en el caso de que los elementos naturales y artificiales que conforman ese escenario tengan una especificidad geográfica, o abstracto, si se refiere a sus generalidades y caracteres repetitivos. Es un área teórica conformada por nudos (localidades) y líneas de relaciones.
 64. **Generación de residuos:** acción no intencional de generar residuos.
 65. **Generador:** persona natural o jurídica que en razón de sus actividades genera residuos sólidos, sea como productor, importador, distribuidor, comerciante o usuario. También se considerará como generador al poseedor de residuos sólidos peligrosos, cuando no se pueda identificar al generador real y a los gobiernos municipales a partir de las actividades de recolección.
 66. **Geodinámica:** se refiere a las fuerzas y procesos naturales que producen alteraciones en la corteza terrestre.
 67. **Geología:** estudio de la corteza de la tierra, los materiales que la componen, los mecanismos de formación, los cambios y alteraciones que ha experimentado desde su origen, la textura y estructura que tiene su superficie en el estado actual.



68. **Geomorfología:** estudio de la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y marino, como resultado de la interacción de los agentes atmosféricos sobre la superficie terrestre.
69. **Gestión:** es el conjunto de actividades y tareas que han de realizarse en el tiempo y espacio para alcanzar los objetivos y metas propuestos. Instrumento técnico y orientador del uso sostenible del territorio y de sus recursos naturales. También sirve de instrumento para los planes de desarrollo.
70. **Gestión ambiental:** es el conjunto de decisiones y actividades orientadas a los fines del desarrollo sostenible.
71. **Gestión de riesgo:** es el conjunto de conocimientos, medidas, acciones y procedimientos que, juntamente con los usos racionales de recursos humanos y materiales se orientan a la prevención, reducción y respuesta correctivas frente a condiciones de vulnerabilidad y peligro.
72. **Gestión territorial:** es el desarrollo de las capacidades efectivas que impulsen procesos articulados de desarrollo en territorios y comunidades, haciendo un uso efectivo del conjunto de instrumentos y recursos públicos, concertados en el sector privado, todo lo cual contribuye a gestar mayor legitimidad política y adhesión ciudadana (Novoa, Z. 2005).
73. **Hidrología:** estudio de la distribución espacial y temporal, y de las propiedades del agua en la atmósfera y en la corteza terrestre. Incluye la precipitación, la escorrentía, la humedad del suelo y la evapotranspiración.
74. **Incineración:** método de tratamiento de residuos que consiste en la oxidación química para la combustión completa de los residuos en instalaciones apropiadas, a fin de reducir y controlar riesgos a la salud y, ambiente.
75. **Indicadores de calidad ambiental:** es la información de carácter cuantitativa y cualitativa que expresa alguna forma de variable requerida, representando las características de calidad, fragilidad e importancia de un componente o elemento ambiental (CONAM).
76. **Infraestructura de disposición final:** instalación debidamente equipada y operada, que permite disponer de manera sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos, mediante rellenos sanitarios y rellenos de seguridad.
77. **Línea de base:** información que describe la situación actual para que pueda ser empleada como punto de referencia para analizar cambios futuros en relación a un aspecto de interés.
78. **Lixiviado:** líquido proveniente de los residuos, que se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión, elementos o sustancias que se encuentren en los mismos residuos.
79. **Mapa criterio:** mapa que se considera necesario para su incorporación e integración con el fin de determinar las Unidades Ecológicas Económicas.
80. **Mejora continua:** es el proceso de intensificación del sistema de gestión del ordenamiento territorial, para la obtención de mejoras en el desempeño general, de acuerdo con la política de la organización.
81. **Mesofílica:** se aplica al organismo vivo que puede soportar condiciones de temperatura media, hasta los 40°C.
82. **Metadata:** información síntesis sobre las características de los datos que conforman las bases de datos SIG. Normalmente se refiere a la extensión geográfica, tipo de dato (punto, línea, polígono, raster), metodología, autor, nivel de detalle de la información, calidad, etc.
83. **Minimización:** acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizados en la actividad generadora.



