

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Integración Curricular

Tema:

Plan de gestión inclusiva de residuos sólidos en Institución Educativa.

Caso de estudio: Escuela General Básica “María Angélica Idrobo”.

AUTOR:

Bonilla Anilema Diego Giuseppe

QUITO DM, noviembre de 2023

Tabla de contenido

1. Tema.....	6
1.1. Línea y sublínea de investigación.....	6
1.2. Justificación e importancia.....	6
1.3. Planteamiento del problema.....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general:.....	7
1.4.2. Objetivos específicos:.....	7
1.5. Alcance.....	7
2. Fundamentación teórica.....	8
2.1. Antecedentes o marco referencial.....	8
2.2. Marco teórico y conceptual.....	9
2.2.1. Marco teórico.....	9
2.2.1.1. Plan de Gestión de Residuos sólidos.....	9
2.2.1.2. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos.....	9
2.2.1.3. Reglamento del Código Orgánico del Ambiente.....	10
2.3. Marco conceptual.....	10
3. Guía para la conformación del plan de residuos sólidos.....	13
3.1. Gestión de residuos sólidos.....	13
3.2. Nuestro rol en la gestión de residuos sólidos.....	13
3.3. Creando valor con los residuos sólidos.....	14
3.4. Gestión inclusiva de los residuos reciclables.....	15
3.4.1. Reciclaje inclusivo o recicladores de base.....	15
3.4.2. Gestión inclusiva de los residuos sólidos.....	17
3.5. Compostaje de residuos orgánicos.....	19
3.5.1. Proceso de compostaje en la institución educativa.....	19
3.6. Plan de gestión de residuos sólidos para la institución educativa.....	22
4. Conformación del plan de gestión de residuos sólidos.....	24
4.1. Descripción de la institución educativa.....	24
4.2. Análisis de recursos para gestión de residuos.....	25
4.3. Planificación para la gestión de residuos.....	28
4.4. Propuesta para aprovechamiento de aguas lluvias.....	31
4.4.1. Área de recolección.....	31
4.4.2. Coeficiente de Escorrentía.....	32
4.4.3. Intensidad de agua lluvia.....	32

4.4.4.	Volumen de agua a recolectar	35
4.4.5.	Conducción de aguas recolectadas	35
4.4.6.	Almacenamiento	36
4.4.7.	Tratamiento.....	37
4.5.	Análisis de resultados.....	38
5.	Conclusiones y recomendaciones	39
5.1.	Conclusiones.....	39
5.2.	Recomendaciones	40
6.	Anexos.....	41
6.1.	Bibliografía	45

Índice de imágenes

Ilustración 1. Diagrama de Mariposa: Visualización de economía circular.....	15
Ilustración 2. Distribución de recicladores base en Ecuador.	16
Ilustración 3. Contenedores proyecto "Quito a reciclar".....	18
Ilustración 4. Proceso de compostaje. Fuente: Ecophuku.	20
Ilustración 5. Área a implementarse sistema de compostaje.....	20
Ilustración 6. Proceso de compostaje. Elaborado por: Diego Bonilla	21
Ilustración 7. Área verde posible uso de compost.	21
Ilustración 8. Contenedor para recolección de botellas plásticas	23
Ilustración 9. Área propuesta para captación de agua lluvia.....	31
Ilustración 10. Vista georreferencial de la Institución.	31
Ilustración 11. Geometría cubierta DIPANEL DP5.....	32
Ilustración 12. Malla retenedora de impurezas	35
Ilustración 13. Ficha técnica tanque de almacenamiento agua lluvia.	36
Ilustración 14. Imagen georreferencial Unidad Educativa "María Angélica Idrobo".....	41
Ilustración 15. Comunidad educativa.....	41
Ilustración 16. Basurero existente en la institución.....	42
Ilustración 17. Bajantes de agua lluvia a recolectarse.	42
Ilustración 18. Piscina.....	43
Ilustración 19. Lava manos, posible zona de aprovechamiento de agua lluvia.	43
Ilustración 20. Mapa georreferencial de implantación	44

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción Unidad Educativa "María Angélica Idrobo".	24
Tabla 2. Análisis FODA.....	25
Tabla 4. Análisis de recursos para gestión de residuos.....	26
Tabla 5. Presupuesto General.	27
Tabla 6. Cronograma para la implementación del plan de gestión de residuos.....	29
Tabla 7. Datos mensuales históricos. Estación Ñaquito	33
Tabla 8. Promedio histórico mensual precipitaciones	38

1. Tema

Plan de gestión de residuos sólidos en la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”. Caso de estudio: Escuela General Básica “María Angélica Idrobo”

1.1. Línea y sublínea de investigación

ÁREA ACADÉMICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL: Construcciones (*Construcciones, Estructuras, Hidráulica y Sanitaria, Vías y Transportes, Geotecnia, Mecánica de Sólidos, Matemáticas*)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcción sustentable

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Impacto Ambiental

1.2. Justificación e importancia

La gestión de residuos sólidos en el entorno escolar nos brinda la oportunidad de cambiar las costumbres y hábitos que poseen los niños, niñas y adolescentes, el presente trabajo busca definir un plan de gestión de residuos sólidos, en la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”. Es importante que todos los actores que conforman la institución educativa tengan conocimiento sobre el buen uso de los residuos sólidos, de esta manera podremos tener una comunidad educativa con una mayor conciencia ambiental, abriendo la posibilidad a replicar estos conocimientos en otros sectores del diario vivir, por fuera de la institución educativa.

1.3. Planteamiento del problema

La falta de gestión de los residuos sólidos se ha convertido en una problemática en la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) indica que un habitante de la zona urbana produce un promedio de 0.83kg de desechos al día, si tomamos en cuenta la población de estudiantes y docentes, 710 personas, obtenemos que en la institución educativa se genera un promedio de 589 kg de residuos. La poca atención y medidas efectivas para solucionar este problema podría tener consecuencias aún más graves en el futuro, afectando no solo la salud y el bienestar de la comunidad escolar, sino también el entorno ambiental en el que se encuentra la institución. Es esencial tomar medidas urgentes y efectivas para abordar esta problemática y prevenir sus posibles efectos negativos a largo plazo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general:

- Desarrollar un plan de gestión de residuos sólidos, adaptado a las necesidades específicas de la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”, a fin de promover prácticas sostenibles y sustentables con el medio ambiente.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Integrar a la comunidad educativa de la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo” para la elaboración del plan de gestión de residuos sólidos.
- Elaborar un plan de gestión de residuos sólidos de fácil comprensión, utilizando todas las herramientas al alcance
- Proporcionar soluciones viables con las herramientas presentes en la institución educativa, minimizando los gastos que pueda ocasionar el manejo de residuos sólidos

1.5. Alcance

El presente trabajo de integración curricular se enfoca en el análisis de la gestión de residuos sólidos en la Unidad Educativa "María Angélica Idrobo", ubicada en La Ferroviaria, Quito, Ecuador. Para realizar este proyecto se realizará un diagnóstico de la situación actual de la gestión de residuos sólidos, identificando las zonas en las que se debe priorizar. Su principal objetivo es elaborar una guía que permita a la comunidad educativa mitigar los residuos y, de esta manera, contribuir al desarrollo sostenible y sustentable de la institución. La guía no contempla ningún tipo de residuos, que estén fuera de la categoría establecida.

2. Fundamentación teórica

2.1. Antecedentes o marco referencial

La Unidad Educativa "María Angélica Idrobo", ubicada al sur de Quito, en el sector de "La Forestal", es una institución educativa que alberga a una comunidad educativa considerable, compuesta por 678 estudiantes regulares y 32 docentes, según datos del Ministerio de Educación de Ecuador (MINEDUC). Uno de los problemas más urgentes que enfrenta esta institución es la gestión de los residuos sólidos generados por su comunidad educativa. Este problema se agrava por la falta de conciencia ambiental entre los miembros de la institución y se ve agravado por la inminente llegada del fenómeno de El Niño, que podría tener consecuencias devastadoras si no se implementa un plan de gestión de residuos sólidos adecuado.

El Ministerio del Ambiente, en su Programa Nacional para la gestión integral de desechos sólidos, afirma lo siguiente:

Los residuos sólidos producidos a nivel nacional están provocando una significativa fuente de contaminación del suelo, agua y aire, con un alto riesgo de afectar a la salud pública en el corto, mediano y largo plazo. Dentro de los factores relevantes que potencializan la generación de residuos sólidos y en especial los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), se encuentran entre otros el aumento de los niveles de ingresos, nuevos patrones de consumo de las sociedades, crecientes tasas de urbanización e industrialización, etc. (PNGIDS, 2020, pp 1-2).

De esta manera, se constata que el problema de los residuos sólidos, no implica únicamente a los estudiantes, sino a todos, quienes conforma la institución educativa; los estudiantes poseen hábitos de consumo y limpieza que aumentan la contaminación del suelo sin embargo, son ellos mismos el objeto principal de este proyecto, los cuales se espera que se conviertan en agentes de cambio en los distintos lugares donde se encuentren, ayudando a replicar las buenas prácticas a favor del medio ambiente.

