Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Industrial
Unidad de Posgrado

Implementación y alternativa de seguridad ambiental en el manejo y acopio de los residuos solidos en la ciudad de Ica mediante contenedores soterrados

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster profesional en
Prevención de riesgos laborales y ambientales

AUTOR

Ismael Ricardo SAAVEDRA ESPINOZA

ASESOR

Dr. Carlos Augusto SHIGYO ORTIZ

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Saavedra, I. (2026). *Implementación y alternativa de seguridad ambiental en el manejo y acopio de los residuos solidos en la ciudad de Ica mediante contenedores soterrados*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Ismael Ricardo Saavedra Espinoza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09997950
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-0568-6644
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Augusto Shigyo Ortiz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	O6701516
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2355-7584
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Alfonso Ramón Chung Pinzás
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	O9394397
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Leonardo Jave Nakayo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	O1066653
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Jorge Nicolas Alejandro Papanicolau Denegri
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07637233
Datos de investigación	

Línea de investigación	2. SEGURIDAD LABORAL, SALUD OCUPACIONAL, IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y EVALUACIÓN DE RIESGO. ODS 3: SALUD Y BIENESTAR. C17.0.2
Grupo de investigación	NO APLICA
Agencia de financiamiento	NO APLICA.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ica Provincia: Ica Distrito: Ica Latitud: -14.07538 Longitud: -75.73422
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2023 - octubre 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Industrial https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN N°011-UPG-FII-2026

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER PROFESIONAL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES.

En la ciudad de Lima del día martes veintiocho del mes de abril del año dos mil veintiséis, siendo las once y treinta horas, se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **"IMPLEMENTACIÓN Y ALTERNATIVA DE SEGURIDAD AMBIENTAL EN EL MANEJO Y ACOPIO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE ICA MEDIANTE CONTENEDORES SOTERRADOS",** presentado por el **Bach. ISMAEL RICARDO SAAVEDRA ESPINOZA,** para optar el Grado Académico de Magíster Profesional en Prevención de Riesgos Laborales y Ambientales.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido APROBADO con la calificación de QUINCE (15) BUENO

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de **MAGÍSTER PROFESIONAL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES** al **Bach. ISMAEL RICARDO SAAVEDRA ESPINOZA.**

En señal de conformidad, siendo las **12:30 horas** se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

DR. ALFONSO RAMÓN CHUNG PINZÁS
Presidente

DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO
Miembro

MG. JORGE NICOLAS ALEJANDRO PAPANICOLAU DENEGRI
Miembro

DR. CARLOS AUGUSTO SHIGYO ORTIZ
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

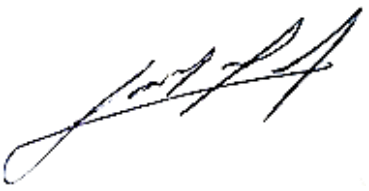
Anexo 1

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **CARLOS AUGUSTO SHIGYO ORTIZ** en mi condición de asesor acreditado mediante **DICTAMEN N°031-UPG-FII-2024** de la tesis, cuyo título es: "**IMPLEMENTACIÓN Y ALTERNATIVA DE SEGURIDAD AMBIENTAL EN EL MANEJO Y ACOPIO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE ICA MEDIANTE CONTENEDORES SOTERRADOS",** presentado por el bachiller **ISMAEL RICARDO SAAVEDRA ESPINOZA** para optar el grado académico de **MAGÍSTER PROFESIONAL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES**, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **07%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado académico de **de MAGÍSTER PROFESIONAL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES.**

Lima, 01 de junio de 2026



Firma del Asesor _____

Nombres y Apellidos del asesor: **CARLOS AUGUSTO SHIGYO ORTIZ**

DNI: **O6701516**

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Dedicatoria

A mi papá Ismael Saavedra Valdiviezo y a mi madre Nelly Espinoza Ocón por apoyarme siempre en mis metas Profesionales. Los quiero Mucho

A Dios por darme la oportunidad de lograr objetivos importantes con salud, perseverancia en esta etapa profesional y permitirme lograr culminar mi maestría. Gracias Señor.

Agradecimientos

A mi pareja, compañera y esposa Caty Escalante Hernández por el apoyo permanente para llevar y culminar esta maestría.

A mis amigos de la maestría Oscar Bianchi, Ketty Molina y Miriam Salcedo que en constante trabajos tuvimos un grupo importante para culminar Maestría.

Al Ing. Oscar Rafael Anyosa quien fue Decano Departamental de Lima que con su apoyo logre la madurez profesional en una entidad muy importante como lo es el Colegio de Ingenieros del Perú.

Al colegio de Ingenieros del Perú por permitirme mostrarme y aportar Profesionalmente con ética las labores encomendadas.

A mis hijos Alejandro y Alexandra por ser siempre el motor de motivación para seguir con las sendas y objetivos profesionales.

A la Familia Escalante Hernández por estar siempre al pendiente de mi avance profesional y académico, al fin lo logre.

A mis amigos de Física, Angélica, Alejandro María Luisa que siempre estaban al pendiente de mis conferencias de Seguridad y Salud en el trabajo.

A mi grupo del Diplomado ITSE de la Universidad Continental que estuvieron apoyando en la difusión de mis conferencias.

A todos los Profesores de esta maestría que nos Apoyaron siempre en salir adelante y seguir escalando profesionalmente.

Finalmente, al Ing. Carlos Shigyo asesor de mi tesis para optar el grado de Ingeniero y ahora como asesor para optar el grado de Magister en Ingeniería Industrial.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN viii
ABSTRACT ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1
1.1. Situación problemática 1
1.2. Formulación del problema 9
1.2.1. Problema General 9
1.2.2. Problemas Específicos 9
1.3. Justificación de la investigación 9
1.4. Objetivos de la investigación 11
1.4.1. Objetivo General 11
1.4.2. Objetivos Específicos 11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 12
2.1. Antecedentes 12
2.2. Bases teóricas 17
2.3. Glosario 26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 28
3.1. Hipótesis general 28
3.2. Hipótesis específicas 28
3.3. Identificación de variables 28
3.4. Operacionalización 29
3.5. Matriz de consistencia 30
3.6. Tipo y diseño de investigación 32
3.7. Unidad de análisis 32
3.8. Población de estudio 32
3.9. Tamaño de muestra 33

3.10. Selección de la muestra 33
3.11. Técnicas de recolección de datos 33
3.12. Análisis e interpretación de la información 34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35
4.1 Resultados 35
4.2 Comprobación de hipótesis 36
4.3 Prueba CHI-CUADRADO 39
4.4 Discusión 40
4.5 Identificación de zonas críticas para la instalación de contenedores 41
CAPÍTULO V: IMPACTOS 44
CONCLUSIONES 47
RECOMENDACIONES 49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50
ANEXOS 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables 29
Tabla 2 Matriz de consistencia 31
Tabla 3 Tamaño de muestra y Técnica de datos 34
Tabla 4 Percepción de la acumulación de residuos sólidos en la ciudad de Ica 36
Tabla 5 Contraste de hipótesis 38
Tabla 6 Cuadro de contingencia 39
Tabla 7 Costos y beneficios estimados de la propuesta de implementación de contenedores soterrados 44
Tabla 8 Costo anual de operación y mano de obra del sistema tradicional de recojo de residuos 45
Tabla 9 Costo anual de operación y mano de obra del sistema de contenedores soterrados para el recojo de residuos 45
Tabla 10 Cuadro comparativo de costos: sistema tradicional vs soterrado 46
Tabla 11 Opinión de la Población sobre el impacto ambiental de los contenedores soterrados (n=217p) 55
Tabla 12 Percepción de la población de ICA sobre la reducción de la contaminación con Contenedores Soterrados 56
Tabla 13 Opinión de la Población sobre la creación de asociaciones de recicladores. 56
Tabla 14 Opinión de la Población sobre la implementación de Contenedores Soterrados en la Ciudad de Ica 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Contaminación ambiental que se produce diariamente 2
Figura 2 Acumulación de residuos sólidos en un distrito de Ica (Av. San Martin) 4
Figura 3 Acumulación de Residuos Sólidos en diferentes puntos del Perú 6
Figura 4 Contenedores Soterrado en la Ciudad de España por clasificación de residuos sólidos 7
Figura 5 Arrojamiento de residuos sólidos en botadores informales en la ciudad de Ica 8
Figura 6 La Cloaca Máxima en Roma finales del siglo XIX 14
Figura 7 Personal del servicio de recogida de residuos sólidos de París a finales de los años 1920 16
Figura 8 Modelo de un contenedor Soterrado en 3D 21
Figura 9 *Plan piloto de Instalación de Contenedores Soterrados en la Ciudad de Ica* 43

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo la implementación de seguridad ambiental en el manejo y acopio de los residuos sólidos en la ciudad de Ica mediante contenedores soterrados. Las grandes acumulaciones de residuos son uno de los problemas medioambientales que en la actualidad genera mayor preocupación a la sociedad en el Gobierno Regional de ICA, debido a sus botaderos. La gestión de residuos sólidos (GRS) y su eliminación representa enorme desafío en las ciudades modernas. La estructura urbana y el incremento de desechos complican su manejo, generando dificultades para las autoridades. Por ello, se requiere implementar alternativas innovadoras y sostenibles que permitan mejorar la eficiencia del sistema y contribuyan a una mejor calidad de vida de los pobladores citadinos. Se realizó un enfoque cuantitativo y cualitativo. Los contenedores soterrados fueron una alternativa cada vez más atractiva para el recojo selectivo de residuos sólidos urbanos. Permiten ocultar los Residuos Sólidos, ofreciendo con ello una mejora estética y también un aprovechamiento potencial del entorno. Este proyecto significó reducir el riesgo ambiental que existen en varios departamentos y se estaría proyectando en modernidad de la Ciudad de Ica.

Palabras clave: Seguridad Ambiental, Residuos Sólidos. Contenedores Soterrados, Contaminación ambiental, deterioro del ecosistema

ABSTRACT

The thesis aimed to implement environmental safety measures in the management and collection of solid waste in the city of Ica using underground containers. The large accumulation of waste is one of the environmental issues of greatest concern to society in the ICA Regional Government, due to its landfills. Waste management and disposal represent one of the greatest challenges in modern cities. The urban structure and the increase in waste complicate its management, generating difficulties for authorities. Therefore, innovative and sustainable alternatives are required to improve the efficiency of the system and contribute to raising the quality of life of the urban population. A quantitative and qualitative approach was used. Underground containers were an increasingly attractive alternative for the selective collection of urban solid waste. They allow garbage to be hidden, thereby offering an aesthetic improvement and also a potential benefit to the environment. This project meant reducing the environmental risk that exists in several departments and would be projected into the modernization of the city of Ica.

Keywords: Environmental Safety, Solid Waste, Underground Containers, Environmental Pollution, Ecosystem Degradation

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los contenedores soterrados representan una alternativa cada vez más beneficiosa para recolectar residuos sólidos urbanos, asimismo, se presenta como una manera estética de evitar el problema de los malos olores que actualmente muchas ciudades tienen ya que descuidan la recogida de los residuos sólidos.

Es importante resaltar este sistema no se puede aplicar a todos los residuos, pero sí se puede evolucionar en los contenedores utilizados para esta recogida. Este enfoque forma parte del sustento del diseño y aplicación de los contenedores soterrados, cuya instalación es importante ya que disminuye el impacto ambiental, pues se necesita trabajar en la población una sensibilización y cambios de hábitos en el desecho de los residuos sólidos orgánicos.