- 
84. **Mitigación:** es el resultado de la aplicación de un conjunto de medidas tendientes a reducir el riesgo y a eliminar la vulnerabilidad física, social y económica (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias-CNE, Costa Rica).
 85. **Modelamiento SIG:** se refiere al proceso conceptual y operativo mediante el cual se generan escenarios virtuales sobre el territorio, basados en el manejo de bases de datos georeferenciados y en la aplicación de criterios ecológicos y/o económicos.
 86. **Operador especializado:** organización privada con personería jurídica y carácter empresarial, que una vez desarrollado el proceso de selección, negociación y suscripción del contrato con la municipalidad, se hace cargo de la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito de las pequeñas ciudades.
 87. **Ordenamiento territorial:** se le define como un instrumento que forma parte de la política de Estado sobre el desarrollo sostenible. Es un proceso político, en la medida que involucra la toma de decisiones concertadas de los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio. Asimismo, es un proceso técnico administrativo porque orienta la regulación y promoción de la localización y desarrollo de los asentamientos humanos, de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial, sobre la base de la identificación de potencialidades y limitaciones, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos, a fin de hacer posible el desarrollo integral de la persona como garantía para una adecuada calidad de vida.
 88. **Ordenamiento territorial ambiental:** es el instrumento que forma parte de la política de ordenamiento territorial. Es un proceso técnico - político orientado a la definición de criterios e indicadores ambientales que condiciona la asignación de usos territoriales y la ocupación ordenada del territorio.
 89. **Organización Comunal:** Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, Asociación, Comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad, constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento en uno o más centros poblados del ámbito rural.
 90. **Organización territorial:** es el conjunto de lineamientos técnicos y normativos orientados a la adecuación de las circunscripciones territoriales, a la dinámica de los procesos políticos, económicos, sociales y físico ambientales.
 91. **Pequeña ciudad:** aquella que tiene entre dos mil uno (2,001) y treinta mil (30,000) habitantes.
 92. **Peligro:** la probabilidad de que un fenómeno físico se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo definido (frecuencia).
 93. **Periurbano:** espacio que entorna a las áreas urbanas, en el que la subdivisión territorial se caracteriza por predios de mayor superficie a los del área urbana, pero menores a los del área rural circundante. Funcionalmente, estos espacios se dedican principalmente a la producción del sector primario en forma intensiva, como horticultura, avicultura, viticultura, floricultura, etc., conteniendo generalmente viviendas dispersas. La amplitud de estos espacios varía de acuerdo a las características del centro urbano asociado y a los accidentes geográficos del entorno.
 94. **Patrimonio cultural:** a este se entiende por bien integrante del Patrimonio Cultural de la Nación toda manifestación del quehacer humano material o inmaterial que por su importancia, valor y significado paleontológico, arqueológico, arquitectónico, histórico, artístico, militar, social, antropológico, tradicional, religioso, etnológico, científico, tecnológico o intelectual, sea expresamente declarado como tal o sobre el que exista la presunción legal de serlo. Dichos bienes tienen la condición de propiedad pública o privada con las limitaciones que establece el art. II de la Ley 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación.
 95. **Patrimonio natural:** está constituido por la variedad de paisajes que conforman la flora y fauna de un territorio. La UNESCO lo define como aquellos monumentos naturales, formaciones geológicas, lugares y paisajes naturales, que tienen un valor relevante desde el punto de vista estético, científico



y/o medioambiental. El patrimonio natural lo constituyen las reservas de la biosfera, los monumentos naturales, las reservas y parques nacionales, y los santuarios de la naturaleza.