“La gestión de residuos sólidos urbanos es el servicio más importante que brinda una ciudad...Una ciudad que no puede gestionar sus residuos de manera efectiva difícilmente podrá administrar servicios más complejos como salud pública, educación o transporte”. (Hoorweg & Bhada, 2012, p. ix)

2.2. Marco teórico y conceptual

2.2.1. Marco teórico

2.2.1.1. Plan de Gestión de Residuos sólidos

Un Plan de gestión de residuos es un documento que establece las condiciones y medios para llevar a cabo la gestión de residuos producidos en las diferentes actividades. Este documento es fundamental para que algunas empresas puedan iniciar su actividad, debido al tipo de residuos que generan.

Redes, L. (29 de enero del 2018). Pasos para elaborar un buen plan de residuos.

La importancia de la elaboración de un plan de gestión de residuos sólidos radica en distintos aspectos que contribuyen al bienestar de las sociedades, a través de buenas prácticas medioambientales que favorecen la salud, habitabilidad, protección del entorno naturales, entre otros aspectos presentes en la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”.

2.2.1.2. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos

Es un programa implementado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), a través de la Subsecretaría de Calidad Ambiental y la Dirección Nacional de Control Ambiental, la cual tiene por objetivo principal gestionar de manera óptima los residuos sólidos generados en el país, a través de distintas estrategias según el lugar en el cual se esté implementando el programa.

Es importante señalar que el PNGIDS, resalta la importancia de la Inter colaboración entre las distintas entidades, como son:

- Gobiernos Autónomos Descentralizados
- Prefecturas
- Sector Privado
- Ministerios de Estado

El Instituto Nacional de Biodiversidad referente al PNGIDS indica lo siguiente:

El Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos sólidos (PNGIDS) tiene por objeto fortalecer la gestión municipal de residuos sólidos en el Ecuador, fomentando la inclusión social de los recicladores de base, el aprovechamiento de los residuos y, promoviendo la aplicación del principio de Responsabilidad Extendida del Productor a nivel de la empresa privada. (Inabio, 2019, pp 1-1).

2.2.1.3. Reglamento del Código Orgánico del Ambiente

El Código Orgánico del Ambiente (Registro Oficial Suplemento 983 del 12 de abril de 2017) establece los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, asegurando la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente.

Así mismo en base al: Código Orgánico del Ambiente [RCOA]. Registro Oficial 752 del 12 de Junio de 2019. D.E. No. 752. Artículo 1, establece que:

Constituye normativa de obligatorio cumplimiento para todas las entidades, organismos y dependencias que comprenden el sector público central y autónomo descentralizado, personas naturales y jurídicas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, que se encuentren permanente o temporalmente en el territorio nacional.”

2.3. Marco conceptual

Sostenibilidad

“Refiere a la búsqueda de un avance social y económico que asegure a los seres humanos una vida sana y productiva, pero que no comprometa la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”.(Reyna. A, 2018, p.1).

Sustentabilidad

El World Commission on Environment and Development en el Informe Brundtland la define como: “la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras”.

Medio Ambiente

Es el conjunto de todos aquellos elementos químicos, físicos y biológicos con los cuales los seres vivos interactúan. [...]. Así pues, el medio ambiente no es únicamente el sitio físico en el que se desarrolla la vida, sino que también es medio ambiente la cultura y conceptos tan intangibles como las tradiciones. (Juste, 2022: pp-1).

Impacto Ambiental

Se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. [...]. Técnicamente, es la alteración del medio ambiente, debido a la acción antrópica o a eventos naturales. (Gutiérrez, J. & Sánchez, L, 2009, pp-1).

Comunidad educativa

El Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia define comunidad educativa como:

Es aquella conformada por estudiantes, educadores, padres de familia, egresados, directivos docentes y administradores escolares. Todos ellos, según su competencia, deben participar en el diseño, ejecución y evaluación del Proyecto Educativo Institucional y en la buena marcha del respectivo establecimiento educativo.

Residuos Sólidos

Los residuos sólidos, también llamados desechos sólidos o basura, son materiales que ya no tienen utilidad para las personas y, por lo tanto, son descartados. Estos materiales son de naturaleza sólida o semisólida y pueden variar en su composición y origen.

Gestión de residuos sólidos

Es el conjunto de actividades y procesos planificados y coordinados que tienen como objetivo manejar de manera eficiente y responsable los residuos sólidos generados por una comunidad, empresa u organización. Esta gestión implica la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, y disposición final de los residuos sólidos de manera que se minimice su impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública, y se maximice la recuperación de recursos y la reducción de desechos.

3R

Las "3R" son un conjunto de principios y prácticas que promueven la gestión sostenible de los residuos sólidos y la reducción del impacto ambiental. Estas tres "R" representan: Reducir, Reciclar y Reutilizar.

Biol

El Ministerio del Ambiente, en el manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, lo define como: "Biofertilizante líquido, producto de la conversión anaeróbica que se produce dentro de un biodigestor".

Biodigestor

El Ministerio del Ambiente, en el manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, lo define como: "Contenedor cerrado, hermético e impermeable conocido también como "reactor" dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar. Produce gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio".

Biofertilizante

El Ministerio del Ambiente, en el manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, lo define como: “Sustancia de origen orgánico que sirve para fertilizar el suelo sin causar daños al mismo, al ambiente ni a la salud humana y animal”.

Biodigestión anaerobia

El Ministerio del Ambiente, en el manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, lo define como: “Proceso de degradación anaerobia de la materia orgánica con la obtención final de una mezcla gaseosa conocida como biogás, un lodo residual con valor fertilizante enriquecido y un sobrenadante rico en nutrientes.”

Compostaje

El Ministerio del Ambiente, en el manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, lo define como: “Biotécnica donde, a través del control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica, se produce abonos que luego son utilizados para mejorar las características del suelo”.

Biogás

El Ministerio del Ambiente, en el manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, lo define como: “Sustancia gaseosa que se produce por la fermentación de materia orgánica en condiciones anaerobias y que puede ser utilizado como biocombustible”.

PNUMA

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, sirve para promover y coordinar actividades relacionadas con la conservación y el uso sostenible del medio ambiente a nivel global.

3. Guía para la conformación del plan de residuos sólidos

3.1. Gestión de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos desempeña un papel fundamental en la responsabilidad social y ambiental de la Unidad Educativa "María Angélica Idrobo". Esta institución se compromete a abordar de manera responsable los residuos sólidos generados en su entorno a través de una serie de acciones, políticas y procesos específicamente diseñados para este propósito.

Para llevar a cabo una gestión efectiva de los residuos sólidos, se realizan diversas etapas, que incluyen la recolección, clasificación, reciclaje y disposición final de los residuos. El objetivo principal de estos procesos es minimizar y, en la medida de lo posible, mitigar el impacto ambiental de los residuos, al tiempo que se fomenta la sostenibilidad ambiental en la institución.

Además de cumplir con las regulaciones y normativas ambientales aplicables, esta guía tiene como objetivo educar a su comunidad educativa en cuanto a la importancia de seguir las "3R": Reducir, Reciclar y Reutilizar. Esta iniciativa tiene como objetivo crear conciencia ambiental y promover la adopción de prácticas respetuosas con el medio ambiente en relación con la gestión de residuos sólidos.

3.2. Nuestro rol en la gestión de residuos sólidos

Las instituciones educativas son fundamentales para enseñar a niños y niñas sobre la gestión de residuos, formándolos como adultos responsables. Es importante que los docentes estén capacitados sobre el tema. Identificar y asignar roles dentro de la comunidad educativa permitirá que cada miembro aporte a la mejora en la gestión de residuos. Esto garantizará que, sin importar su posición futura, los jóvenes estén preparados para ser agentes activos en la preservación del medio ambiente.

En la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI), capítulo cuarto, artículo 11, literal p, señala que una de las obligaciones de los y las docentes es "Vincular la gestión educativa al desarrollo de la comunidad, asumiendo y promoviendo el liderazgo social que demandan las comunidades y sociedad en general"

En la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI), capítulo tercero, artículo ocho, literal d, indica que los estudiando deben "Comprometerse con el cuidado y buen uso,, mantenimiento y mejoramiento de las instalaciones físicas, bienes y servicios de las

instituciones educativas, sin que ello implique egresos económicos”. Lo que indica la LOEI básicamente es que los estudiantes deben cuidar su institución sin gastar dinero.

Se ha identificado 5 diferentes integrantes: estudiantes, autoridades, trabajadores, padres de familia y docentes. Son las autoridades quienes deben liderar este plan en busca de mejores prácticas ambientales, poseen la facultad de establecer iniciativas o campañas de reciclaje, mismas que ayudan a reducir la contaminación.