Los contenedores soterrados representan un sistema de GRS donde el depósito se oculta bajo tierra, dejando solo una abertura en la superficie (un buzón) para depositar los desechos. A diferencia de los depósitos tradicionales, los soterrados mejoran la estética del espacio público, reducen malos olores, evitan la acumulación de Residuos Sólidos en los espacios públicos y evita que los recicladores desmenucen los Residuos Sólidos. Para su vaciado, los camiones de recolección activan un mecanismo que eleva los contenedores desde un brazo hidráulico hasta el nivel de la calle, permitiendo su extracción y posterior vaciado de forma eficiente**.**

1.1. Situación problemática

Según Limache (2024), el aumento de la población en diversas ciudades latinoamericanas, sumado a una gestión pública ineficiente y a la falta de políticas adecuadas, ha provocado un desorden urbano que complica la

recolección y la gestión de los residuos. Esta situación incrementa la contaminación del ambiental, acelerando el deterioro del ecosistema y poniendo en riesgo la salud humana, ya que las partículas contaminantes pueden generar enfermedades cardiovasculares, respiratorias y otros perjuicios físicos. Además, este problema repercute negativamente en la flora y la fauna. Según Kumar (2020), las acumulaciones inadecuadas de residuos sólidos en los vertederos favorecen su descomposición, lo que genera emisiones contaminantes y olores desagradables que afectan a las zonas aledañas, además de dificultar la gestión administrativa. Cabe señalar que este problema no solamente es de las autoridades sino también de la misma gente que no tiene conciencia ambiental. La falta de una cultura de sensibilización hace que la población no tenga conciencia y el impacto que puede originar la contaminación en nuestro planeta.

Figura 1

Contaminación ambiental que se produce diariamente



Fuente: Diario El Correo (2019). Recuperado de https://diariocorreo.pe/edicion

Según Cueva (2022), el ineficiente manejo de los residuos sólidos está vinculado al incumplimiento de normativas establecidas para su adecuada gestión, lo que favorece la proliferación de roedores y otros vectores que afectan la salud pública y el medioambiente. Asimismo, la incorrecta disposición de los Residuos Sólidos

genera riesgos sanitarios por la presencia de insectos y animales como moscas, ratas y cucarachas, que pueden transmitir diversas enfermedades. Por ello, es fundamental realizar una gestión adecuada y una disposición sanitaria de los desechos, conforme a lo establecido por el Ministerio de Salud. El crecimiento poblacional ha provocado una sobreproducción de residuos y un uso ineficiente de los mismos, convirtiéndose en un problema de gran relevancia que requiere atención urgente y la implementación de medidas efectivas a corto, mediano y largo plazo. Aunque es sabido que la limpieza de los espacios públicos no está bajo la exclusiva responsabilidad de las autoridades, ya que también debe ser asumida por cada uno de los ciudadanos, empero es más cómodo lanzar los desperdicios en las vías y otros espacios. Todos los individuos cumplen roles importantes en la sociedad, uno de los cuales consiste en mantener y promover una cultura conservacionista para mantener la limpieza en el ambiente. Para lo cual hay que realizar programas de sensibilización a toda la población del impacto negativo ambiental que podría generar echar estos desperdicios de manera irregular.

Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2020), entre las mejores prácticas se encuentra el diseño de contenedores para recolectar residuos que sean accesibles y fáciles de utilizar. Cuando los contenedores urbanos presentan dificultades de uso, como tapas pesadas o mecanismos complicados, las personas tienden a dejar los Residuos Sólidos fuera en lugar de depositarla dentro. Esto no solo provoca problemas de higiene, sino que también retrasa el proceso de recolección, ya que los residuos dispersos requieren más tiempo para ser recogidos. En lugares donde los niños suelen encargarse de desechar los residuos domésticos, se ha comprobado que resulta beneficioso implementar

contenedores de menor altura y con tapas ligeras o de fácil apertura, facilitando así su uso por parte de todos los ciudadanos.

Este trabajo se enfoca en la ciudad de Ica, debido a que la contaminación ambiental genera una imagen negativa de la ciudad, esto se evidencia por la proliferación de mosquitos, zancudos, moscas y otros insectos causada por los basureros en diversas áreas. La proliferación sustancial de estos insectos ha alcanzado un nivel que está fuera de control; en consecuencia, es vital que la autoridad de salud pública tome medidas preventivas. Esta situación puede atribuirse a la considerable acumulación de Residuos sólidos en todo el paisaje urbano, especialmente en las proximidades de numerosos mercados. Dado el aumento de las poblaciones de insectos, existe una preocupación generalizada entre la población por el hecho de que esto pueda tener graves repercusiones y culminar en una epidemia o en la aparición de enfermedades transmisibles como el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería y el dengue, entre otras. Los lugares que presentan las mayores concentraciones de Residuos Sólidos se encuentran predominantemente en mercados y lotes baldíos o áreas no urbanizadas.

Figura 2

Acumulación de residuos sólidos en un distrito de Ica (Av. San Martin)



Fuente: Diario El Correo (2019). Recuperado de https://diariocorreo.pe/edicion

En los alrededores de todos los mercados de Ica, clientes, moradores y comerciantes han convertido las vías públicas botaderos, problema que es agudizado por quienes recogen de manera informal los Residuos Sólidos en sus triciclos, ya que reciben dinero por bolsa recogida, que posteriormente es arrojada allí mismo. mediante estas actividades se saca los Residuos Sólidos de las casas, empero se agudiza el problema en el entorno, al que también contribuyen los botes de desmonte. El río Ica, durante el periodo de setiembre-diciembre, presenta una mayor presencia de residuos sólidos que de caudal hídrico, lo cual genera constantes quejas por desbordes de los vecinos aledaños, la principal causa de dichos desbordes resulta ser la acumulación de desperdicios que obstruye el cauce. Asimismo, en distritos como Subtanjalla, San Joaquín, la Tinguiña, Parcona, entre otros distritos de Ica, se hizo un recorrido donde la población no tiene la cultura de los Residuos Sólidos, así como los recicladores que vienen por la noche a abrir los Residuos Sólidos echada por la población producto de la falta de recojo de los Residuos Sólidos por lo camiones recolectores.

La cuestión de los residuos representa un desafío importante para la población mundial. En consecuencia, los recipientes de residuos deben cumplir un principio fundamental: deben poseer características ambientalmente sostenibles, dado que todos esos contenedores, en diversos grados, contribuyen a la contaminación. En la actualidad, los contenedores de residuos subterráneos están estableciendo cada vez más su presencia en comparación con los recipientes convencionales, y se perfilan como una alternativa que está cosechando un número cada vez mayor de adeptos en los entornos urbanos.

Estos contenedores, que se instalan de forma subterránea, pero con ventanillas superficiales que permiten que los ciudadanos arrojen los Residuos Sólidos,

representa un método bastante más higiénico para la colectividad, ya que ayuda a la conservación ambiental.

Figura 3

Acumulación de Residuos Sólidos en diferentes puntos del Perú



Fuente: “Foto que muestra cómo las personas contaminan el medio ambiente” Recuperado de https://es.123rf.com/photo_57597462_foto-que-muestra-c%C3%B3mo-las-personas-contaminan-el-medio-ambiente.html

Actualmente, los incrementos sostenidos en la generación de residuos constituyen una preocupación trascendental en el ámbito mundial. Frente a esto, la reducción de desechos en el punto de origen y su reciclaje se presentan como estrategias fundamentales para mitigar sus impactos. En ese contexto, el presente estudio se aboca a mejorar la GRS urbanos mediante la implementación de contenedores soterrados automatizados, que representa una solución innovadora. Este sistema se compone de una estructura subterránea de concreto que alberga los contenedores, permitiendo que en la superficie únicamente sea visible el punto de depósito.

Muchos de los residuos que se tiran por el planeta Tierra muestran necesidad de reciclar y de cambiar el estilo de vida hacia un enfoque más sostenible y limpio.

Además, este tipo de infraestructura favorece condiciones adecuadas de higiene y control, ya que limita el acceso directo a los residuos por parte de. personal no autorizado, contribuyendo así a una gestión más eficiente y segura del servicio de limpieza urbana.

Figura 4

Contenedores Soterrado en la Ciudad de España por clasificación de residuos sólidos



Fuente: Diario del Otún. (2022) Recuperado de https://www.eldiario.com.co/noticias/risaralda/pereira/ya-esta-funcionando-el-sistema-de-contenedores-soterrados/

Figura 5

Arrojamiento de residuos sólidos en botadores informales en la ciudad de Ica



Fuente: Diario El Correo. Recuperado de https://diariocorreo.pe/edicion

1.2. Formulación del problema

El aumento de las acumulaciones de residuos en las calles es un problema que afecta a los distritos de Ica, este fenómeno es ocasionado por el crecimiento poblacional desmedido, la falta de cultura cívica, la actividad no regulada de recicladores que generan proliferación de la contaminación ambiental y otros factores. En conjunto estos son los principales causantes de este serio inconveniente.

1.2.1. Problema General

P.G ¿En qué medida la implementación de un sistema de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos mediante contenedores soterrados se asocia con los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica?

1.2.2. Problemas Específicos

PE01: ¿En qué medida la implementación de contenedores soterrados se asocia con el manejo de residuos sólidos en la ciudad de Ica?

PE02: ¿En qué medida las estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos se asocian con los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica?

1.3. Justificación de la investigación

Los contenedores de residuos subterráneos equipados con plataformas representan una solución muy preferida para el almacenaje de residuos sólidos en entornos urbanos. Estos contenedores están ubicados estratégicamente dentro de un pozo subterráneo, que está cubierto por una plataforma transitable que cuenta con un buzón a través del cual los usuarios pueden depositar sus

materiales de desecho. Están situados dentro de un pozo que está protegido por una plataforma transitable, lo que facilita la eliminación de los residuos a través de un buzón al que pueden acceder los usuarios. Una vez instalados, los contenedores subterráneos se integran perfectamente en el entorno circundante, lo que promueve una experiencia de eliminación de residuos sencilla e higiénica para la población.

La implementación de estos sistemas en el paisaje urbano de Ica contribuiría significativamente a ocultar los residuos, recuperar el espacio para usos alternativos, reducir la presencia de mobiliario urbano visible y fomentar un entorno más higiénico.

Esta iniciativa tiene como objetivo mitigar la generación de residuos sólidos mediante la gestión y recolección de dichos residuos en la ciudad de Ica, aprovechando el enfoque innovador de incorporar contenedores subterráneos como una opción cada vez más atractiva para la selectiva recolección de tales residuos.

La implementación de estos sistemas mejora la facilidad de uso para la comunidad, ya que son sistemas sencillos que se colocan a una altura que es fácilmente accesible para todas las personas y que pueden mantenerse con un mínimo esfuerzo y gasto. Los méritos de esta metodología de recolección de residuos urbanos se pueden resumir de la siguiente manera:

• Mayor capacidad, dado que estos contenedores son subterráneos, es factible instalar contenedores de mayor capacidad.

• Mejora de la estética, ya que los contenedores subterráneos inhiben la acumulación de varios tipos de contenedores y los Residuos Sólidos que a menudo los rodea.

Una de las alternativas más viables para la ciudad de Ica consiste en utilizar contenedores subterráneos equipados con plataformas y mecanismos hidráulicos que funcionan como un cajón, ocultando eficazmente estos contenedores por debajo del nivel del suelo, a diferencia de los contenedores tradicionales que suelen estar situados en la superficie.

Los contenedores Soterrado permiten ocultar los Residuos Sólidos, ofreciendo con ello una mejora estética y también un aprovechamiento potencial del entorno.

Realmente es una solución más higiénica, no solo porque los Residuos Sólidos no esté por encima de la acera (aunque sea dentro de un contenedor), sino porque los materiales utilizados evitan que se produzcan filtraciones o incluso ayudan a reducir los malos olores.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

- Determinar en qué medida la implementación de un sistema de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos mediante contenedores soterrados se asocia los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar en qué medida la implementación de contenedores soterrados se asocia con el manejo de residuos sólidos en la ciudad de Ica.
- Determinar en qué medida las estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos se

asocian con los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Históricamente los Residuos Sólidos ha fungido para las sociedades que la producen su propio retrato descarnado. Según López (2021), el modo de vida ha determinado el tipo de residuos que genera. Asimismo, según Barles (2021), la historia de los desechos refleja la historia de la sociedad; los Residuos Sólidos actúa como un espejo que muestra todo lo que se consume.