96. **Plan de acondicionamiento territorial:** es un instrumento del Plan Integral de Desarrollo Provincial dirigido a la organización físico espacial de las actividades económicas y sociales de su ámbito territorial, estableciendo la política general relativa a los usos del suelo y la localización funcional de las actividades en el territorio. Artículo 2° del Decreto Supremo N.° 027-2003-VIVIENDA.
97. **Plan Nacional del Sector Saneamiento:** documento elaborado por el Ente Rector del Sector Saneamiento, que contiene los objetivos, estrategias, metas y políticas para el desarrollo de dicho sector, a corto, mediano y largo plazo, así como los programas, inversiones y fuentes de financiamiento consiguientes. El Plan Nacional del Sector Saneamiento es un marco de orientación para integrar y armonizar las acciones de los diversos agentes que de una u otra forma intervienen en el desarrollo del Sector Saneamiento.
98. **Planeación:** es la selección de misiones y objetivos y estrategias, políticas, programas y procedimientos para lograrlos; toma de decisiones; selección de cursos de acción entre varias opciones.
99. **Planes urbanos:** son los instrumentos técnicos normativos básicos para el desarrollo físico de los asentamientos humanos, destinado a la previsión y promoción de las acciones de acondicionamiento territorial en cada centro poblado del ámbito provincial. Comprende políticas, estrategias, metas, programas y proyectos específicos de acción en su ámbito de aplicación.
100. **Planificación territorial:** son los procesos progresivos orientados a la asignación de usos territoriales, sobre la base de diferentes alternativas aplicables a un territorio determinado.
101. **Planta de transferencia:** instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos sólidos de los camiones o contenedores de recolección, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad.
102. **Planta de tratamiento:** conjunto de obras de ingeniería sanitaria, destinadas específicamente a purificar las aguas residuales. Se clasifican en primarias, secundarias y terciarias.
103. **Preservación:** significa mantener intacto el medio ambiente de cualquier impacto o daño causado por eventos antrópicos o naturales en lo posible. El término preservación ambiental es mayormente aplicado en la definición de Áreas Naturales Protegidas. Incluso el PNUMA define la preservación de los sistemas naturales como el criterio de manejo que conlleva a la exclusión de actividades de desarrollo productivo en un área natural. Este indicador ambiental determina la relación existente entre los sistemas naturales que se encuentran preservados legalmente y la sumatoria de los sistemas naturales del país.
104. **Prevención:** es el conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre.
105. **Proceso de control:** este implica: 1) establecer estándares, 2) medir el desempeño con los estándares y 3) corregir desviaciones indeseables.
106. **Procesos de exclusión:** implica que los individuos o grupos son total o parcialmente excluidos de una participación plena en la sociedad en la que viven” (European Foundation, 1995:4). Tal proceso, opuesto al de “integración social”, da lugar a una privación múltiple, que se manifiesta en los planos económico, social y político. Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo.
107. **Productividad:** es la razón producción-insumos en un periodo, tomando en cuenta la calidad.
108. **Reaprovechar:** volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización.
109. **Reciclaje:** toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros.

- 
110. **Recolección:** acción de recoger los residuos para transferirlos mediante un medio de locomoción apropiado y luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.
 111. **Residuos del ámbito de gestión municipal:** son los residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos.
 112. **Residuos del ámbito de gestión no municipal:** son aquellos residuos generados en los procesos o actividades no comprendidos en el ámbito de gestión municipal.
 113. **Residuo orgánico:** se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición.
 114. **Riesgo:** es la evaluación estimada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, por un periodo específico y área conocida, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. El riesgo, el peligro y la vulnerabilidad se expresan en términos de probabilidad, entre 1 y 100.
 115. **Segregación:** acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos, para ser manejados en forma especial.
 116. **Servidumbres ecológicas:** son como el gravamen o limitación de uso que un particular de manera voluntaria, impone sobre una parte o la totalidad de su predio, en beneficio de otro predio de distinto dueño, con el fin contribuir a la conservación, protección, restauración, mejoramiento y manejo adecuado de los recursos naturales y de los valores ambientales existentes en éste. Artículo 1035 del Código Civil. Manual de instrumentos legales para la conservación privada del Perú. SPDA, 2004.
 117. **Sistemas de abastecimiento de agua potable:** conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinaria y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda, así como para el tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución de agua potable. Se consideran parte de la distribución las conexiones domiciliarias y las piletas públicas, con sus respectivos medidores de consumo, y otros medios de distribución que pudieran utilizarse en condiciones sanitarias.
 118. **Sistema de alcantarillado sanitario:** conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales en condiciones sanitarias.
 119. **Sistema de alcantarillado pluvial:** conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la recolección y evacuación de las aguas de lluvia.
 120. **Sistema de disposición sanitaria de excretas:** conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos, utilizados para la construcción, limpieza y mantenimiento de letrinas, tanques sépticos, módulos sanitarios o cualquier otro medio para la disposición sanitaria domiciliar o comunal de las excretas, distinto a los sistemas de alcantarillado.
 121. **Sistema de Gestión Ambiental:** es la parte del sistema general de gestión, que incluye la estructura organizacional, planificación de las actividades, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implementar, llevar a efecto, revisar y mantener al día la política ambiental.
 122. **Sistema Nacional de Defensa Civil:** es el conjunto interrelacionado de organismos del sector público y no público, normas, recursos y doctrinas; orientados a la protección de la población en casos de desastres de cualquier índole u origen; mediante la prevención de daños, prestando ayuda adecuada hasta alcanzar las condiciones básicas de rehabilitación, que permitan el desarrollo continuo de las actividades de la zona.
 123. **Sistema Nacional de Inversión Pública:** es el procedimiento administrativo, coordinador interinstitucional que norma y rige el proceso de inversión pública del Perú. Integra todos los principios, metodologías, normas y procedimientos que orientan la formulación, ejecución y evaluación de los programas y proyectos de inversión realizados con fondos públicos, con el objeto de que respondan a las estrategias y políticas de crecimiento y desarrollo económico y social de la nación.