Los trabajadores son los encargados de los distintos procesos existentes en la institución, mismos que pueden ser administrativos, de limpieza, etc. Desde cada uno de sus lugares de trabajo pueden implementar sistemas más eficientes y sostenibles, en la parte administrativa, se puede minimizar el uso de hojas, carpetas y demás insumos utilizados.

Los estudiantes, profesores y personal de la institución educativa pueden compartir sus conocimientos en sus hogares, comunidades y círculos sociales, lo que crea un efecto multiplicador en la conciencia ambiental. Esto no solo se traduce en una mejor gestión de residuos en sus propios entornos, sino que también contribuye a la creación de una cultura de responsabilidad ambiental a nivel institucional y local.

Uno de los resultados esperados de esta capacitación es la reducción de la generación de residuos, ya que la comunidad educativa estará más consciente de las decisiones de consumo y de la importancia de minimizar los productos desechables.

3.3. Creando valor con los residuos sólidos

La Gestión Integral de Residuos Sólidos en la Unidad Educativa María Angélica Idrobo, brinda las herramientas necesarias para clasificar los residuos sólidos, en el sitio en el cual son producidos, a partir de esto se puede identificar distintas oportunidades que aporten económicamente a la institución, en base a distintas formas como pueden ser: venta de material reciclado, elaboración de compost en base a residuos orgánicos, o diversas técnicas de utilización de los residuos a través de manualidades que pueden ser vendidas al público.

La economía circular representa un enfoque de gestión de recursos que tiene como objetivo cambiar la manera en que se fabrican, utilizan y eliminan los productos y materiales en la sociedad. A diferencia del modelo económico convencional en el que los productos son producidos, usados y posteriormente desechados como residuos, en la economía circular se busca reducir al máximo la producción de residuos y optimizar la vida útil y el valor de los productos y materiales a lo largo de su ciclo de vida. Integrar la gestión de

en las que efectúan su trabajo representan una amenaza constante a su integridad física y psicológica.

Según un informe llevado a cabo en 2015 por la Iniciativa Regional de Reciclaje (IRR), se encontró que en el país existían aproximadamente 20,000 personas que se dedicaban directamente a labores relacionadas con el reciclaje base. El estudio también reveló que, en la mayoría de las situaciones, el ingreso mensual más alto para un reciclador alcanzaba un máximo de \$218.

Actualmente el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA), en los Art. 606 al 609, establece las directrices que regulan y promueven el reconocimiento, formalización, su participación en el reciclaje inclusivo, pese a la existencia de estas regulaciones podemos constatar como la mayoría de los recicladores base trabajan desde la informalidad, sin ningún apoyo de políticas públicas. Existe la Red Nacional de Recicladores del Ecuador (RENAREC), que surge como una iniciativa de asociar a los recicladores para obtener mejores condiciones laborales, sin embargo, el porcentaje de asociados es inferior al 10%, según datos de la Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR).

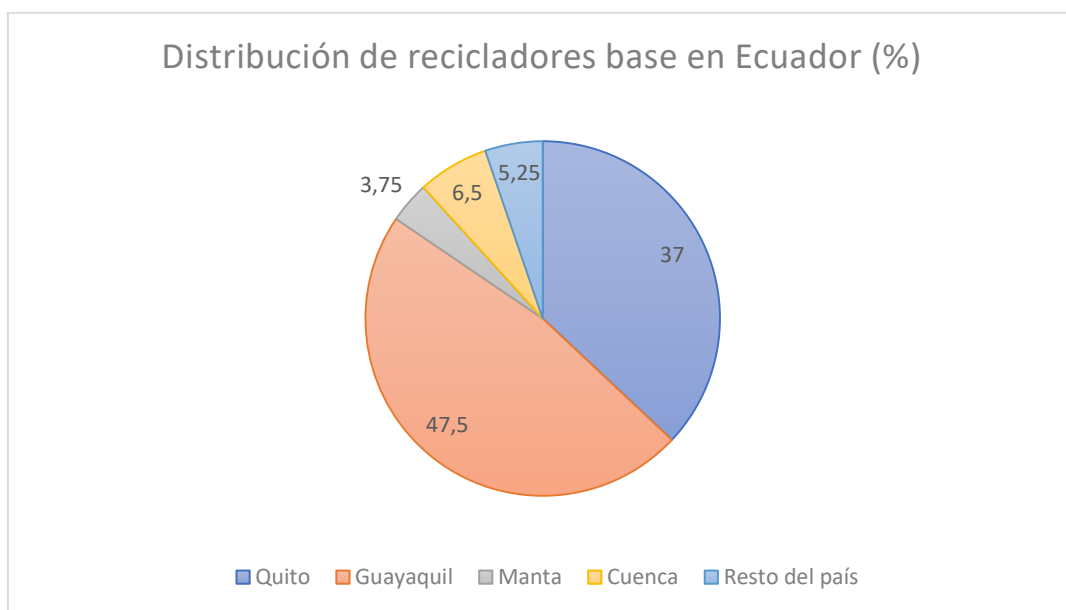


Ilustración 2. Distribución de recicladores base en Ecuador. Elaborador por: Diego Bonilla (2023).

Esta estadística nos indica que: Quito se encuentra el 47.5% de recicladores base en el país, lo que nos proporciona un mayor grado de confiabilidad en la realización del presente proyecto.

3.4.2. Gestión inclusiva de los residuos sólidos

La Gestión Inclusiva de Residuos Sólidos se encuentra definida en el Código Orgánico Ambiental (COA), en el capítulo II, Art. 232, donde señala lo siguiente:

Art. 232.- Del Reciclaje Inclusivo. La Autoridad Ambiental Nacional o los Gobiernos Autónomos Descentralizados, según su competencia, promoverán la formalización, asociación, fortalecimiento y capacitación de los recicladores a nivel nacional y local, cuya participación se enmarca en la gestión integral de residuos como una estrategia para el desarrollo social, técnico y económico. Se apoyará a las asociaciones de recicladores como negocios inclusivos, especialmente de los grupos de la economía popular y solidaria.

De esta manera, se señala la importancia de las distintas entidades gubernamentales y municipales encargadas de la gestión de residuos implementen políticas públicas sólidas que fomenten la formalización, asociación y desarrollo de los recicladores de base. Estos individuos, mismos que desempeñan un papel crucial en la gestión sostenible de residuos, deben ser respaldados y empoderados para garantizar que su participación en la gestión de residuos, sea reconocida y recompensada adecuadamente.

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), durante el año 2017 se implementó la campaña "Quito a Reciclar". Este programa no solo busca promover la adopción de prácticas de reciclaje en la capital, por parte de la ciudadanía, de esta manera ha recibido el respaldo y la colaboración activa de la Red Nacional de Recicladores del Ecuador (RENAREC), en 2019. Este trabajo en conjunto demuestra un sólido compromiso, de ambas partes, con la correcta gestión de los residuos sólidos y posteriormente su reciclaje, esto no solo tiene como finalidad reducir la cantidad de desechos sólidos, si no también a través del reciclaje, mejorar las condiciones de vida y los ingresos de los recicladores de base.

El programa "Quito a Reciclar" es un proyecto interinstitucional que tiene como objetivo central promover prácticas eficientes para la gestión de residuos sólidos en la ciudad. Esto se ve reflejado en el aumento de la cantidad de residuos reciclables recolectados, lo que, a su vez, contribuye a la preservación del medio ambiente. En esta campaña, la participación activa y comprometida de los recicladores base desempeña un papel vital, ya que se encargan de la gestión de los residuos en sus respectivas áreas de trabajo. Su involucramiento permite establecer un sistema integral y eficiente de recolección y clasificación de residuos en la ciudad.

Según información del INEC (2014) desde el 2010, hasta el 2014, hubo un significativo incremento en el porcentaje de hogares que clasifican residuos en la fuente. En el año 2010 el 25,16% de los hogares encuestados confirmaba procesos de clasificación en la fuente, mientras que en el año 2014 incrementó a 38,32%. Esta estadística, pese a no ser actual, es importante para el presente trabajo ya que indica una tendencia presente en la sociedad ecuatoriana.

Para facilitar la participación de la ciudadanía en esta iniciativa, la Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito (EMASEO), ha dispuesto la instalación de contenedores en diversos puntos estratégicos de la ciudad. Estos contenedores están diseñados para recibir los desechos sólidos de los habitantes. Además, están equipados con señalización que brinda orientación a los ciudadanos sobre cómo desechar sus residuos de manera adecuada, facilitando así la tarea de clasificación. Hasta el momento, se han instalado un total de 18 de estos contenedores en toda la ciudad.



Ilustración 3. Contenedores proyecto "Quito a reciclar".

Este enfoque integral en la gestión de residuos en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), no solo beneficia al medio ambiente, sino que también mejora las condiciones de vida de los recicladores de base, al proporcionarles oportunidades de empleo sostenible y contribuir a la reducción de residuos en los vertederos.