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Barragán & Carolina (2016), desarrollaron en la ciudad de Guayaquil una propuesta orientada a implementar un novedoso método de recolección y almacenamiento de desechos sólidos domésticos en determinados barrios. Esta iniciativa surgió como respuesta a los problemas ambientales ocasionados por la acumulación de Residuos Sólidos, con el propósito de analizar la viabilidad de dicho sistema y promover una mejora en la GRS, lo que contribuye a un entorno más limpio y ordenado en las zonas intervenidas.

La Tirajala (2021), describe las ventajas de los contenedores soterrados en la GRS de origen urbano. Subraya que los Residuos Sólidos oculta bajo tierra mejora la estética urbana y que el sistema contribuye a una mejor organización en la recogida de residuos. Aunque no ofrece cifras específicas, destaca el impacto positivo en el control de los Residuos Sólidos y la mejora ambiental en las ciudades modernas.

Según Alió (2021), desde finales del siglo XIX, la gestión de los residuos se centraba en eliminar los materiales que afectaban la marcha de la ciudad y representaban un problema, especialmente para las clases más acomodadas. Esta estrategia, durante más de un siglo, se basó en trasladar dichos desechos a zonas con poca población o habitadas por personas con escasa capacidad de influencia.

De acuerdo con López (2021) gestionar los desechos no es un problema actual. Surgió en la época en que las comunidades humanas se volvieron sedentarias durante el Neolítico (alrededor del 5 000 a. C.), momento en que los asentamientos comenzaron a crecer y apareció la necesidad de disponer los residuos en lugares donde no generaran molestias. Este problema se evidenció en sociedades grandes como Egipto y Mesopotamia, lugares donde se crearon vertederos ubicados a varios kilómetros de Menfis. El Imperio Romano destacó por sus avanzadas obras de ingeniería en el ámbito sanitario, entre las cuales destacan la construcción de la Cloaca Máxima alrededor del 390 a. C. y la implementación de letrinas públicas. No obstante, el tratamiento de los residuos sólidos era mucho más rudimentario: en Roma, por ejemplo, existía el Monte Testaccio, considerado en el mundo antiguo como uno de los vertederos más grandes, donde se acumularon cerca de 500,000,000 m^3 de fragmentos de ánforas. Este hecho ilustra el tamaño del problema en aquel tiempo y demuestra que el principal desecho urbano romano eran las ánforas.

Figura 6

La Cloaca Máxima en Roma finales del siglo XIX



Fuente: Cloaca Máxima de Roma Vista del antiguo Sostrizioni realizado por Tarquinio Superbo https://www.meisterdrucke.es/impresion-art%C3%ADstica/Giovanni-Battista-Piranesi/1359775/.html

En diversas regiones de Europa durante la Edad Media, la gestión de los residuos era prácticamente inexistente, por lo que los desechos domésticos y restos orgánicos solían ser eliminados directamente en los espacios públicos. Esta práctica generaba condiciones insalubres, favoreciendo la proliferación de animales y vectores transmisores de enfermedades.

Como consecuencia de estos problemas sanitarios, a partir del siglo XIII comenzaron a implementarse disposiciones normativas orientadas a regular la disposición de residuos y a reducir los efectos negativos asociados a los malos olores y la contaminación del entorno. En ese periodo no se contaba con sistemas formales de recolección ni infraestructura adecuada, lo que evidencia

que la problemática ambiental vinculada a los residuos tiene un origen histórico de larga data.

La acumulación de Residuos Sólidos y sus impactos sobre la salud y el ambiente no son un fenómeno reciente, sino una situación persistente a lo largo del desarrollo de las sociedades humanas.

En la revolución industrial aparecieron los desechos inorgánicos, época en la que también surgieron, sin control sanitario y en las cercanías de las ciudades grandes vertederos. La producción a vapor a partir del uso como combustible del carbón forzó en 1874 la construcción para producir vapor y energía del primer incinerador de Residuos Sólidos en Nottingham. “En esta época surgieron las primeras tecnologías de tratamiento de residuos urbanos y los sistemas de recogida de Residuos Sólidos totalmente organizados, junto a la limpieza sistemática de las calles”, dice López Álvarez.

Recién en el Siglo XIX se pensó que reciclar los Residuos Sólidos sería beneficioso para las grandes industrias. Para Sabine Barles, los aportes más relevantes provienen de Alemania, el primer país que instaló un contenedor soterrado en 1904.

El contenedor fue instalado en la ciudad de Berlín y fue diseñado por el ingeniero Karl Bernhard. El contenedor estaba hecho de hormigón y tenía una capacidad de 20 metros cúbicos. Sin embargo “después de la Segunda Guerra Mundial las ciudades comenzaron a ser más conscientes del problema de los residuos porque las cantidades crecían y eran de nuevas clases”. López Álvarez coincide en que “Tras la Segunda Guerra Mundial y la generalización del uso del petróleo como combustible y elemento de síntesis química orgánica, proliferaron los plásticos, cartones y residuos químicos”.

En 1968 surge el movimiento ecologista. El incremento de las catástrofes ambientales durante la década siguiente incrementó las presiones para que los organismos internacionales intervinieran en la búsqueda de soluciones. La entrada de España a la UE “fue un punto de inflexión para la GRS en todas sus dimensiones”, dada su capacidad para aumentar la conciencia sobre los desafíos que presentan para la integridad ecológica y la salud pública, refinando las estrategias de saneamiento urbano, actualizando las infraestructuras de recolección de residuos, instituyendo medidas reguladoras en las operaciones de vertederos e incineradores y reforzando los principios de la economía circular como un paradigma innovador para la producción y el consumo.

Figura 7

Personal del servicio de recogida de residuos sólidos de París a finales de los años 1920



Fuente: https://www.lavanguardia.com/historiayvida

ANTECEDENTES NACIONALES

Mendoza (2019) no se centra en los contenedores soterrados, es relevante para entender el contexto en el que estos podrían ser implementados. La mejora de los contenedores es un componente esencial en la modernización de la GRS, y un plan de manejo integral como el propuesto en esta tesis podría contemplar soluciones tecnológicas avanzadas como los contenedores soterrados para mejorar la eficiencia del servicio y reducir la contaminación.

Según Mayorca (2020), la tesis se centra en el uso de contenedores soterrados inteligentes con sensores para monitorear el nivel de llenado. Aunque no presenta resultados de una implementación real, propone que el sistema podría optimizar el recojo de Residuos Sólidos, reducir los costos de combustible y disminuir la contaminación visual.

Según Mamami (2023), examina la propuesta de implementar contenedores soterrados como una alternativa para el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) en la ciudad. Resalta que esta medida podría optimizar el aprovechamiento de los RSU, la promoción de la conciencia ciudadana y el fomento de la participación activa de la población en la gestión de los residuos.

2.2. Bases teóricas

Gestión integral de residuos sólidos (GIRS)

La GIRS se entiende como un enfoque amplio y organizado que agrupa acciones, estrategias y políticas orientadas a manejar de forma adecuada los residuos que genera la población, desde el momento en que se producen hasta su disposición final. Dentro de este proceso se incluyen etapas como: generar, segregar, recolectar, transporte, tratamiento, valorización y destino final, con el propósito de reducir los impactos negativos sobre el medioambiente y proteger la salud pública (Universidad Autónoma del Perú [UAP], 1993).

La gestión GRS fomenta la reducción de los residuos, así como su reutilización y reciclaje, reconociendo que muchos de ellos pueden ser aprovechados como recursos. Es por esto que la correcta separación y clasificación de dichos residuos se consideran como practicas esenciales para la mejora de eficiencia en el sistema

Del mismo modo, la GRS incorpora componentes educativos y sociales, ya que la participación de la población resulta clave para que los sistemas de GRS sean exitosos. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (2015), la sensibilización ambiental y la adopción de hábitos responsables por parte de los ciudadanos permiten fortalecer los procesos de reciclaje y disposición adecuada, lo que contribuirá a la sostenibilidad de la gestión.

En el contexto urbano, la implementación de tecnologías como los contenedores soterrados se enmarca en la GIRS como una estrategia técnica que mejora el almacenamiento de los residuos, reduce la exposición directa de las poblaciones a focos de contaminación y disminuye los riesgos ambientales asociados a una mala disposición de los Residuos Sólidos

Contenedores Soterrados

Los contenedores soterrados se hicieron populares en Alemania en la década de 1920 y, en las siguientes décadas, se extendieron a otros países europeos. En 1960, los contenedores soterrados comenzaron a instalarse en los Estados Unidos.

Según García (2020), en España la iniciativa se dio en 1990, La Coruña fue la ciudad pionera en disponer de contenedores soterrados de $5m^3$ y $3m^3$ para el residuo selectivo. Los municipios de Cataluña tienen cada vez más seguidores. Actualmente hay 90 municipios que implementaron este sistema en sus comunidades y varios están en proceso.

Según Fernández (2009), el sistema ha sido implementado mayormente en pequeños municipios, lo cual no implica que sólo opere en esta escala. En Italia la ciudad de Monza, con 100 000 moradores, lo implementó en 1993 y continua en funcionamiento en la actualidad.

Según Andina (2009) en Perú, en el Distrito de San Borja en el año 2009 teniendo como alcalde al Dr. Alberto Tejada Noriega se instalaron los primeros 50 contenedores Soterrados, lo que colocó a San Borja como el primer distrito en colocar aplicar esta mejora para el medioambiente en el recojo de los Residuos Sólidos, intercambiando los camiones de por grúas con brazo hidráulico. A este lo siguieron los distritos de La Molina, Miraflores, San Isidro y Ate en el año 2017. Luego de la implementación de los contenedores soterrados se observaron mejoras considerables entre la relación Bienestar del distrito.

Hoy en día está comprobado que los contenedores soterrados son la solución definitiva en todo el mundo de la contaminación ambiental, esto deja en evidencia el trabajo pendiente que se debe realizar, sobre todo en los sectores menos atendidos por el gobierno central, por lo que en dialogo con el Gobierno Regional de Ica se ha presentado este proyecto por el alto índice de contaminación y la falta de sensibilización en el desecho de los Residuos Sólidos.

Los contenedores soterrados se utilizan para almacenar los residuos sólidos urbanos, por lo cual se ocupa menos espacio en la superficie. Pre suponen un almacenamiento más cómodo e higiénico para la ciudadanía.

La instalación de estos contenedores es realizada bajo tierra, el mecanismo de acción depende de buzones colocados en la superficie que permiten que el ciudadano deseche los residuos y estos no queden a la intemperie, de forma que es mucho más higiénico para el espacio que lo rodea y beneficioso para el medio ambiente. Este sistema presenta una compatibilidad perfecta con el marco de

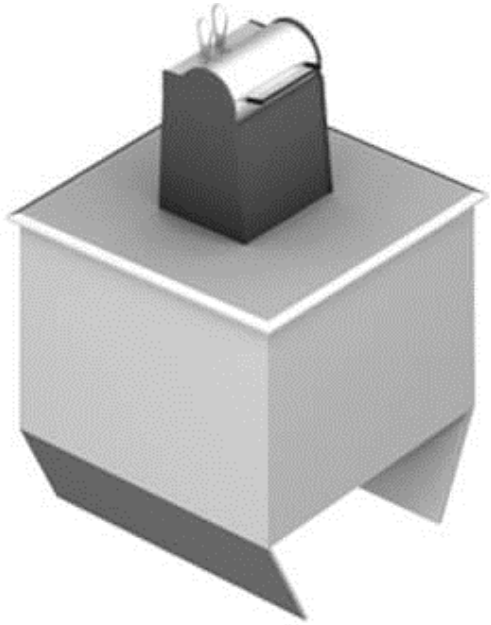
recolección existente, lo que facilita su instalación exclusivamente mediante la ejecución de las obras subterráneas civiles necesarios asociados al equipo.