124. **Tecnología:** es la suma total de conocimientos sobre las formas de hacer las cosas; incluye inventos, técnicas, y el vasto acervo de conocimientos organizados de cómo hacer las cosas.
125. **Termofílica:** se aplica a organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura relativamente altas, por encima de los 45°C o relativamente bajas.
126. **Territorio:** es el espacio geográfico vinculado a un grupo social, que resulta a partir de los espacios proyectados por los grupos sociales a través de las redes, circuitos o flujos. (Reglamento de la Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, Glosario de Términos Artículo 87).
127. **Unidad Ecológica Económica:** se obtiene por la integración espacial de los mapas temáticos: físicos, biológicos, sociales, económicos y político-administrativos que representan al territorio. La Unidad Ecológica Económica es el elemento fundamental para el desarrollo de los procesos de Zonificación Ecológica Económica.
128. **Uso del territorio:** es el proceso mediante el cual la sociedad “emplea el territorio”, es decir emplea sus recursos naturales y disfruta de éste. (Reglamento de la Ley sobre Conservación y Aprovechamiento de la Diversidad Biológica. Glosario de Términos Art. 87).
129. **Uso real del suelo:** distribución espacial dinámica del destino dado en una fecha determinada por la población al territorio, tanto urbano como rural, para satisfacer sus necesidades de vivienda, de esparcimiento, de producción, de comercio, culturales, de circulación y de acceso a los servicios.
130. **Uso potencial del suelo:** destino presumiblemente adecuado, desde el punto de vista ambiental y socio - económico, de un área, de acuerdo a sus características intrínsecas y de la dinámica de otros usos del suelo próximos. Desde el punto de vista agronómico, el uso potencial se refiere a los sistemas de producción aconsejables para lograr la mejor productividad permanente, preservando la integridad del recurso.
131. **Vulnerabilidad:** es el grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional u otros.
132. **Zonas de amortiguamiento:** es el espacio definido por su capacidad para minimizar el impacto de las contaminaciones y demás actividades humanas que se realizan de manera natural en el entorno inmediato a las ANP, con la finalidad de proteger la integridad de la misma. Los territorios adyacentes a las áreas naturales protegidas de SINANPE, por su naturaleza y ubicación, requieren un tratamiento especial que garantice la conservación del área protegida. El Plan Maestro de cada ANP definirá la extensión que corresponde a sus Zonas de Amortiguamiento (Estrategia Nacional para las Áreas Naturales Protegidas - Plan Director, 2003).
133. **Zona de riesgo:** el riesgo es el grado esperado de pérdida de elementos debido a la presencia de peligros. Puede ser expresado en términos de personas heridas o muertas, pérdidas económicas, daños materiales e interrupción de actividad económica. Zona de Riesgo es, por ende, el espacio físico en donde pérdida está localizada espacialmente. En el grado en que esta pérdida sea alta o baja la zona será de alto o bajo riesgo.
134. **Zonas marino costeras:** es la franja costera comprendida dentro de los primeros 20 kilómetros que va desde la línea costera tierra adentro y la zona marina en el área que comprende el mar abierto, desde cero a 100 metros de profundidad, y en donde se distribuyen las especies de organismos del fondo marino. (Grupo Técnico de Manejo Integrado de Zonas Marino Costeras, 2001).