3.5. Compostaje de residuos orgánicos

El Ministerio del Ambiente (MAE), en su manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, define al compostaje como:

El proceso aerobio de transformación biológica que permite la descomposición de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales (RSM), logrando su estabilidad, madurez y sanitización. Este es un proceso que imita la descomposición natural que existe en los ecosistemas, nada más que en éste se potencializa las condiciones de manejo para lograr acelerar el tiempo de proceso y consiguientemente su productividad. (2020).

En Quito, el interés por el compostaje de residuos orgánicos ha aumentado en los últimos años. El Municipio de Quito y el Ministerio del Ambiente han implementado campañas para fomentar esta práctica en los ciudadanos. Estas campañas tienen como objetivo: educar sobre la separación adecuada de residuos orgánicos y cómo llevar a cabo el compostaje en los hogares, promoviendo así prácticas amigables con el medio ambiente y soluciones efectivas para la gestión de residuos.

El Municipio de Quito ha establecido metas relacionadas con la sostenibilidad ambiental y la gestión de residuos sólidos. El compostaje se considera una estrategia fundamental para alcanzar estos objetivos, ya que reduce la cantidad de residuos que llegan a los vertederos municipales, lo que a su vez conlleva una disminución en la generación de gases de efecto invernadero. Esto contribuye a reducir la contaminación y a mejorar la calidad del aire en la ciudad.

3.5.1. Proceso de compostaje en la institución educativa

En base a lo planteado anteriormente, se prevé implementar de un sistema de compostaje de residuos orgánicos en la Unidad Educativa "María Angélica Idrobo". Este proyecto tiene como objetivo crear una mayor conciencia ambiental en la comunidad educativa, en particular entre los estudiantes y docentes, quienes representan la parte más significativa de la población de la institución. Con fines educativos y pedagógicos, se plantea realizar el proceso de compostaje en un área de 20 metros cuadrados aproximadamente.



Ilustración 4. Proceso de compostaje. Fuente: Ecophuku (2023).

La elección del área se realizó teniendo en cuenta principalmente la proximidad a los salones de clases y las áreas de reunión de los docentes. Sin embargo, es importante señalar que en la imagen **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede apreciar una zona infantil que, lamentablemente, se encuentra en estado de deterioro debido a la falta de uso y mantenimiento adecuado. En base a una visita y conversaciones con los docentes, se determinó que esta zona era la ideal para la implementación del presente proyecto. Así mismo, en la institución existen zonas infantiles más grandes y utilizadas por los estudiantes, misma que se presentan en la **Ilustración 5**, mitigando la afectación hacia los niños y niñas.



Ilustración 5. Área a implementarse sistema de compostaje.

Una vez que tenemos el área, donde se desarrollará el compost, Se describirá el proceso de compostaje, según sus distintas etapas:

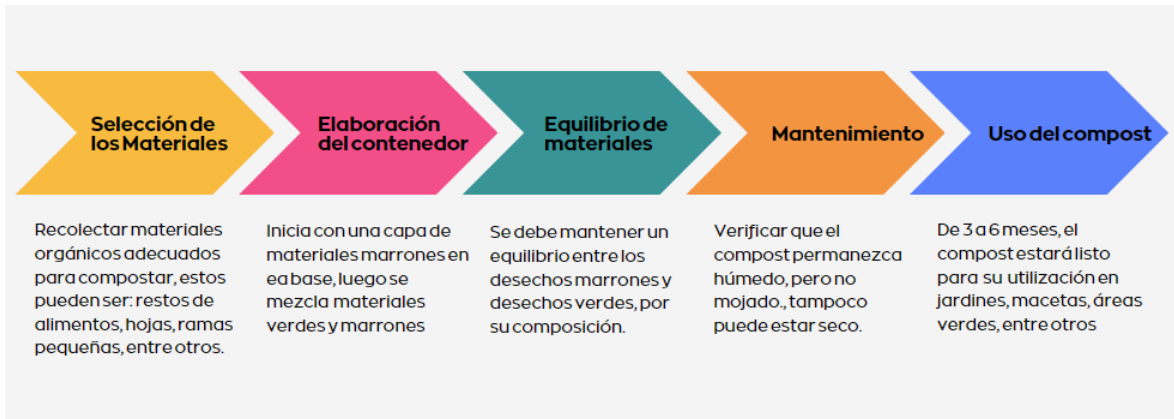


Ilustración 6. Proceso de compostaje. Elaborado por: Diego Bonilla (2023).

A través del compostaje, se busca mejorar la ornamentación de la institución educativa y, posiblemente, generar ingresos económicos mediante pequeños emprendimientos dedicados a la venta y uso del compost, así como de otros elementos obtenidos a través del proceso de compostaje, como el biol.

Incorporar a niños y jóvenes en la producción de compost no solo ayuda a crear este recurso de manera sostenible, sino que también desempeña un papel vital en la educación ambiental y la concienciación sobre la reducción de residuos. Esta experiencia les enseña la importancia de reutilizar y reciclar desechos orgánicos, disminuyendo así la cantidad de residuos que van a los vertederos.



Ilustración 7. Área verde posible uso de compost.

3.6. Plan de gestión de residuos sólidos para la institución educativa

El manejo de residuos sólidos en las instituciones educativas es una problemática que engloba a todos, con el paso del tiempo esta situación ha ido en decadencia. En base a este planteamiento, debemos aportar positivamente desde las distintas áreas en las que nos encontremos, Diversas organizaciones no gubernamentales, así como empresas tanto públicas como privadas, han propuesto la implementación de programas destinados a encontrar soluciones efectivas para abordar la falta de educación ambiental en la sociedad. Estos esfuerzos buscan involucrar a la comunidad en general en la búsqueda de un entorno más sostenible y en la adopción de prácticas responsables con el medio ambiente.

En base al Boletín Técnico N° 04-2020-GAD Municipales, donde se indica que en la provincia de Pichincha se produce un promedio de 0.88kg de residuos sólidos, considerando que la comunidad escolar se encuentra constituida por 702 personas, determinamos que en la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”, se genera 618 kg de residuos por día. Estos desechos provienen principalmente de la utilización de material en las actividades académicas y el consumo de alimentos. En la institución no existen las herramientas necesarias, ni los lineamientos por parte de las personas a cargo, que ayuden a sensibilizar y concientizar esta problemática.

La falta de gestión adecuada de los residuos sólidos en una comunidad educativa tiene consecuencias sustanciales que afectan a todos los involucrados. Según información del informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), esta problemática puede llevar a la producción de agentes contaminantes, la propagación de enfermedades respiratorias, la contaminación del agua y otras repercusiones perjudiciales. Así mismo, la acumulación de residuos sólidos libera gases tóxicos y aumenta el riesgo de enfermedades, especialmente respiratorias. Además, la presencia de residuos sin tratar puede tener un impacto estético, afectando negativamente el buen vivir y bienestar de la comunidad educativa, e incluso su entorno.



Ilustración 8. Contenedor para recolección de botellas plásticas

La implementación de un Plan de Gestión de Residuos Sólidos en la Unidad Educativa "María Angélica Idrobo" se presenta como una necesidad urgente. Este enfoque estratégico desempeña un papel esencial en la reducción de la contaminación. Al promover prácticas de clasificación adecuada, reducción, reutilización y reciclaje. Así mismo, este plan también identifica oportunidades para fomentar la economía circular, maximizando el valor de los materiales y productos a lo largo de su ciclo de vida.

La aplicación de este plan no solo apunta a resolver problemas concretos en la gestión de residuos sólidos, sino que también busca enaltecer la preservación del entorno y propiciar oportunidades económicas sostenibles a través de prácticas responsables con el medio ambiente. Este compromiso refleja un compromiso con la educación ambiental y resalta la importancia de adoptar prácticas conscientes y sostenibles en el manejo de los residuos, lo cual impacta de manera positiva tanto en la institución como en la comunidad en su conjunto.

4. Conformación del plan de gestión de residuos sólidos

4.1. Descripción de la institución educativa

La Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”, es una institución educativa fiscal, con código AMIE: 17H01253; ubicada en el sector “La Ferroviaria”, entre las calles Gonzalo Martín, Oe8-40 y Miguel Alonso. Con una superficie de 7 350 metros cuadrados aproximadamente, se encuentra dividida en 2 bloques principales, básica preparatoria y elemental en la parte inferior, y básica media y superior en la parte superior

Actualmente la institución labora únicamente en jornada matutina, con los siguientes niveles de educación básica: básica preparatoria, básica elemental, básica media y básica superior, su comunidad educativa se encuentra constituida de la siguiente manera:

Tabla 1. Descripción Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”.

Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”			
Descripción	Masculino	Femenino	Total
Docentes	8	24	32
Personal Administrativo	1	5	6
Estudiantes menores a 4 años	0	20	20
Estudiantes menores a 5 años	15	22	37
Básica preparatoria	24	26	50
Básica elemental	101	73	174
Básica media	108	90	198
Básica superior	94	91	185
Total	351	351	702

Elaborado por: Diego Bonilla (2023)

En base a la tabla presentada, podemos identificar que la institución se encuentra conformada por 664 estudiantes, 32 docentes y 6 personas conforman el personal administrativo.