El mecanismo operativo que se empleará es el doble gancho superior, y los contenedores tienen una capacidad de volumen de 3 m^3, lo que los hace adecuados para la recogida selectiva de cartón, papel, vidrio y residuos orgánicos, ya que estos últimos están configurados específicamente para la recogida posterior de la carga. Los contenedores se construirán a partir de una estructura de ángulos de acero galvanizado y láminas trapezoidales. En la sección inferior, se instalarán amortiguadores, que funcionan mediante el mecanismo de doble gancho, que incluye bandejas diseñadas para capturar el lixiviado. Cuando se abran las puertas del vehículo de recogida, se descargarán tanto los residuos contenidos en su interior como los lixiviados. Estos contenedores se colocan dentro de un depósito de hormigón armado, diseñado para poseer la durabilidad necesaria para soportar las tensiones impuestas por las vías públicas. A pie de calle, hay una plataforma elevada con un buzón a través del cual se depositan los residuos. Estos buzones están debidamente etiquetados para el propósito previsto, específicamente para la eliminación de papel, cartón, vidrio y materiales orgánicos. La tapa superior, alineada con el nivel del suelo, garantiza la impermeabilidad al agua y a los olores y está construida con una estructura de acero galvanizado en caliente con un tratamiento superficial de tablero de ajedrez de aluminio antideslizante. La tapa se acciona con una llave triangular y cuenta con la ayuda de un mecanismo de resorte para facilitar su elevación, siendo el operador responsable de la apertura manual completa. Las barandillas están integradas en el diseño de la tapa, lo que evita que los operadores caigan dentro del contenedor cuando está colocado externamente. Con fines de mantenimiento y saneamiento del sistema, se

incorporan pendientes y perforaciones en la base de los contenedores de hormigón, lo que permite un drenaje eficiente del agua resultante del proceso de limpieza.

Figura 8

Modelo de un contenedor Soterrado en 3D



Fuente: CONTENEDORES SOTERRADOS DE DOBLE GANCHO Recuperado de https://www.rexco.com.pe

Residuos Sólidos

Según la Ley General de Residuos Sólidos (SENACE, 2000), se consideran residuos sólidos aquellos productos, subproductos o sustancias, en estado sólido o semisólido de los cuales quien los genera se desprende o debe desprenderse, conforme a lo establecido por la normativa nacional o por causa de los riesgos que implican para la salud y el medioambiente. Estos deben gestionarse mediante un sistema que contemple, según corresponda, los siguientes objetivos:

1) Minimizar los residuos
2) Segregarlos en la fuente

3) Reaprovecharlos
4) Almacenarlos
5) Recolectarlos
6) Comercializarlos
7) Transportarlos
8) Tratarlos
9) Transferirlos
10) Realizar la disposición final.

Sistema de Seguridad Ambiental

Según ESGINNOVA (2021), el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) que se basa en la norma ISO 14001 permite a una organización controlar y supervisar todas sus actividades, servicios y productos que puedan generar algún tipo de impacto ambiental. Además, contribuye a reducir o prevenir los efectos negativos derivados de su funcionamiento.

Este sistema se fundamenta en una gestión de tipo “causa y efecto”, en el cual las actividades, productos y servicios de las empresas representan las causas, y las externalidades ambientales son las consecuencias resultantes. Estos impactos pueden manifestarse, por ejemplo, en el incremento de las temperaturas de los cuerpos de agua cercanos, el incremento de enfermedades respiratorias en la población vecina o la contaminación del suelo colindante por filtraciones.

La Gestión Ambiental constituye una herramienta importante que permite controlar los factores asociados a las operaciones empresariales, con el objetivo de minimizar o eliminar los impactos adversos que estas puedan generar sobre el medio ambiente.

Riesgos de seguridad ambiental

Según la Organización Europea del Ambiente (EEA), se definen como la probabilidad de que ocurran daños al ambiente, a la salud humana y a la seguridad de la población, siendo esto resultado de la interacción entre amenazas ambientales y condiciones de vulnerabilidad social, económica e institucional, estas se generan a partir de la manera en que las sociedades organizan y gestionan su territorio y sus recursos.

El riesgo ambiental no es un fenómeno exclusivamente natural, sino una construcción social que se origina cuando las actividades humanas transforman el entorno sin una planificación ni un control adecuados, lo que incrementa la exposición de las personas y de los ecosistemas a situaciones potencialmente dañinas.

En esa misma línea, Lavell (2003) sostiene que el riesgo surge de la convergencia entre amenazas y vulnerabilidades, y que los desastres ambientales no son hechos fortuitos o aislados, sino el resultado de procesos sociales acumulados que, con el tiempo, deterioran progresivamente el ambiente urbano y natural. En las ciudades, los riesgos tienden a aumentar debido a la alta concentración poblacional, la creciente presión sobre los servicios básicos y la limitada capacidad institucional para gestionar de manera eficiente los impactos ambientales. Puntualmente, el inadecuado manejo de desechos y desperdicios se ubica entre las principales fuentes de riesgo para la seguridad ambiental, ya que una deficiente GRS urbanos genera contaminación de los suelos, las aguas y el aire, y expone a la población a estas inadecuadas condiciones sanitarias.

De acuerdo con Gómez y Rojas (2019), la acumulación de desechos, la disposición final inapropiada y la ausencia de sistemas integrales de tratamiento

incrementan la vulnerabilidad de las ciudades frente a riesgos sanitarios y ambientales, afectando de manera directa la calidad de vida de la población y comprometiendo la sostenibilidad urbana.

Prevención de Riesgos Ambientales

En la prevención de riesgos ambientales es fundamental que se identifique, evalúe y controle cualquier factor que pueda generar daños al medioambiente y a la salud humana. Este enfoque prioriza que se adopten medidas anticipadas que permitan reducir la probabilidad de ocurrencia de impactos negativos, en lugar de limitarse a la atención de las consecuencias una vez que el daño ya se ha producido.

De acuerdo con Lavell (2003), la prevención de riesgos se basa en la reducción de las condiciones de vulnerabilidad social, institucional y ambiental, así como en la gestión adecuada de las amenazas existentes. En el ámbito urbano, estas amenazas están asociadas principalmente a la acumulación de residuos, la contaminación, la proliferación de vectores y la deficiente planificación de los servicios públicos. Es por esto que los contenedores soterrados representan una medida preventiva de carácter estructural, ya que permiten confinar los residuos de manera segura, disminuir la exposición directa de los pobladores a focos contaminantes y reducir los riesgos sanitarios derivados de una inadecuada disposición de los Residuos Sólidos.

Infraestructura urbana sostenible

Es entendida como aquel conjunto de sistemas, instalaciones y servicios urbanos que son diseñados y gestionados con enfoques que sean sostenibles desde las perspectivas económica, ambiental, social, e institucional, a los fines de satisfacer las necesidades actuales de las poblaciones sin que se

comprometan las de las futuras generaciones. Esto se fundamenta en el principio de desarrollo sostenible preconizado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que determina que el desarrollo debe responder a las necesidades actuales sin poner en peligro las capacidades de las futuras generaciones para la satisfacción de las suyas (WCED, 1987).

En el contexto urbano, la infraestructura sostenible busca reducir al mínimo las externalidades ambientales negativas y optimizar el uso de los recursos naturales (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2019). En ese sentido, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe señala que este tipo de infraestructura constituye un eje estratégico del desarrollo territorial, ya que permite mejorar la calidad del servicio público, reducir las desigualdades sociales y mitigar los efectos de la degradación medioambiental en los espacios urbanos (CEPAL, 2019). Además, el Banco Mundial destaca que una infraestructura urbana adecuadamente planificada y gestionada contribuye a la reducción de la contaminación, al uso eficiente de los recursos y al fortalecimiento de la seguridad ambiental, especialmente en sectores críticos como el saneamiento básico y la GRS (World Bank, 2018).

La sostenibilidad de la infraestructura no se limita únicamente a su funcionalidad técnica, sino que incorpora criterios de resiliencia, eficiencia operativa y protección ambiental, los cuales resultan indispensables para enfrentar los desafíos provenientes del incremento descontrolado de la urbanización y del aumento de los riesgos ambientales en las áreas urbanas (BID, 2019).

La infraestructura urbana sostenible es un elemento clave para la edificación de ciudades más saludables y seguras, en las que se requiere de una adecuada gestión del almacenamiento y la recolección de residuos sólidos para apoyar la minimización de los riesgos de seguridad ambiental.

Por ello, los contenedores soterrados se presentan como un ejemplo de infraestructura sostenible, pues permiten disminuir la contaminación visual, los olores y la exposición directa de la población a los residuos, fortaleciendo así la seguridad ambiental en el entorno urbano.

2.3. Glosario

Contaminación ambiental: La contaminación ambiental se refiere a la existencia de sustancias perjudiciales que se infiltran en los componentes fundamentales de los ecosistemas naturales, incluidos el agua, el suelo y el aire.

Educación ambiental: representa un proceso pedagógico que permite a las personas comprender las intrincadas interdependencias con su entorno, basándose en las realidades biofísicas, económicas y culturales, fomentando así actitudes de aprecio y respeto dentro de la comunidad por su entorno ecológico.

Enfermedades infecciosas: Las enfermedades infecciosas contagiosas son aquellas dolencias que surgen de microorganismos patógenos, incluidos virus, bacterias, hongos y parásitos, que pueden diseminarse a través de la interacción directa con las personas infectadas, así como a través de sus secreciones sanguíneas o corporales.

Gestión integral: El Sistema de Gestión Integral abarca un conjunto de actividades interrelacionadas que, mediante acciones específicas, permiten establecer y ejecutar las directrices generales y operativas de la Institución, con el objetivo de cumplir sus objetivos.

Impacto: este término denota la huella o el efecto engendrado por una acción en particular.

Residuos: Los residuos se refieren a la materia superflua que surge de la descomposición o destrucción de una entidad.

Residuos sólidos: Los residuos sólidos comprenden materiales que se desechan después de su vida útil funcional y, por lo general, no poseen ningún valor económico intrínseco.

Sistema ambiental: este proceso tiene como objetivo aumentar la conciencia pública, alentando el compromiso con la utilización prudente de diseños innovadores destinados a optimizar los costos y mitigar las enfermedades causadas por las bacterias asociadas a los desechos sólidos.

Soterrado: este término se refiere a un objeto que se coloca debajo de la superficie para ocultarlo o facilitar sus procesos de desarrollo mientras se encuentra bajo tierra.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis general

Existe asociación entre la implementación de un sistema de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos mediante contenedores soterrados y los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.

3.2. Hipótesis específicas

HE01: Existe asociación entre la implementación de contenedores soterrados y el manejo de residuos sólidos en la ciudad de Ica.

HE02: Existe asociación entre las estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos y los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.

3.3. Identificación de variables

En la Implementación de seguridad ambiental en el manejo y acopio de los residuos sólidos en la ciudad de Ica mediante Contenedores Soterrados se obtuvo una variable independiente y dos variables dependientes que se detallan a continuación:

- **Variable Independiente (VI):** Implementación de contenedores soterrados.
- **Variable Independiente 2 (VI2):** Estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos.
- **Variable Dependiente 1 (VD1):** Manejo de residuos sólidos.
- **Variable Dependiente 2 (VD2):** Riesgos de seguridad ambiental.

3.4. Operacionalización

Para el estudio, las variables fueron definidas y estructuradas de acuerdo con los objetivos planteados. Con el fin de hacerlas medibles y observables, se procedió a su operacionalización en dimensiones e indicadores que permitan recoger información confiable y válida. La operacionalización de variables se presenta en el Cuadro 1:

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala	Técnica	Instrumento
VI: Implementación de contenedores Soterrados	Diseño	N° de contenedores accesibilidad, ubicación	Ordinal	Encuesta	Cuestionario
	Funcionamiento y mantenimiento	Frecuencia de recolección, limpieza costos	Ordinal	Encuesta	Cuestionario
	Aceptación social	Satisfacción, seguridad, reducción de olores	Likert (1-5)	Encuesta	Cuestionario
V2: Estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos solidos	Prevención en el almacenamiento	Señalización, control de acceso	Likert (1–5)	Encuesta	Cuestionario
	Prevención sanitaria y ambiental	Limpieza del entorno, control de vectores, eliminación de olores	Likert (1–5)	Encuesta	Cuestionario
VD1: Manejo de residuos sólidos	Ambiental	Reducción de residuos, control de focos contaminantes	Likert	Encuesta	Cuestionario
	Sanitaria	Reducción de vectores, mejora en salud pública	Likert	Encuesta	Cuestionario
	Cultural-Social	Sensibilización, prácticas de reciclaje	Likert	Encuesta	Cuestionario
VD2: Riesgos de seguridad ambiental.	Riesgos sanitarios	Presencia de residuos en vía pública	Likert	Encuesta/Entrevista	Cuestionario
	Ambiental	Contaminación del suelo	Likert	Encuesta	Cuestionario
	Seguridad ciudadana	Percepción de riesgo ambiental	Likert	Encuesta/Registros	Cuestionario

Fuente: Elaboración Propia

La operacionalización permite vincular las variables con los instrumentos para la recogida de la data, garantizando que los resultados logrados respondan a los objetivos de la investigación de manera directa.