Bibliografía

1. Bedoya, L. *Diseño de plantas biofísicas*. AquaVida. 2008.
2. Carrillo, L. *Microbiología Agrícola*, Cap. 5. Argentina, 2003.
3. CEPIS/OPS. *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades*. Nicaragua, 2006.
4. CEPIS/ OPS/ OMS. *Guía para el diseño, la construcción y la operación de rellenos sanitarios manuales*. www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/cursos/relleno/capitulo4.html
5. CTC ZEE y OT. Propuesta de Lineamientos de Política para el Ordenamiento Territorial. Comité Técnico Consultivo relacionado con la Zonificación Ecológica Económica y el Ordenamiento Territorial. Perú, 2007.
6. CONAM-GTZ. Bases conceptuales y metodológicas para la elaboración de la guía nacional de ordenamiento territorial. Perú, 2006.
7. CONAM. Guía metodológica. Zonificación ecológica económica y gobiernos locales. Perú, 2007.
8. CONAM. Guía técnica para la formulación de planes de minimización de residuos sólidos y recolección segregada en el nivel municipal. Perú, 2005.
9. CONAM. Programa piloto de reaprovechamiento de residuos sólidos en Tingo María. Perú, 2003.
10. CONAM. Serie de Normas ambientales. Noviembre. Perú, 2006.
11. Feachem, R.G. et al. *Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*. The World Bank. Washington, D.C., 1983.
12. Gobierno Regional de San Martín. Instructivo para categorización de centros poblados. Gerencia de planeamiento, presupuesto y acondicionamiento territorial. Perú, 2007.
13. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Municipalidad Provincial de Tahuamanu y WWF. Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Tahuamanu. Perú, 2007.
14. Mara, D. et al. *Waste Stabilization Ponds: A Design Manual for Eastern Africa, Lagoon Technology International*. Ledds. England, 1992.
15. MEF. Pautas para la elaboración de estudios de pre inversión a nivel de perfil de los proyectos de inversión pública de desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial. Perú, 2007.
16. MINAM. Memorias del II y III Curso Nacional de Zonificación Ecológica Económica y el Ordenamiento Territorial. Perú, 2009.
17. Moscoso, J. y Alfaro, T. *Panorama de experiencias tratamiento y uso de aguas residuales en Lima Metropolitana y Callao*. Cuaderno de agricultura urbana N°6. Promoción del desarrollo sostenible-IPES. Lima, Perú, 2008.
18. Municipalidad Provincial de Caraz. Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la provincia de Caraz-Huaylas.
19. Nodal Becerra, E. *Procesos biológicos aplicados al tratamiento de aguas residuales*. Ingeniería hidráulica y ambiental, Vol. XXII, N° 4. 2001.



20. Oakley, S. *Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad*. Honduras, 2005.
21. OPS/CEPIS/05.148 UNATSABAR. *Guía de diseño de letrina con arrastre hidráulico y letrina de pozo anegado*. 2005.
22. OPS/IDRC/CEPIS. *Entornos saludables*. Colombia, 2006.
23. Pinasco, K. "Desafíos políticos para el ordenamiento territorial en la Región San Martín. Amazonía Peruana". *Amazonía Política N° 02*. Fundación Friedrich Ebert. Perú, 2005.
24. Pinasco, K. *Descentralización e integración amazónica desde la interculturalidad. Amazónicos por la Amazonía* - AMPA. INDES BID. Perú, 2005.
25. Pinasco, K. Experiencias de conservación y desarrollo sostenible en los gobiernos locales de Soritor y Nueva Cajamarca - departamento de San Martín y San Ignacio - Departamento de Cajamarca, corredor de conservación Abiseo - Cóndor - Kutuku. Soluciones Prácticas ITDG - Proyecto Bosques de Chinchipe. *Conservación Internacional*. Perú, 2007.
26. Rodríguez, F. *Metodología sobre Ordenamiento Territorial*. IIAP. Perú, 2008.
27. Tang, M & Pinasco, K. *Módulo Teórico Práctico de Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial*. Asociación Amazónicos por la Amazonía - AMPA. Organización de Estudios Tropicales - OET. Perú, 2008.
28. USEPA. "Landfill Gas Energy in the U.S. and Iowa". U.S. Environmental Protection Agency Landfill Methane Outreach Program. 2004.
29. Yáñez, F. *Lagunas de Estabilización: Teoría, diseño, evaluación y mantenimiento*. Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. Ministerio de Salud Pública, Quito, Ecuador, 1992.