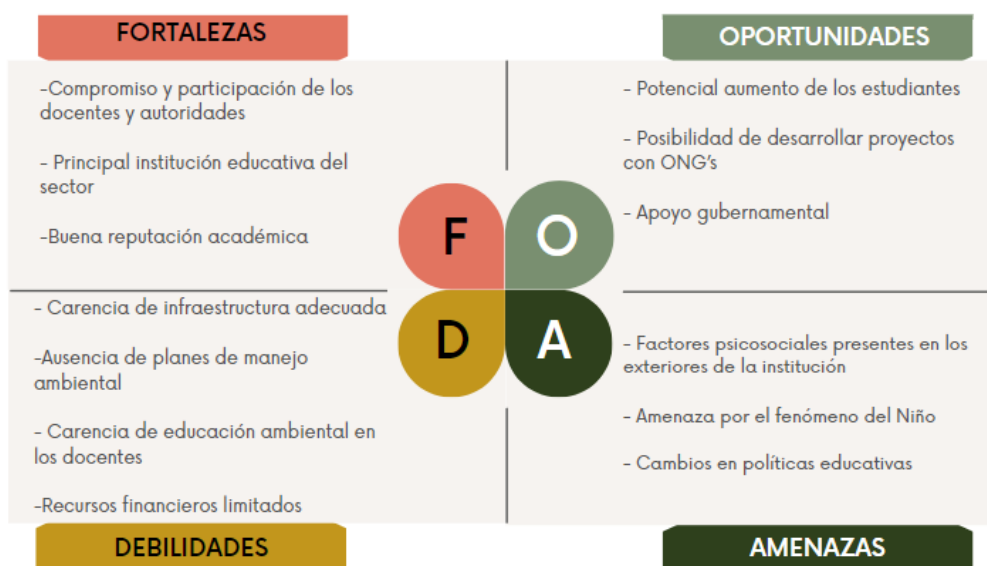
4.2. Análisis de recursos para gestión de residuos

La gestión de residuos sólidos es una cuestión de gran importancia en la actualidad, no solo desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental, sino también en el contexto de la responsabilidad social. En este sentido, las instituciones educativas desempeñan un papel fundamental, ya que no solo son centros de aprendizaje, sino también comunidades que generan una cantidad significativa de residuos. El análisis de los recursos disponibles para la gestión de residuos en la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”, es uno de los pasos para la implementación de un sistema eficiente de manejo de residuos.

Este análisis tiene como objetivo proporcionar una guía que permita evaluar los recursos y las capacidades existentes en la institución. A través de este proceso, se buscará identificar áreas de mejora, desarrollo de estrategias que logren abordar la problemática de los residuos sólidos de manera efectiva. Además, se pretende fomentar la conciencia ambiental y promover la participación activa de la comunidad educativa, es para ello que se ha elaborado el siguiente análisis FODA:

En la siguiente tabla, se llevará a cabo un análisis de los recursos disponibles, personal existente, presupuesto, infraestructura, los equipos y herramientas, la participación de la comunidad y las necesidades identificadas. En base a esta tabla, se establecerán metas y objetivos específicos y se desarrollará un plan de acción de gestión de residuos sólidos en la institución.

Tabla 2. Análisis FODA.



Elaborado por: Diego Bonilla (2023).

Tabla 3. Análisis de recursos para gestión de residuos.

Análisis de recursos para gestión de residuos		
Concepto	Descripción	Anexos
Contenedores para residuos	Existe 2 contenedores para el reciclaje de botellas plásticas, la institución tampoco posee recipientes diferenciados para la recolección de residuos.	Ilustración 16
Personal involucrado	La institución se encuentra conformada por 664 estudiantes, 32 docentes y 6 administrativos	Ilustración 15 Tabla 1
Análisis de presupuesto	En la actualidad, la Unidad Educativa "María Angélica Idrobo" no presenta los recursos económicos suficientes para la implementación del plan. Es por esto, que se busca gestionar ante distintas instituciones, el donativo de las herramientas y equipos que se necesitará.	Tabla 4
Infraestructura	La Unidad Educativa "María Angélica Idrobo", se encuentra dividida en 2 bloques educativos. De igual manera posee laboratorio de computación, coliseo, parqueaderos, piscina para niños, sala de docentes. La institución no cuenta con un gran espacio de áreas verdes.	Ilustración 14
Equipos y herramientas	No existen herramientas o equipos que logren satisfacer la capacidad planteada en el proyecto, por lo tanto, se plantea gestionar las herramientas necesarias, considerando que el principal factor en este plan es la mano de obra.	Tabla 4
Participación de la comunidad	La participación de los PFFF es limitada, por lo tanto, únicamente se considera como comunidad a los estudiantes, administrativos y docentes, dando una mayor responsabilidad a estos últimos.	Ilustración 15
Evaluación de necesidades	Las necesidades relacionadas con la gestión de residuos sólidos son múltiples. El déficit de recipientes, herramientas, contenedores son algunas de las principales necesidades. Sin embargo, la necesidad de una mejor práctica medio ambiental es el principal problema evaluado.	Tabla 2

Elaborado por: Diego Bonilla (2023).

Análisis de presupuesto

Tabla 4. Presupuesto General.

Presupuesto general				
Proyecto	Producto	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo final (\$)
Compostaje	Guantes caucho	2	2	4
	Pala	1	8,5	8,5
	Rastrillo	1	5	5
	Malla	5	7	35
Gestión de Residuos	Contenedores para reciclaje de botellas	2	30	60
	Basureros	6	17,3	103,8
	Bolsas plásticas	5	2	10
Aprovechamiento de agua lluvia	Tanque plastigama	2	198,76	397,52
	Malla retenedora impurezas	1	1,6	1,6
	Cloro líquido	1	2	2
	Manguera	1	10	10
	Accesorios plásticos	1	5	5
Precio total (\$)				642,42

Elaborado por: Diego Bonilla (2023)

En base al presupuesto general, se puede establecer indicadores que ayudarán a comprobar éxito del presente proyecto:

Indicadores

- Aumentar el número de recipientes clasificatorios de residuos a 6.
- La participación de los docentes deberá ser superior al 50% de los existentes.
- Adquirir 2 tanques de almacenamiento de agua con capacidad de 1000 litros cada uno.
- Estudiantes vinculados al proyecto superior al 40%.

Seguimiento

Una vez implementado el plan de gestión de residuos sólidos, se debe implementar un sistema de monitoreo y evaluación, que permita verificar los indicadores establecidos.

4.3. Planificación para la gestión de residuos

En la actualidad, es esencial la gestión de los residuos sólidos en las instituciones educativas, ya que las mismas deben ser miembros activos y comprometidos con la sostenibilidad ambiental. En base a esto, la planificación estratégica establece las bases para un sistema integral que no solo aborde los desafíos actuales de la generación y manejo de residuos, sino que también promueva una cultura amigable con el medio ambiente.

La planificación propuesta abarca diversos aspectos, desde la optimización de espacios en la institución, hasta la educación continua en temas medio ambientales. A medida que se avanza hacia la implementación del plan de gestión de residuos, se plantea identificar un cambio de “chip”, que contribuya al bienestar ambiental y fomente la responsabilidad de todas las partes involucradas, en el cuidado de nuestro entorno. A través de este enfoque, nos proponemos no solo gestionar mejor nuestros residuos, sino también generar una comunidad educativa comprometida con la construcción de un futuro más sostenible y equitativo.

Esta planificación no tiene como objeto únicamente mejorar la infraestructura y los procesos de gestión de residuos, sino que aspira a involucrar activamente a la comunidad educativa en la adopción de prácticas sostenibles.

El crecimiento constante de la población escolar, junto con la diversidad de actividades que se llevan a cabo en la institución, plantea desafíos en términos de la generación y gestión de residuos sólidos. Este plan, aborda todas las fases de la gestión de residuos, desde el diagnóstico inicial de la institución hasta el seguimiento y monitoreo de esta.

La tabla presentada a continuación presenta una visión más amplia de las acciones propuestas, así mismo se plantea fechas aproximadas que servirán como guía durante el proceso de implementación de este. Con el compromiso y la participación activa de todos los miembros de la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”, aspiramos a lograr un futuro más sostenible y generar actores de cambio que puedan replicar estas buenas prácticas en sus hogares.