3.5. Matriz de consistencia

Constituye una herramienta metodológica que garantiza la coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, las variables y la metodología. De esta forma, se asegura que el estudio siga una línea lógica desde que se formula el problema hasta que los resultados son interpretados.

Tabla 2

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
¿En qué medida la implementación de un sistema de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos mediante contenedores soterrados se asocia con los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica?	Determinar en qué medida la implementación de un sistema de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos mediante contenedores soterrados se asocia con los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.	Existe asociación entre la implementación de un sistema de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos mediante contenedores soterrados tiene asociación en los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.	VI: Implementación de contenedores soterrados VD1: Manejo de residuos sólidos. VD2: Riesgos de seguridad ambiental	Tipo: Aplicada Diseño: No experimental, transversal Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario
¿En qué medida la implementación de contenedores soterrados se asocia con la acumulación de residuos sólidos en la ciudad de Ica?	Determinar en qué medida la implementación de contenedores soterrados se asocia con la acumulación de residuos sólidos en la ciudad de Ica.	Existe asociación entre la implementación de contenedores soterrados y la acumulación de residuos sólidos en la ciudad de Ica.	VI: Implementación de contenedores soterrados VD: Manejo de residuos sólidos	Se aplicará un análisis comparativo entre zonas con contenedores soterrados y zonas sin ellos, evaluando tiempos de recolección, volumen y frecuencia de llenado.
¿En qué medida las estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos se asocian con los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica?	Determinar en qué medida las estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos se asocian con los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica	Existe asociación entre las estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos y los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica	VI2: Estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos VD2: Riesgos de seguridad ambiental	Se realizará cuestionario a la población para medir las estrategias preventivas implementadas y su influencia en los riesgos de seguridad ambiental.

Fuente: Elaboración propia

3.6. Tipo y diseño de investigación

Según Hernández-Sampieri et al, (2018) la investigación aplicada busca generar conocimiento orientado a la solución de problemas prácticos. En este sentido, el estudio fue de tipo aplicado, debido a que pretende evaluar la factibilidad y beneficios de implementar contenedores soterrados como alternativa de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.

Asimismo, el nivel de la investigación es aplicada-científica, pues se busca describir las percepciones de la población respecto al sistema de contenedores soterrados y establecer la relación entre su implementación y las mejoras en el manejo de residuos sólidos.

Para el análisis de los datos, se empleó la prueba de Chi-cuadrado, debido a que las variables de estudio son de naturaleza categórica. Esta prueba permitió determinar la existencia de una relación significativa entre las variables, mediante la comparación de las frecuencias observadas y esperadas bajo la hipótesis de independencia. Asimismo, se consideró un nivel de significancia de 0.05 para la toma de decisiones estadísticas.

3.7. Unidad de análisis

La unidad de análisis del presente estudio está representada por los habitantes de la ciudad de Ica, quienes representan a la población urbana generadora de residuos sólidos y constituyen los principales beneficiarios de la implementación de contenedores soterrados.

3.8. Población de estudio

Según datos del 2025 del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI), la población proyectada de Ica es de 1’065 434 habitantes. Y en el mismo documento se indica 533 760 son hombres y 531 674 son mujeres.

3.9. Tamaño de muestra

Se seleccionó una muestra de 217 personas

3.10. Selección de la muestra

La población de estudio la conformaron los moradores de la ciudad de Ica. La muestra se determinó mediante un muestreo aleatorio simple, considerando un margen de error aproximado de 5%. y nivel de confianza del 95%. La muestra final estuvo constituida por 217 personas, quienes fueron seleccionadas de manera representativa en diferentes sectores urbanos de la ciudad, a fin de garantizar la diversidad de opiniones respecto a la GRS y la implementación de contenedores soterrados.

3.11. Técnicas de recolección de datos

Para recolectar la información se utilizó como técnica la encuesta, aplicada de manera presencial a la muestra seleccionada.

El instrumento que se empleó fue un cuestionario estructurado, cuyo diseño se basó en las variables de estudio:

- Implementación de contenedores soterrados.
- Mejora del impacto ambiental.
- Eficiencia en la GRS

Tabla 3

Tamaño de muestra y Técnica de datos

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Población	Habitantes de la ciudad de Ica
Muestra	217 personas seleccionadas aleatoriamente
Técnica de recolección	Encuesta
Instrumento	Cuestionario estructurado con escala tipo Likert (5 categorías de respuesta)
Confiabilidad	Alfa de Cronbach

Fuente: Elaboración Propia.

3.12. Análisis e interpretación de la información

Para analizar e interpretar la información se aplicaron dos niveles. En primer lugar, mediante la estadística descriptiva se organizaron los datos en tablas y gráficos, identificando las tendencias y percepciones de la población encuestada con relación a la GRS y la implementación de contenedores soterrados. En segundo lugar, mediante la estadística inferencial, se aplicaron pruebas de asociación y de diferencia de medias para contrastar las hipótesis planteadas, con un nivel de significancia de 0.05. La confiabilidad del cuestionario fue verificada con el coeficiente Alfa de Cronbach.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Los resultados que se obtuvieron de la aplicación de encuestas a 217 habitantes de la ciudad de Ica permitieron analizar la percepción y nivel de aceptación respecto a la implementación de contenedores soterrados como alternativa de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos.

En relación con la percepción de la problemática ambiental, el 77.9 % de los encuestados manifestó que la acumulación de residuos en las vías públicas constituye un problema grave que incide en la salud y la imagen urbana. Un 15.2 % lo consideró como un problema moderado y solo un 6.9 % lo calificó como poco relevante.

Respecto a la aceptación de la propuesta de contenedores soterrados, el 82 % de los encuestados indicó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con su implementación, señalando que estos dispositivos mejorarían la limpieza y reducirían los riesgos ambientales. El 12 % mostró una posición neutral, mientras que el 6 % expresó desacuerdo, argumentando principalmente el costo de mantenimiento.

Finalmente, los resultados evidencian que en su mayoría la población reconoce la necesidad de que se mejore el sistema actual de GRS y percibe la implementación de contenedores soterrados como una alternativa viable y sostenible para la ciudad de Ica.

Tabla 4

Percepción de la acumulación de residuos sólidos en la ciudad de Ica

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Problema grave	169	77.9 %
Problema moderado	33	15.2 %
Poco relevante	15	6.9 %
Total	**217**	**100 %**

Fuente: Elaboración Propia

Tal como se observa en el Cuadro 4, el 77.9 % de los encuestados considera que la acumulación de residuos sólidos en la ciudad de Ica representa un problema grave, lo que evidencia una fuerte preocupación ciudadana frente al inadecuado manejo de los Residuos Sólidos. Solo un 6.9 % lo percibe como poco relevante. Estos resultados reflejan una alta sensibilidad social hacia el impacto ambiental, lo cual respalda la pertinencia de implementar alternativas como los contenedores soterrados para mitigar esta problemática.

4.2 Comprobación de hipótesis

Para la comprobación de las hipótesis se procesaron los datos obtenidos mediante las encuestas aplicadas a la población. Los resultados fueron tabulados y analizados con el software SPSS versión 25, aplicando las pruebas estadísticas correspondientes a cada hipótesis.

Se utilizó la prueba de Chi-cuadrado (χ^2), adecuada para determinar la relación entre variables categóricas.

- En la hipótesis general, se cruzaron las variables percepción sobre la implementación del sistema soterrado y nivel de reducción de riesgos ambientales percibido.

- En la hipótesis específica 1, se cruzaron las variables nivel de contaminación percibido y grado de cultura preventiva de la población.
- En la hipótesis específica 2, se analizó la asociación entre las estrategias preventivas del sistema de manejo y acopio de residuos sólidos y los riesgos de seguridad ambiental.

Los valores calculados (28.45, 21.36 y 18.92) fueron obtenidos de las tablas de contingencia generadas por SPSS, mientras que los valores críticos (11.07 y 9.49) se tomaron de la tabla teórica de Chi-cuadrado, considerando un nivel de significancia de 0.05 ($p < 0.05$) y los grados de libertad correspondientes.

Dado que los valores calculados son mayores que los críticos, se admite la hipótesis alternativa, lo que confirma la relación significativa entre las variables.

Tabla 5

Contraste de hipótesis

Hipótesis	Prueba estadística	Valor Calculado	Valor Crítico/ Sig.	Decisión
HG: La implementación de un sistema de seguridad ambiental en el manejo y acopio de residuos sólidos mediante contenedores soterrados influye significativamente en los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.	Chi-cuadrado (x^2)	28.45	X^2 crítico = 11.07 ($p<0.05$)	Se acepta
HE1: La implementación de contenedores soterrados influye significativamente en el manejo de residuos sólidos en la ciudad de Ica.	Chi-cuadrado (x^2)	21.36	X^2 crítico = 9.49 ($p<0.05$)	Se acepta
HE2: Las estrategias preventivas del sistema de seguridad ambiental influyen significativamente en los riesgos de seguridad ambiental en la ciudad de Ica.	Chi-cuadrado (x^2)	18.92	X^2 crítico = 9.49 ($p<0.05$)	Se acepta

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en el Cuadro 5, todas las hipótesis planteadas en la investigación fueron aceptadas, lo que confirma que la propuesta de implementar contenedores soterrados, complementada con la capacitación de recicladores, constituye una alternativa viable de seguridad ambiental para la GRS en la ciudad de Ica. Los resultados de las pruebas estadísticas demuestran que la implementación de contenedores soterrados en la ciudad de Ica es viable y significativa al 95 % de confianza, contribuyendo a reducir los riesgos ambientales y mejorar la GRS.

4.3 Prueba CHI-CUADRADO

Cuando se tiene dos variables cualitativas o categóricas:

- “Percepción del problema ambiental” (Grave / Moderado / Poco relevante)
- “Opinión sobre la implementación del sistema soterrado” (De acuerdo / Neutral / En desacuerdo)

***Paso 1*: Crear una tabla de contingencia**

Basado en las 217 encuestas:

Tabla 6

Cuadro de contingencia

Percepción del problema \ Opinión sobre contenedores	**De acuerdo**	**Neutral**	**En desacuerdo**	**Total**
Problema grave	140	20	9	169
Problema moderado	25	5	3	33
Poco relevante	13	1	1	15
Total	**178**	**26**	**13**	**217**

Fuente: Elaboración propia

***Paso 2*: Calcular las frecuencias esperadas (E)**

E=(Total fila×Total columna)Total generalE = \frac{(Total\ fila \times Total\ columna)}{Total\ general}E=Total general(Total fila×Total columna)

E=169×178217=138.6E = \frac{169 \times 178}{217} = 138.6E=217169×178=138.6

***Paso 3*: Calcular el valor de Chi-cuadrado (χ^2)**

Usar la fórmula:

χ2=∑(O−E)2E\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}χ2=∑E(O−E)2

Donde:

- O = frecuencia observada
- E = frecuencia esperada

***Paso 4*: Determinar el valor crítico (tabla)**

Buscar en una tabla de Chi-cuadrado:

Grados de libertad (gl) = (número de filas – 1) × (número de columnas – 1)

Nivel de significancia = 0.05

De la tabla, χ^2 crítico = 9.49.

χ^2 calculado > 9.49 ⇒ se admite la hipótesis alternativa

4.4 Discusión

Los hallazgos de la investigación evidencian que la mayoría de la población de Ica (77.9 %) percibe la acumulación de residuos sólidos como un problema grave que afecta la salud pública y la calidad ambiental de la ciudad. Este resultado coincide con lo señalado por Morales (2021), quien sostiene que la inadecuada disposición de residuos sólidos en ciudades intermedias del Perú genera focos de contaminación y deteriora la imagen urbana.