Las páginas web de las instituciones consultadas son:

APDES, Asociación de Promoción y Desarrollo Social
www.apdes.org

CENCA, Instituto de Desarrollo Urbano
www.cenca.org.pe

Ciudad Saludable
www.ciudadsaludable.org

DIGESA
www.digesa.minsa.gob.pe

Ecociudad
www.ecociudad.org

Fomento para la vida
www.fovida.org.pe

Organización por el Desarrollo Sostenible
www.ods.org.pe

Promoción del Desarrollo Sostenible
www.ipes.org

PROPOLI
www.propoli.org

UNITRAR, Universidad Nacional de Ingeniería.
Planta de tratamiento de aguas residuales
www.uni.edu.pe



Presentación.....	3
Parte 1. Los Municipios Ecoeficientes.....	5
Los Municipios Ecoeficientes.....	7
Líneas de acción de municipios ecoeficientes.....	8
Definición de la ecoeficiencia.....	9
Los elementos o acciones esenciales de la ecoeficiencia.....	9
La ecoeficiencia en la gestión ambiental local.....	9
Proceso de Desarrollo del Programa de Municipios Ecoeficientes.....	10
El sistema de gestión ambiental local.....	11
Las competencias del nivel local en materia ambiental	11
Municipalidades rurales.....	11
Competencias municipales exclusivas.....	12
Competencias municipales compartidas.....	12
Parte 2. Tratamiento y reuso de aguas residuales.....	13
Introducción.....	15
2.1 Principios de la ecoeficiencia en la gestión de las aguas residuales.....	17
2.1.1 Estrategias de la ecoeficiencia en la gestión de las aguas residuales.....	17
2.2 Importancia del tratamiento y reuso de las aguas residuales.....	19
2.3 Conceptos básicos del tratamiento de aguas residuales.....	20
2.3.1 Niveles de tratamiento de aguas residuales.....	20
2.3.1.1 Pretratamiento o tratamiento preliminar.....	20
2.3.1.2 Tratamiento primario.....	20
2.3.1.3 Tratamiento secundario.....	20
2.3.1.4 Tratamiento terciario.....	20
2.3.2 Otros procesos relacionados con los sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	21
2.3.2.1 Desinfección.....	21
2.3.2.2 Tratamiento de residuos sólidos retenidos y lodos producidos.....	21
2.4 Algunos criterios para seleccionar sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	23
2.5 Alternativas tecnológicas para el tratamiento de aguas residuales.....	25
2.5.1 Unidades de pretratamiento o tratamiento preliminar.....	27
2.5.2 Unidades de tratamiento primario.....	27
2.5.2.1 Tanques sépticos con zanjas de infiltración.....	28
2.5.2.2 Tanques Imhoff.....	31
2.5.3 Tratamiento secundario.....	32
2.5.3.1 Filtro percolador.....	32
a. Filtro percolador incluido en la planta de tratamiento del parque María Reiche distrito de Miraflores.....	33
b. Sistema de tratamiento con filtros percoladores incluyendo macrófitas “Planta Biofísica” ejecutado por la Municipalidad de San Borja.....	34
2.5.3.2 Humedales artificiales.....	36
2.5.3.3 Lodos activados de aireación extendida.....	39