4.4. Propuesta para aprovechamiento de aguas lluvias

4.4.1. Área de recolección

El área de recolección propuesta se encuentra enfocado en el bloque de básica superior, el mismo que consta de un área de: 590 metros cuadrados

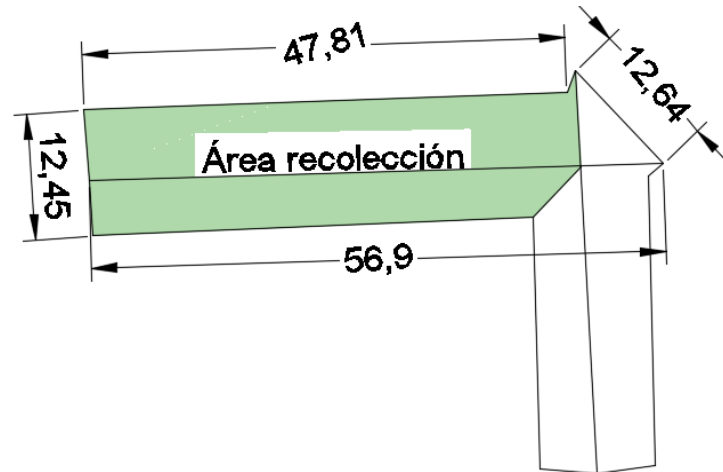


Ilustración 9. Área propuesta para captación de agua lluvia.

La selección de esta área se la realizó ya que, es el área más extensa de captación, así mismo existen bajantes de agua lluvia que facilitan el proceso de aprovechamiento y su localización en la institución es ideal.



Ilustración 10. Vista georreferencial de la Institución.

4.4.2. Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía es una medida que determina el porcentaje de agua que es capaz de fluir desde la superficie del techo, con relación a la cantidad total de lluvia que cae sobre él. Este valor varía según diversos factores como son: material del techo, pendiente, limpieza, intensidad de lluvia, entre otros.

En el área de recolección propuesta, tenemos techo DIPANEL DP5, fabricado en Aluzinc, de esta manera, podremos conocer el coeficiente de escorrentía, mismo que varía en función del material, para el presente caso se utilizará un valor de $C=0.9$

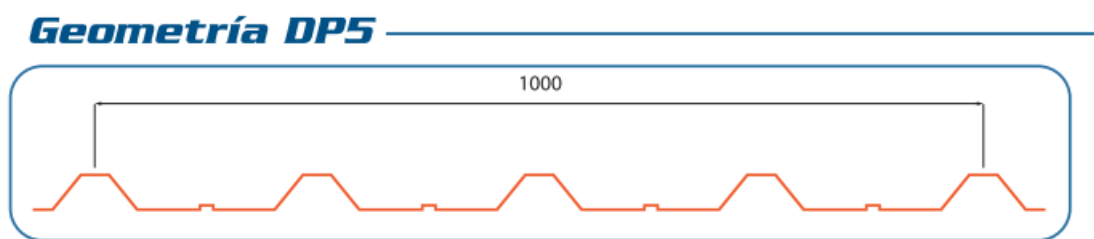


Ilustración 11. Geometría cubierta DIPANEL DP5

4.4.3. Intensidad de agua lluvia

La intensidad de lluvia del sector se la determinó a través de la recopilación de datos de la estación Iñaquito, administrada por el INAMHI. La elección de esta estación se la realizó debido a que es la más cercana, con una distancia en línea recta de 8km, así mismo esta estación es de las más antiguas a nivel nacional, por lo que obtenemos una mayor cantidad de datos, lo que nos proporciona una mejor estadística para la realización de la propuesta de aprovechamiento de agua lluvia en la Unidad Educativa "María Angélica Idrobo".

Tabla 6. Datos mensuales históricos. Estación Iñaquito

DATOS MENSUALES DE HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE ESTACIÓN: IÑAQUITO							CODIGO INAMHI: M0024							
PERIODO: 1975-2021				LATITUD: -0.178300				LONGITUD: -78.487700				ELEVACIÓN: 2789,00 m		
AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA	MEDIA
1975	63,5	208,2	206,1	119,7	160,1	50,1	134,7	46,4	44,5	157,8	95,3	51,3	1337,7	111,5
1976	74,2	84,6	153,0	92,8	122,3	30,2	1,4	1,4	41,2	80,3	90,2	130,4	902,0	75,2
1977	70,6	33,1	142,6	87,2	73,8	50,5	9,5	18,2	119,6	107,2	19,4	117,5	849,2	70,8
1978	58,8	80,0	81,6	115,5	75,5	13,5	72,6	3,2	118,8	21,3	75,5	91,1	807,4	67,3
1979	51,8	43,1	119,0	131,4	169,5	74,8	9,3	76,0	154,8	46,5	51,5	3,5	931,2	77,6
1980	110,3	233,6	70,8	116,8	28,6	27,6	6,6	14,7	67,3	134,7	134,9	70,6	1016,5	84,7
1981	9,6	108,6	152,0	200,8	57,6	25,6	14,9	56,8	38,6	85,0	83,4	112,9	945,8	78,8
1982	140,9	73,8	103,6	148,3	158,8	5,5	38,0	2,7	66,6	195,5	149,5	207,6	1290,8	107,6
1983	95,7	70,1	254,7	209,5	115,2	26,8	6,0	69,6	11,1	74,9	82,8	218,6	1235,0	102,9
1984	72,5	237,0	93,5	217,0	70,9	26,2	10,2	39,0	163,7	143,8	95,8	21,7	1191,3	99,3
1985	57,9			116,4	107,2					62,2			343,7	28,6
1986	92,7	111,9	153,3	154,8	86,0	14,0	0,0	6,0	27,6	86,8	116,0	70,1	919,2	76,6
1987	70,0	53,8	116,2	136,3	129,4	40,2	18,3	10,6	66,1	103,7	8,0	4,5	757,1	63,1
1988	75,1	118,0	25,2	297,8	114,0	100,2	44,8	50,4	138,9	109,5	128,8	63,5	1266,2	105,5
1989	59,1	113,0	158,8	120,8	65,4	64,6	20,1	36,7	108,8	191,2	13,9	40,2	992,6	82,7
1990	46,6	150,2	79,7	124,8	19,7	21,1	15,4	37,1	27,3	246,8	39,9	46,8	855,4	71,3
1991	96,7	48,6	232,9	84,0	104,9	30,0	16,1	2,9	69,0	37,2	134,9	44,3	901,5	75,1
1992	51,3	68,7	105,0	96,1	58,7	14,3	17,9	14,7	109,9	78,3	107,4	45,2	767,5	64,0
1993	111,4	219,3	235,2	228,1	94,6	12,7	8,2	3,3	96,0	72,0	128,5	177,0	1386,3	115,5
1994	193,4	112,2	244,4	201,1	103,2	0,9	2,9	3,4	27,9	90,2	186,8	79,9	1246,3	103,9
1995	14,9	85,2	118,7	158,4	155,4	97,5	42,5	83,9	5,7	152,7	232,4	77,8	1225,1	102,1
1996	146,5	138,3	181,8	199,4	189,4	37,2	29,0	83,2	84,5	169,4	14,4	47,7	1320,8	110,1
1997	140,9	13,2	167,7	83,2	65,9	58,8	0,0	0,0	108,6	152,7	219,2	120,3	1130,5	94,2
1998	58,1	86,5	127,5	143,9	193,9	14,5	32,2	18,8	58,8	103,6	138,6	32,6	1009,0	84,1
1999	81,6	237,2	185,3	234,1	70,1	126,6	25,1	24,8	136,3	87,1	101,0	221,2	1530,4	127,5
2000	177,3	165,8	149,5	187,6	123,8	66,4	22,1	9,7	67,3	43,8	16,7	76,1	1106,1	92,2

2001	84,1	63,9	186,4	63,1	88,8	8,5	35,0	0,0	94,6	9,3	113,6	118,1	865,4	72,1
2002	36,6	59,1	123,1	256,6	133,1	37,3	8,2	9,8	19,2	144,6	95,0	152,9	1075,5	89,6
2003	25,4	79,1	100,9	244,6	28,7	54,1	15,7		67,8	117,7	159,4	103,2	996,6	83,1
2004	56,0	34,4	75,2	156,3	113,8	11,0	6,7	0,6	97,6	98,8	125,5	94,8	870,7	72,6
2005	37,9	150,6	134,3	84,2	37,7	31,8	53,4	26,8	35,6	116,0	58,4	115,1	881,8	73,5
2006	52,3	105,2	202,5	209,5	113,6	50,2	3,1	3,5	35,6	109,5	182,4	183,0	1250,4	104,2
2007	66,2	67,5	177,2	188,1	101,0	22,2	12,5	33,4	3,0	160,1	194,7		1025,9	85,5
2008	156,5	218,4	188,8	203,8	171,3	56,5	12,3	37,0	58,7	235,3	72,4	121,2	1532,2	127,7
2009	165,8	141,5	173,8	161,3	62,7	35,0	2,6	1,0	7,4	69,4	71,3	120,0	1011,8	84,3
2010	4,6	46,0	26,5	220,4		34,5	93,6	59,4	87,8	51,8	167,6	181,7	973,9	81,2
2011	82,4	182,5	145,8	372,9	55,2	28,5	117,2	48,9	73,3	54,8	65,7	107,0	1334,2	111,2
2012	158,9	125,3	143,8	203,4	40,2	21,4	1,8	2,6	12,5	133,8	177,0	60,8	1081,5	90,1
2013	43,0	196,4	83,1	111,0	115,4	0,3	0,1	18,2	31,8	141,7	48,0	46,6	835,6	69,6
2014	138,0	60,6	213,6	46,2	219,2	10,9	0,1	1,7	85,3	144,6	79,2	22,7	1022,1	85,2
2015	63,3	112,8	177,4	102,8	30,8	2,5	46,0	2,1	6,5	91,5	109,3	28,3	773,3	64,4
2016	119,8	18,6	99,5	307,2	70,6	40,3	0,9	16,2	64,0	95,5	46,8	83,8	963,2	80,3
2017	204,9	162,9	319,6	174,1	236,3	88,8	1,1	39,3	16,9	166,4	64,9	146,9	1622,1	135,2
2018	100,0	133,1	82,6	135,5	167,8	30,2	10,9	16,4	24,1	5,7	146,8	6,0	859,1	71,6
2019	79,7	190,4	189,5	168,2	35,4		15,4						678,6	56,6
2020	85,7	46,6			85,4	83,7	54,1	47,7	76,0	83,8	155,7	125,1	843,8	70,3
2021	95,8	146,9	337,4	163,2	117,8	104,2	15,7	47,6	73,7	205,9		130,9	1439,1	119,9