Asimismo, un 82 % de los encuestados manifestó su aceptación frente a la implementación de contenedores soterrados. Este hallazgo se asemeja a la experiencia reportada en Madrid, Ayuntamiento de Madrid (2019) y en Quito (GAD Municipal de Quito, 2020), donde la instalación de sistemas soterrados mejoró significativamente la limpieza de los espacios públicos y redujo la proliferación de vectores. En ese sentido, los resultados obtenidos respaldan la viabilidad social de aplicar este sistema en la ciudad de Ica.

Finalmente, al contrastar la hipótesis general, se confirmó que la implementación de contenedores soterrados constituye una alternativa de seguridad ambiental capaz de disminuir los riesgos de contaminación en Ica. Este resultado se alinea con lo planteado por González (2018), quien resalta que la modernización de la GRS mediante infraestructura soterrada contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En conclusión, la investigación valida la pertinencia técnica de implementar contenedores soterrados para fortalecer la sostenibilidad y eficacia en el contexto local de Ica.

4.5 Identificación de zonas críticas para la instalación de contenedores

Se ha evaluado para este proceso de instalación de contenedores Soterrados o Subterráneos a la ciudad de Ica con miras a una etapa de modernización que propenda al cuidado de la salud ambiental dado el nivel de contaminación ambiental que aqueja a su población. Esta solución posibilitará mejoras a las condiciones insalubres y ambientales locales, así como el fomento de la concientización y sensibilización con apoyo de la Municipalidad de Ica.

Como parte de este proyecto de innovación y disminución de los riesgos ambientales se ha evaluado inicialmente como plan Piloto los siguientes puntos considerando instalar más de 50 contenedores soterrados en toda la ciudad para un total de 1’030 101 habitantes y un área de 7894 Km2

Los puntos a instalar en este proyecto piloto son los lugares más críticos que tiene la ciudad de Ica:

1) Plaza de Armas frente a la Municipalidad de Ica.

2) Esquina de la Av. Arenales con la Av. Túpac Amaru frente al Mercado Toledo.
3) Av. San Martin con cruce con la Av. Cutervo, Frente al C.C el Sol
4) Av. San Martin con cruce con las Calles las Orquídeas en San Isidro Ica.
5) Panamericana sur cruce con la Av. El Maestro.
6) Panamericana Sur con los Álamos.
7) Mercado modelo de Ica, Calle Bolívar.
8) Av. Huacachina con urb. Puente Blanco (02).
9) Urb. San Joaquin con Av. güeva.

La selección de estos puntos se realizó considerando aquellos lugares donde el problema de los residuos sólidos es más evidente y frecuente. Se priorizaron zonas con alta afluencia de personas y gran actividad comercial, como mercados y áreas céntricas, donde la generación de desechos es constante y muchas veces supera la capacidad del sistema tradicional de recolección.

Además, se tomaron en cuenta intersecciones de avenidas principales y vías con alto tránsito, espacios en los que es común observar una disposición inadecuada de residuos, lo que afecta tanto la limpieza del entorno como la salud de la población y la imagen de la ciudad. También se incluyeron zonas residenciales cuya expansión ha sido exponencial y donde los servicios actuales no logran cubrir la demanda existente.

La elección de estos puntos críticos busca intervenir directamente en las áreas más afectadas, con el propósito de reducir riesgos sanitarios, disminuir la contaminación y mejorar la eficiencia en la recolección de residuos, contribuyendo así a una gestión más ordenada y sostenible en la ciudad de Ica.

Figura 9

Plan piloto de Instalación de Contenedores Soterrados en la Ciudad de Ica



CAPÍTULO V: IMPACTOS

Se analizan los principales impactos asociados a la implementación de contenedores soterrados para la GRS urbanos. Se consideran tanto los impactos positivos, como la mejora en la eficiencia del servicio de recolección, la reducción de la contaminación visual y de malos olores, así como los impactos económicos y sociales, relacionados con los costos de inversión, operación y mantenimiento. El propósito de este análisis fue identificar los beneficios y posibles limitaciones del proyecto, a fin de evaluar su viabilidad económica, técnica y ambiental. A continuación, se presenta un cuadro comparativo con los principales costos y beneficios derivados de la implementación del sistema.

Tabla 7

Costos y beneficios estimados de la propuesta de implementación de contenedores soterrados.

Concepto	Costos estimados (Soles)	Beneficios Esperados
Inversión inicial (10 contenedores)	S/. 1,000,000	Reducción de inversión total en el primer año en 70%
Mantenimiento anual	S/. 1,250	Disminución de olores y vectores (moscas, ratas, perros)
Operación y recolección anual	S/. 20,000	Ahorro en limpieza manual de calles
Capacitación a recicladores	S/. 5,000	Inclusión social y generación de empleos
Campañas de sensibilización	S/. 3,000	Mayor cultura ciudadana en la disposición de residuos
TOTAL (Primer año)	S/. 1,029,250	Beneficios ambientales, sociales y económicos sostenibles

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Costo anual de operación y mano de obra del sistema tradicional de recojo de residuos

Concepto	Costo unitario	Cantidad	Cantidad total
Camión de recojo	S/ 700,000.00	10	S/ 7,000,000.00
Operación y recolección anual	S/ 2,000.00	40	S/ 80,000.00
Mantenimiento anual	S/ 1,500.00	10	S/ 15,000.00
Inversión inicial			S/ 7,095,000.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Costo anual de operación y mano de obra del sistema de contenedores soterrados para el recojo de residuos

Concepto	Costo unitario	Cantidad	Cantidad total
Contenedor soterrado	S/ 100,000.00	10	S/ 1,000,000.00
Mantenimiento anual	S/ 125.00	10	S/ 1,250.00
Operación y recolección anual	S/ 2,000.00	10	S/ 20,000.00
Brazo hidráulico	S/ 700,000.00	1	S/ 700,000.00
Inversión inicial			S/ 1,721,250.00

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 9, la inversión inicial y los costos operativos de la propuesta ascendieron a aproximadamente S/. 1,721,250.00 en el primer año. Si bien se trata de una inversión significativa, los beneficios esperados superan ampliamente los costos, al generar impactos ambientales positivos, mejoras sociales y ahorros en la gestión de limpieza pública.

Tabla 10

Cuadro comparativo de costos: sistema tradicional vs soterrado

Concepto	Sistema Tradicional	Sistema Soterrado	Costo Unitario (1 cont.)
Costo anual de operación y mano de obra	S/. 7,095,000.00	S/. 1,721,250.00	S/. 172,125*

Fuente. Elaboración propia

*Considerando el costo total del brazo hidráulico dividido para 10 contenedores.

Como se aprecia en el Cuadro 10, algunos beneficios que logra la implementación de contenedores soterrados son:

- Con 10 contenedores soterrados, el costo anual de operación y mano de obra se reduce en S/ 5,373,750 respecto al sistema tradicional, lo que representa un ahorro del 75%.
- El costo de operación y mantenimiento por cada contenedor soterrado durante el primer año es de S/ 172,125, lo que permite evaluar la rentabilidad por unidad.
- Además del ahorro económico, el sistema soterrado ofrece beneficios en salud pública, reducción de malos olores, mejora estética urbana y menor proliferación de vectores.

CONCLUSIONES

- Eficiencia económica: La implementación de contenedores soterrados en la ciudad de Ica demuestra una reducción significativa en los costos de operación y recolección de residuos sólidos, alcanzando un ahorro aproximado del 75% anual frente al sistema tradicional tercerizado.
- Beneficios ambientales y sanitarios: El sistema soterrado contribuye a la disminución de riesgos ambientales y sanitarios, al evitar la exposición directa de los residuos, reducir la proliferación de roedores y malos olores, y mejorar la calidad ambiental en zonas urbanas de alta concentración poblacional.
- Aceptación ciudadana: Los resultados de las encuestas reflejan que la población de Ica percibe los contenedores soterrados como una alternativa moderna, segura y eficiente para el manejo de residuos, siempre que esté acompañada de campañas de sensibilización y educación ambiental.
- Inclusión social: La propuesta de conformar y capacitar asociaciones de recicladores fortalece la cadena de GRS, promoviendo la economía circular y generando beneficios sociales y económicos para sectores vulnerables.
- Sostenibilidad a mediano plazo: Aunque la inversión inicial en infraestructura es alta, el análisis evidencia que la amortización puede lograrse en un plazo de 2 a 3 años, haciendo del sistema soterrado una alternativa viable y sostenible para la GRS en la ciudad de Ica.
- Permite ahorrar un 75% del espacio público y destinarlos a otros fines.
- El costo de mantenimiento es casi nulo, debido a que se incluye dentro de la operacionalización de los contenedores a lo largo del año, por lo que no requiere de un mantenimiento riguroso correctivo, sino de uno preventivo.

- Los depósitos subterráneos se fabricaron en acero galvanizado y para evitar filtraciones se hicieron muy compactos, además de disponer de una ventanilla pequeña para facilitar la manipulación que contiene de forma hermética los desperdicios.
- Los contenedores de nuevo diseño se parecen a los contenedores de Residuos Sólidos tradicionales situados en la superficie terrestre; sin embargo, incorporan un importante depósito subterráneo para contener los residuos, lo que mitiga la producción de olores desagradables, protege la salud pública y facilita el procesamiento por parte de los profesionales del reciclaje.
- Estos contenedores se pueden instalar sin esfuerzo en una variedad de contextos, tanto urbanos como rurales, y son adecuados para su uso en áreas naturales o de conservación.
- Son totalmente accesibles para personas con discapacidades o problemas de movilidad, y cumplen con los requisitos y normas legales vigentes, incluso en calles caracterizadas por pendientes notables. Mejoran la higiene: Los contenedores soterrados evitan que los residuos se acumulen en la superficie, lo que reduce el riesgo de contaminación y enfermedades.
- Mejoran la estética urbana: Al estar ocultos bajo la superficie, los contenedores soterrados no ocupan espacio ni generan un impacto visual negativo.

RECOMENDACIONES

- Implementación gradual: Iniciar un plan piloto en zonas estratégicas de la ciudad de Ica, evaluando los resultados antes de la expansión a todo el casco urbano.
- Capacitación ciudadana: Desarrollar campañas de sensibilización ambiental para la educación de los pobladores sobre el uso adecuado de los contenedores soterrados y fomentar una cultura preventiva en la GRS.
- Involucramiento de recicladores: Formalizar y dar capacitación a las asociaciones de recicladores, integrándolas al sistema de GRS para potenciar la recuperación de materiales reciclables y reducir el volumen final de desechos.
- Mantenimiento programado: Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los contenedores soterrados que garantice su óptimo funcionamiento y prolongue su vida útil.
- Replicar el modelo: Una vez comprobada la eficacia del sistema en Ica, se recomienda replicar la experiencia en otras ciudades intermedias del Perú, contribuyendo así a un modelo nacional de GRS más moderno y ambientalmente seguro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arroyo, J. L. (2011). *Tipología de sistemas de recogida de residuos sólidos en Europa según niveles de desarrollo* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://core.ac.uk/download/41795534.pdf

Banco Mundial. (2012). *What a waste: A global review of solid waste management*. https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/

Boluda, J. G. (2010). *Instalación subterránea de contenedores de residuos urbanos y selectivos en Mula y pedanías*. http://www.mula.es/user/files/listados_ficheros_items_files/282_.pdf

CEPAL. (2018). *Gestión integral de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Cueva-Rodríguez, M. (2022). *Contaminación ambiental de residuos sólidos en Perú*. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8768330.pdf

Diario El Correo. (2019). Contaminación por residuos sólidos en ciudades (imagen).

Diario del Otún. (2022). Sistema de contenedores soterrados en espacios urbanos (imagen).