2.5.3.4 Lagunas de estabilización.....	41
2.5.3.5 Lagunas aireadas.....	46
2.5.3.6 Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA).....	49
2.5.3.7 Experiencias de RAFA + Postratamiento.....	52
a. RAFA + Biofiltros.....	52
b. RAFA + Sistema de tratamiento con lodos activados.....	53
c. RAFA + Sistema de tratamiento con lagunas.....	54
2.6 Alternativas tecnológicas para el reuso de aguas residuales tratadas.....	56
2.6.1 El aprovechamiento de las aguas residuales tratadas.....	56
2.6.1.1 El concepto de reutilización.....	57
2.6.1.2 casos prácticos del reuso de agua residual tratada para la creación de áreas verdes urbanas.....	59
2.6.1.3 El desarrollo de áreas verdes multipropósito con aguas residuales tratadas.....	62
2.6.1.4 Reuso de aguas residuales tratadas para riego en la agricultura periurbana.....	64
2.6.1.5 El desarrollo de entornos ecológicos en la zona desértica costera.....	65
2.7 Alternativas tecnológicas para tratamiento de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales.....	66
2.7.1 Digestión anaeróbica.....	66
2.7.2 Lecho de secado.....	67
2.7.3 Compostaje.....	68
Parte 3. Reciclaje y disposición final segura de residuos sólidos.....	71
Introducción.....	73
Gestión integral de los residuos sólidos.....	75
Manejo de los residuos sólidos municipales.....	77
3.1 Minimización de la generación de los residuos sólidos.....	78
3.1.1 Minimización de residuos sólidos.....	78
3.2 Reciclaje de residuos sólidos.....	81
3.2.1 Reaprovechamiento.....	81
3.2.2 Reciclaje.....	83
3.2.3 Compostaje.....	85
3.2.4 Instalación para la elaboración de compost.....	87
3.3 Recolección, transporte y transferencia eficiente de residuos sólidos.....	90
3.3.1 Manejo selectivo.....	90
3.3.2 Limpieza pública.....	91
a. Almacenamiento.....	91
b. Barrido de espacios públicos.....	93
3.3.3 Recolección.....	95
3.3.4 Clases de recolección.....	96
3.3.4.1 Recolección convencional.....	96
3.3.4.2 Recolección no convencional.....	96
3.3.4.3 Importancia de la recolección.....	97
3.3.4.4 Planificación de rutas.....	97
3.3.4.5 Implementación del programa de recolección selectiva de residuos.....	99
3.3.4.6 Modelos de implementación de programas de segregación y recolección selectiva.....	100
3.3.5 Transporte.....	103
3.3.6 Transporte directo Vs transferencia de residuos sólidos.....	105
3.4 Disposición final segura de residuos sólidos.....	107
3.4.1 Relleno sanitario.....	107



3.4.2 Instalaciones mínimas en un relleno sanitario.....	109
3.4.3 Tipos de rellenos sanitarios.....	110
3.4.3.1 Relleno sanitario manual.....	110
3.4.3.2 Relleno sanitario mecanizado.....	111
3.4.4 Aprovechamiento de los gases en sitios de disposición final.....	113
3.4.5 Cierre de un relleno sanitario.....	115
3.4.6 Qué procedimientos se siguen para formalizar un relleno sanitario.....	116
3.4.6.1 Estudio de selección de área.....	116
3.4.6.2 Estudio de impacto ambiental.....	117
3.4.6.3 Opinión técnica favorable del proyecto.....	117

Parte 4. Ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible..... 119

Introducción..... 121

4.1 Marco conceptual y legal..... 123

4.1.1 El ordenamiento territorial en el contexto peruano.....	123
4.1.2 Importancia del ordenamiento territorial en municipios ecoeficientes.....	124
4.1.3 Marco legal del ordenamiento territorial.....	127

4.2 Ordenamiento territorial proceso metodológico en el ámbito local..... 129

4.2.1 Principios para el ordenamiento territorial.....	129
4.2.2 Objetivos del ordenamiento territorial.....	130
4.2.3 Etapas del proceso del plan de ordenamiento territorial.....	132
4.2.3.1 Etapa preparatoria.....	132
4.2.3.2 Etapa de diagnóstico integral del territorio y del entorno.....	135
4.2.3.3 Etapa de pronóstico territorial.....	137
4.2.3.4 Etapa de de formulación.....	138
4.2.3.5 Etapa de implementación.....	139
4.2.3.6 Fase de monitoreo, evaluación y actualización del POT.....	139

4.3 Difusión, capacitación, participación y concertación..... 141

Anexos..... 143

Glosario..... 161

Bibliografía..... 171