SUMA	4078,3	5235,8	6501,7	7415,0	4738,7	1781,7	1104,2	1125,7	2930,3	5070,4	4598,5	4120,5	46918,5	3909,9
MEDIA	86,8	111,4	138,3	157,8	100,8	37,9	23,5	24,0	62,3	107,9	97,8	87,7	998,3	83,2
MINIMA	4,6	13,2	25,2	46,2	19,7	0,3	0,0	0,0	3,0	5,7	8,0	3,5	343,7	28,6
MAXIMA	204,9	237,2	337,4	372,9	236,3	126,6	134,7	83,9	163,7	246,8	232,4	221,2	1622,1	135,2

Fuente: INAMHI

4.4.4. Volumen de agua a recolectar

El volumen de recolección se lo determinará mediante la siguiente ecuación

$$VR = \frac{I * H * C}{1000}$$

Donde:

I: Intensidad de lluvia (mm)

H: Área de captación (m²)

C: Coeficiente de esorrentía

Para el cálculo, tomaremos los siguientes datos:

I: 83.2 mm

H: 590 metros cuadrados

C: 0.9

$$VR = \frac{83.2 * 590 * 0.9}{1000}$$

$$VR = 44.18 \text{ metros cúbicos}$$

El volumen promedio de agua recolectada será de 44.18 metros cúbicos mensuales o 1500 litros diarios, aproximadamente.

4.4.5. Conducción de aguas recolectadas

El área a recolectar cuenta con canaletas y tuberías, que transportan el agua lluvia desde el techado hasta el suelo, es necesario realizar pequeñas modificaciones en las líneas de conducción, por otra parte, es necesario la instalación de una malla retenedora de impurezas, antes de que el agua ingrese al tanque de almacenamiento.

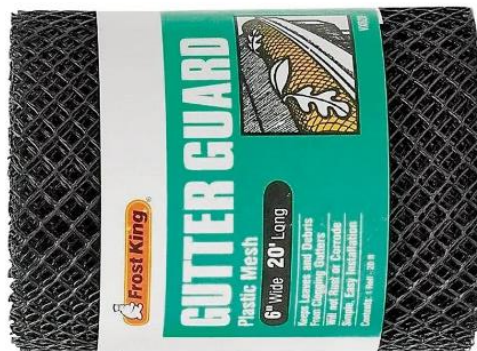


Ilustración 12. Malla retenedora de impurezas

4.4.6. Almacenamiento

En base al volumen de recolección, podemos determinar que necesitaremos dos tanques de 1000 litros cada uno, los mismos que facilitará la distribución del agua recolectada en las distintas áreas de uso en la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo”.

TANQUE APILABLE CÓNICO USO SUPERFICIAL

Apilable, permite el ahorro de espacio al almacenar.



CAPACIDAD Litros	A1 mm	A2 mm	H (con tapa) mm
250	835	590	860
500	1150	710	1080
1000	1241	995	1200

Ilustración 13. Ficha técnica tanque de almacenamiento agua lluvia.

Después de un análisis, en base a los datos obtenidos en las secciones anteriores, se recomienda utilizar un Tanque Apilable Cónico, de 1000 litros de capacidad, el mismo que se detalla en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

La ubicación del tanque será cerca del área de captación, la misma que se encuentra dividida en 2, el área de captación posterior desembocará en un tanque y el área frontal en otro, esto debido a la optimización de los gastos empleados en la implementación del presente sistema de aprovechamiento de agua lluvia. Dado que el consumo promedio por persona en instituciones educativas es de 14 litros diarios, se estima que, al máximo de su capacidad, el tanque sería capaz de cubrir en un 20% la demanda de agua. Este cambio, no solo implica un ahorro económico, sino también una contribución al medio ambiente.

4.4.7. Tratamiento

Se llevará a cabo un método sencillo para tratar el agua de lluvia recolectada, el cual implica la adición de cloro en estado líquido. Esta técnica requiere añadir una gota de cloro por cada litro de agua, asegurando así la calidad y seguridad del suministro. Este proceso desinfectará el agua, eliminando agentes patógenos y garantizando su idoneidad para su consumo no potable dentro de la institución educativa.

$$\text{Volumen Cloro} = 2000 \text{ litros} * \frac{1 \text{ gota}}{1 \text{ litro}}$$

$$\text{Volumen Cloro} = 2000 \text{ gotas}$$

$$20 \text{ gotas} = 1 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen Cloro} = 2000 \text{ gotas} * \frac{1 \text{ cm}^3}{20 \text{ gotas}}$$

$$\text{Volumen Cloro} = 100 \text{ cm}^3$$

En base a los cálculos realizados, el tratamiento para el agua recolectada en cada tanque de 1000 litros, se necesita añadir 50 centímetros cúbicos (equivalentes a 50 ml) y posteriormente un reposo de 30 minutos.

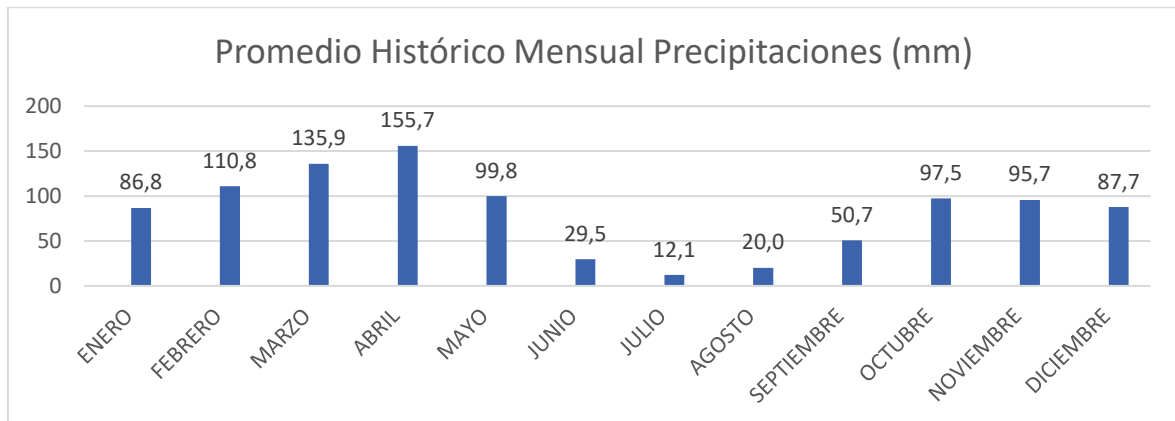
Es importante mencionar que esta técnica de tratamiento de agua no cumple con los estándares necesarios para garantizar que el agua sea segura para el consumo humano, por lo que se debe utilizar únicamente para uso en inodoros, lavado de manos, jardinería, entre otros usos no potables.

La descarga de los inodoros existentes en la institución se encuentra en 6 litros, por lo tanto, si se utiliza el agua lluvia captada en este sistema, tendríamos suficiente líquido para suplir 333 descargas.

4.5. Análisis de resultados

Según datos del Ministerio de Educación, el Régimen Sierra-Amazonía, inicia su periodo lectivo en el mes de septiembre y finaliza en el mes de junio, lo que nos sirve como premisa para analizar los resultados obtenidos en el presente plan de integración curricular.

Tabla 7. Promedio histórico mensual precipitaciones



Fuente: INAHMI

Considerando lo expuesto, se prevé que el sistema de aprovechamiento mantendrá un suministro adecuado en general. No obstante, se observa una disminución de las precipitaciones durante el mes de septiembre, lo que impacta directamente en la reducción del volumen de agua recolectado. Por otra parte, entre octubre y enero es constante en las precipitaciones. Esta regularidad es importante para evaluar los resultados de este estudio. Además, estas precipitaciones superan la media mensual utilizada para calcular el volumen recolectado, lo que indica que no se prevé un déficit en el almacenamiento de agua de lluvia en la institución, en el periodo presentado.

Entre febrero y mayo se observa un aumento en las precipitaciones en comparación con el período anterior. Esto indica que el período de lluvias coincidirá en su mayor parte con el período académico. Por ende, se espera que, durante la mayoría de los días, institución tenga suficiente agua lluvia para llenar los tanques de almacenamiento.

La implementación podría representar una oportunidad financiera para la institución educativa. Se ha proyectado la generación de compost, mismo que podrá ser vendido en función de su calidad y viabilidad, contribuyendo hacia la generación de ingresos adicionales a través de una economía circular. Este enfoque económico no solo promueve la sostenibilidad ambiental al reducir los desechos, sino que también demuestra una posible factibilidad económica mediante la implementación de prácticas de gestión de residuos sólidos más efectivas.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

La efectiva ejecución del plan de gestión de residuos sólidos propuesto dependerá de la integración total de la comunidad educativa, entre profesores, personal administrativo, personal de limpieza y estudiantes. El liderazgo ejemplar por parte de las autoridades de la institución influenciará positivamente en el aprendizaje de los estudiantes. Este enfoque colaborativo no garantizará únicamente una gestión de residuos adecuada, sino también la sostenibilidad a largo plazo de este plan. La integración de todos los actores involucrados fomentará una cultura institucional sólida en cuanto al cuidado del medio ambiente y la gestión responsable de los residuos.

El inadecuado manejo de los residuos sólidos proviene principalmente de los estudiantes, quienes conforman la mayor parte de la comunidad educativa. Esta situación se atribuye principalmente a la falta de educación ambiental proporcionada desde sus hogares y en las instituciones educativas, esto empeora aún más si consideramos la escasez de programas ambientales existentes dentro de la institución educativa. La ausencia de estos planes ahonda en un problema existente.

Se concluye que, la implementación de un sistema de captación y tratamiento de aguas lluvias representa un beneficio importante para la comunidad educativa. Aunque el tratamiento propuesto no alcanza los estándares requeridos para su potabilización, su utilidad sigue siendo considerable debido a su fácil implementación y el uso de materiales disponibles en el mercado. Por lo tanto, la inversión en este sistema de aguas lluvias es altamente factible, debido a que la institución experimentará una reducción significativa en los pagos de agua potable al municipio de Quito. De igual manera, las condiciones existentes en la institución educativa facilitarán la posibilidad de expandir este sistema a distintas zonas.

La instalación de una red de monitoreo meteorológico más cercana a la Unidad Educativa “María Angélica Idrobo” proporcionaría mediciones más precisas de las precipitaciones. Sin embargo, la estación meteorológica “Iñaquito” cuenta con datos históricos que se remontan a 1975, convirtiéndola en una de las estaciones más antiguas de la ciudad. Esta extensa trayectoria contribuye al fortalecimiento de la confianza de los resultados obtenidos en el desarrollo de este plan.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar un diagnóstico exhaustivo y una evaluación de las necesidades y recursos antes de la creación de un plan de gestión de residuos, esto nos permite asegurar un manejo eficiente de los recursos económicos. Al comprender las necesidades, la infraestructura existente y las capacidades disponibles, se establece una base sólida para diseñar un plan integral que optimice los recursos económicos y maximice el impacto ambiental en la gestión de residuos, asegurando su viabilidad y efectividad a largo plazo.

La colaboración de todos en la comunidad educativa es clave en la creación del plan de gestión de residuos. Incluir diversas perspectivas y experiencias garantiza que se atiendan las necesidades específicas de la institución. Este enfoque inclusivo, con estudiantes, personal y padres, fortalece la legitimidad del plan y su probabilidad de éxito. Además, crea un compromiso compartido con la gestión de residuos y una cultura sostenible en la comunidad educativa.

Se recomienda que, una vez elaborado el plan de gestión de residuos sólidos, se realice una socialización con todos los integrantes de la comunidad educativa, incluyendo a la comunidad local y entidades gubernamentales como: distrito de educación. Este proceso busca obtener una retroalimentación y garantizar una comprensión. Al incluir a estas partes interesadas, se promueve la participación ciudadana y se abre la puerta a futuras colaboraciones, de igual manera, esta colaboración y apoyo externo son fundamentales para fortalecer la implementación y sostenibilidad a largo plazo.

Se recomienda la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia que permitan canalizar y almacenar este recurso. Además, es importante educar a la comunidad educativa sobre la importancia de conservar el agua y el uso responsable de este recurso. Esta práctica no solo genera ahorros financieros a largo plazo, sino que también fomenta una cultura de conciencia ambiental y sostenibilidad dentro de la institución educativa, mostrando un compromiso activo hacia la preservación del medio ambiente.

6. Anexos



Ilustración 14. Imagen georreferencial Unidad Educativa "María Angélica Idrobo".



Ilustración 15. Comunidad educativa.



Ilustración 16. Basurero existente en la institución.



Ilustración 17. Bajantes de agua lluvia a recolectarse.



Ilustración 18. Piscina.



Ilustración 19. Lava manos, posible zona de aprovechamiento de agua lluvia.



Ilustración 20. Mapa georreferencial de implantación

6.1. Bibliografía

Pasos para elaborar un buen plan de residuos / Gestión de Residuos Valencia. (s. f.).

<https://www.leonardo-gr.com/es/blog/pasos-para-elaborar-un-buen-plan-de-residuos#:~:text=Un%20Plan%20de%20gesti%C3%B3n%20de,tipo%20de%20residuos%20que%20generan.>

Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) – INABIO. (2019, 30 enero).

<http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2019/01/30/26-gestion-integral-de-desechos-solidos/pngids/#:~:text=El%20Programa%20Nacional%20para%20la,aplicaci%C3%B3n%20del%20principio%20de%20Responsabilidad>

Reyna, A. (2023, 19 julio). ¿Cuál es la diferencia entre sustentabilidad y sostenibilidad?

BBVA NOTICIAS. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/cual-es-la-diferencia-entre-sustentabilidad-y-sostenibilidad/>

Gutiérrez, J. (2009, junio). Impacto Ambiental: definición. Medición del impacto.

https://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14._Impacto_ambiental_lectura_2009_.pdf

COMUNIDAD EDUCATIVA: -. Ministerio de Educación n Nacional de Colombia:: (s. f.).

<https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-82545.html>

Ortega, N. (2020). Educación ambiental y reciclaje de basura en escuelas y colegios, del área urbana del cantón Zaruma. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, carrera de Gestión para el Desarrollo Local Sostenible.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19109/1/UPS-CT008814.pdf>

IRR. (2015). *Reciclaje inclusivo y recicladores de base en Ecuador.* Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo. Recuperado 11 de octubre de 2023, de

<https://latitudr.org/wp-content/uploads/2016/04/Reciclaje-Inlcusivo-y-Recicladores-de-base-en-EC.pdf>

Carrera, N. (2021, 10 noviembre). *Quito a reciclar - EMASEO EP*. Emaseo EP.

<https://www.emaseo.gob.ec/gestion-ambiental/quitoareciclar/>

Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Municipales. (2020). Ministerio del Ambiente y Agua. Recuperado 11 de octubre de 2023, de

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS-MUNICIPAL.pdf>

Sustainability. (s. f.). UNEP - UN Environment Programme.

<https://www.unep.org/es/node/18814>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2020). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales-Gestión de Residuos Sólidos*. Insituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Recuperado 6 de noviembre de 2023, de

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Residuos_solidos_2020/Boletin_Tecnico_Residuos_2020.pdf

MARIA ANGELICA IDROBO en *QUITO - opiniones e información*. (2017, 19 junio).

Escuelas de Ecuador: Información y opiniones Colegios de Ecuador.

<https://www.infoescuelas.com/ecuador/pichincha/maria-angelica-idrobo-en-quito-2/>

Martínez, R. (s.f.). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual.

Revista Electrónica Educare (XIV), 97-11. Obtenido de

www.redalyc.org/pdf/1941/194114419010.pdf

Arana., G. E. (2010, junio). «*Dotación real de agua potable en colegios más representativos de la ciudad de Quito*». Escuela Politécnica Nacional. Recuperado 16 de noviembre de 2023, de

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2475/1/CD-3180.pdf>

Espinoza., F. A. (2021, agosto). *ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA DOTACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.*

Universidad Técnica de Ambato. Recuperado 16 de noviembre de 2023, de

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33242/1/Tesis%20I.%20C.%201492%20-%20Espinosa%20Vaca%20Francisco%20Alejandro.pdf>

Dipac Manta SA, "DIPANEL DP5 GALVALUME." Manta, p. 31, 2020.

Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda

[Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Ginebra:

Organización Mundial de la Salud; 2018. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.