Eroski Consumer. (2017). *Contaminación ambiental y sus efectos en el mundo*. https://www.consumer.es/medio-ambiente

Environmental Protection Agency (EPA). (2020). *Mejores prácticas para la gestión de residuos sólidos: Guía para responsables de la toma de decisiones en países en desarrollo*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-02/documents/swm_guide-spanish-reducedfilesize_pubnumber_october.pdf

Formato Verde. (2019). *Soterrado de carga vertical*. https://www.formatoverde.com/es-ES/soterrados/underbin-soterrado-carga-vertical.aspx

Gutiérrez González, J. (2016). *Diseño y cálculo de contenedores soterrados para residuos sólidos urbanos (Matallana de Torio)* [Trabajo fin de máster, Universidad de León]. Repositorio Bulería.

Izquierdo, R. (2019). *Contenedores soterrados para residuos*. https://www.industriambiente.com/articulos/20190719/contenedores-soterrados-residuos

Krause, P. A. (2010). *Evaluación de implementar un nuevo sistema de contenedores soterrados en la ciudad de Viña del Mar* [Tesis de pregrado, Universidad Andrés Bello]. https://repositorio.unab.cl/items/a5382cb3-738c-4d51-a7af-fb74db575362

La Tirajala. (2017). *Contenedores soterrados: Una alternativa sostenible*. https://www.latirajala.org/content/contenedores-soterrados-una-alternativa-sostenible

La Tirajala. (2019). *Residuos sólidos urbanos*. https://www.latirajala.org/content/contenedores-soterrados

Lavell, A. (2003). *La gestión del riesgo ambiental urbano*. https://www.desenredando.org/public/articulos/1999/grau/GestionDeRiesgosAmbientalesUrbanos-1.0-sep-12-203.pdf

Limache, M. (2024). *Contaminación de residuos sólidos y sus efectos en la salud de la población urbana*. INVECOM, 5. https://ve.scielo.org/pdf/ric/v5n3/2739-0063-ric-5-03-e050343.pdf

Ministerio del Ambiente. (2012). *Programa de asistencia técnica sobre formulación de perfiles de proyectos de inversión pública en residuos sólidos*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacidades/MINAM_Documento_de_Sistematizacion_PATSNIP.pdf

Ministerio del Ambiente. (2013). *Programa de asistencia técnica sobre formulación de perfiles de proyectos de inversión pública en residuos sólidos (2007–2011)*. https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/406/BIV00516.pdf

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía metodológica para el desarrollo del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos*. https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302175316.pdf

MINAM. (2014). *Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la provincia de Cajamarca*. https://siar.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/428.pdf

Novatecnic. (2022). *Contenedores soterrados: Una solución eficiente para la gestión de residuos sólidos urbanos*. https://novatecnic.com/contenedores-soterrados-gestion-residuos/

Perinaz, B., & Hoornweg, D. (2012). *Global review of solid waste management*. Banco Mundial. https://documents1.worldbank.org/curated/en/302341468126264791/pdf/68135-REVISED-What-a-Waste-2012-Final-updated.pdf

Rentería, J., & Zeballos, M. (2012). *Propuesta de mejora para la gestión estratégica del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva*

de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Los Olivos [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. https://www.academia.edu/99398737

Rexco. (s. f.). *Contenedores soterrados* (imagen). https://rexco.com.pe

Rodríguez, A. (2022). *Generación de residuos sólidos urbanos (RSU): Análisis de una década de gestión en Europa y América*.

Rojas Castillo, L. (2012). *La importancia de la participación ciudadana en los programas de recogida selectiva de residuos sólidos urbanos* [Tesis de maestría, Universitat de Valencia]. https://roderic.uv.es

Rossit, D. G., & Nesmachnow, S. (2022). *Waste bins location problem: A review of recent advances in the storage stage of the municipal solid waste reverse logistic chain*. https://arxiv.org/abs/2202.13754

SENACE. (2024). *Ley general de residuos sólidos*. https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/filebase/senacenormativa/NAT-3-6-01-Ley-27314.pdf

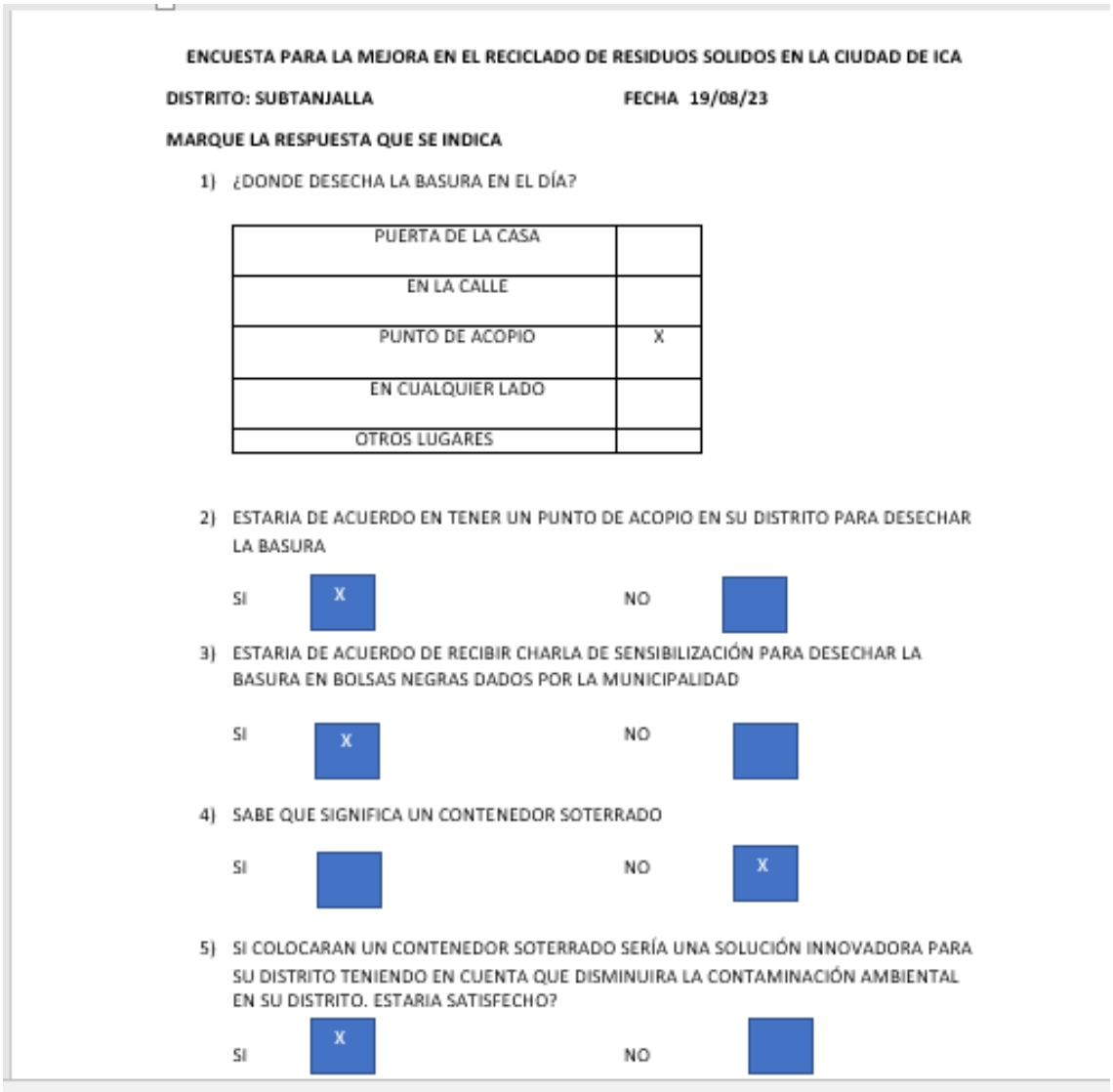
Universidad Autónoma del Perú. (s. f.). *¿Qué es la gestión de residuos sólidos?* https://www.autonoma.pe/blog/que-es-gestion-residuos-solidos/

123RF. (s. f.). Contaminación por residuos sólidos (imagen). https://www.123rf.com

ANEXOS

Anexo 1

Encuesta Aplicada en la Ciudad de Ica para una Muestra de 217 personas de manera Aleatoria.



ENCUESTA PARA LA MEJORA EN EL RECICLADO DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE ICA

DISTRITO: SUBTANJALLA **FECHA 19/08/23**

MARQUE LA RESPUESTA QUE SE INDICA

1) ¿DONDE DESECHA LA BASURA EN EL DÍA?

PUERTA DE LA CASA	
EN LA CALLE	
PUNTO DE ACOPIO	X
EN CUALQUIER LADO	
OTROS LUGARES	

2) ESTARIA DE ACUERDO EN TENER UN PUNTO DE ACOPIO EN SU DISTRITO PARA DESECHAR LA BASURA

SI X NO

3) ESTARIA DE ACUERDO DE RECIBIR CHARLA DE SENSIBILIZACIÓN PARA DESECHAR LA BASURA EN BOLSAS NEGRAS DADOS POR LA MUNICIPALIDAD

SI X NO

4) SABE QUE SIGNIFICA UN CONTENEDOR SOTERRADO

SI NO X

5) SI COLOCARAN UN CONTENEDOR SOTERRADO SERÍA UNA SOLUCIÓN INNOVADORA PARA SU DISTRITO TENIENDO EN CUENTA QUE DISMINUIRA LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN SU DISTRITO. ESTARIA SATISFECHO?

SI X NO

Nota. Se observa una encuesta con una muestra de 217 personas que se realizó en la ciudad de Ica.

Anexo 2

Tabla 11

Opinión de la Población sobre el impacto ambiental de los contenedores soterrados (n=217p)

Ítem	Media	Desv. Est.	Nivel de acuerdo (%)
Reducirían olores desagradables	4.3	0.72	81%
Mejorarían la estética urbana	4.5	0.60	87%
Disminuirían la proliferación de plagas	4.2	0.81	79%
Facilitarían la disposición ordenada de residuos	4.4	0.65	83%

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la Desviación Estándar

Qué es y cómo se calcula

- **Qué mide**: la **consistencia interna** de un conjunto de ítems que pretenden medir el mismo constructo (p. ej., "impacto ambiental percibido").
- **Fórmula** (con varianzas):

$$\alpha = \frac{N}{N-1}\left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_T^2}\right)$$

  Donde N = número de ítems, σ_i^2 = varianza de cada ítem, σ_T^2 = varianza de la **suma** de ítems por persona.
- **Importante**: invierte los **ítems invertidos** (p. ej., "prefiero el sistema tradicional") antes de calcular (para Likert 1–5: nuevo = 6 - valor).

Tabla 12

Percepción de la población de ICA sobre la reducción de la contaminación con Contenedores Soterrados

Ítem	Escala (1–5)	Media	Desv. Estándar
Los contenedores soterrados reducirían los olores desagradables	1 = Muy en desacuerdo … 5 = Muy de acuerdo	4.3	0.72
Mejorarían la estética urbana en mi distrito	4.5	0.60	
Disminuirían la proliferación de plagas (insectos, roedores)	4.2	0.81	
Facilitarían la disposición ordenada de los residuos	4.4	0.65	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Opinión de la Población sobre la creación de asociaciones de recicladores.

Ítem	Media	Desv. Est.	Nivel de acuerdo (%)
Reducirían el volumen de residuos	4.1	0.78	76%
La capacitación garantizaría mejor clasificación	4.3	0.69	82%
Confianza en el aporte ambiental de recicladores	4.0	0.85	73%

Resultados:

Se observa una valoración positiva, especialmente en relación con la **capacitación de recicladores** (M = 4.3), lo cual refleja la percepción de que el éxito del programa depende de la formación técnica de este grupo social.

Tabla 14

Opinión de la Población sobre la implementación de Contenedores Soterrados en la Ciudad de Ica

Opinión	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	95	43.8 %
De acuerdo	78	35.9 %
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	28	12.9 %
En desacuerdo	12	5.5 %
Totalmente en desacuerdo	4	1.9 %
Total	**217**	**100 %**

Nota. Se muestra la aprobación de implementación de Contenedores Soterrados.

Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados (79.7 %) se encuentra de acuerdo o totalmente de acuerdo con la implementación de contenedores soterrados en la ciudad de Ica. Solo un 7.4 % manifestó estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo, mientras que un 12.9 % se mantuvo neutral.

Esto indica una alta aceptación social hacia la propuesta, lo que evidencia disposición ciudadana a adoptar nuevas alternativas de gestión de residuos sólidos que mejoren las condiciones ambientales y urbanas.

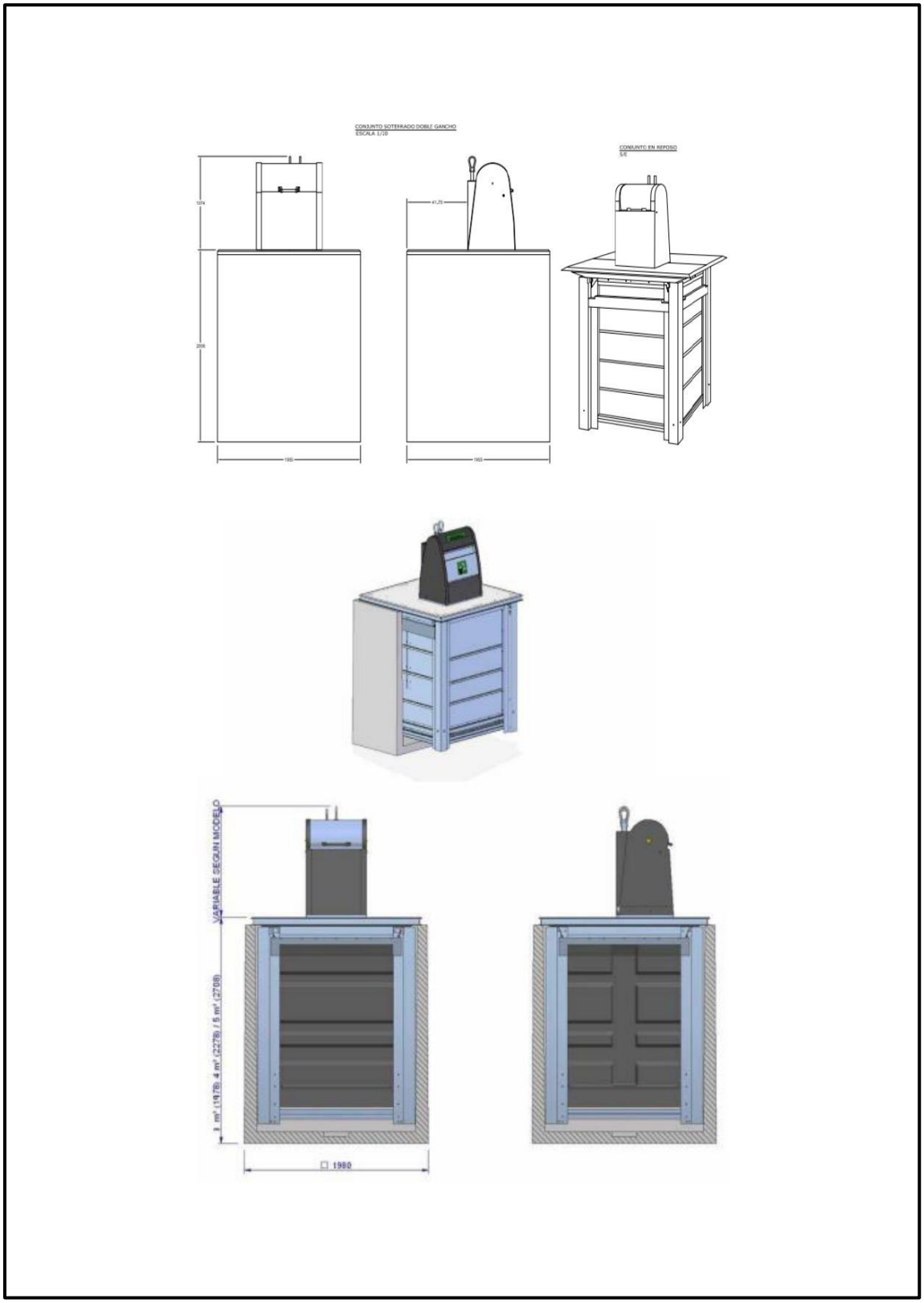
Anexo 4

Contenedores en el mundo



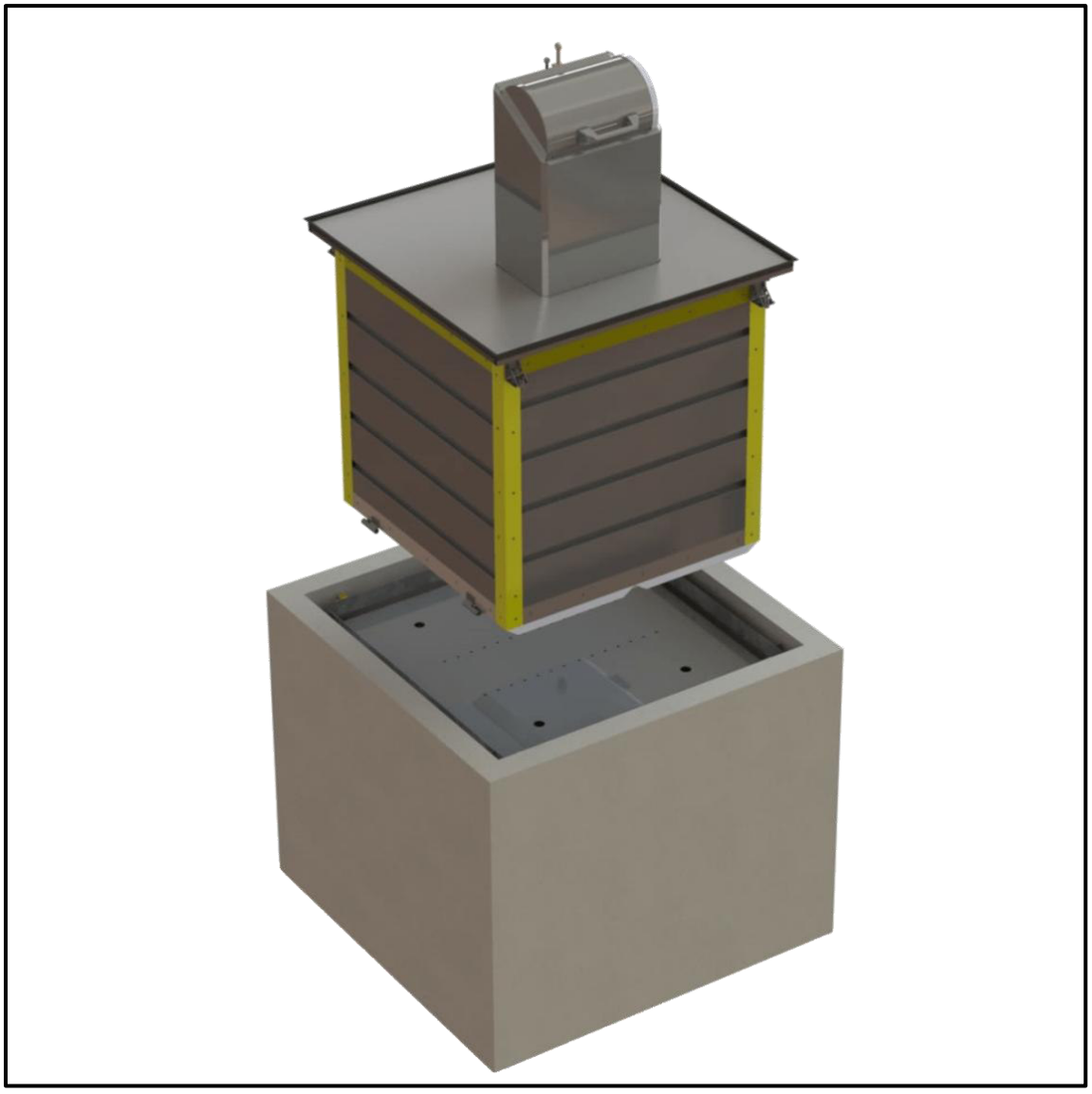
Anexo 5

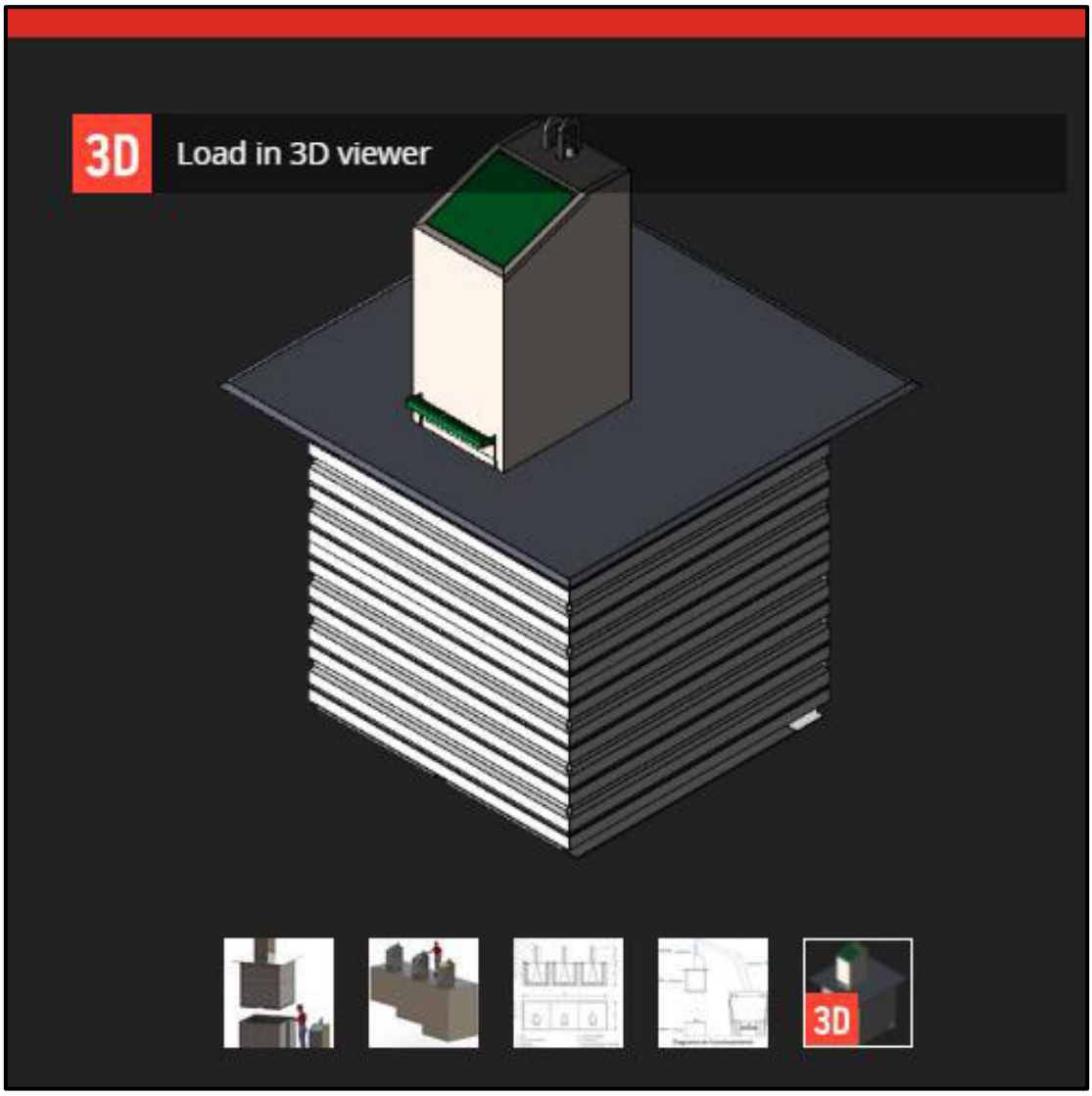
Contenedor Soterrado Instalado



Anexo 6

Contenedor Soterrado de 3m^3 en 3D




3D
Load in 3D viewer
3D

Anexo 7

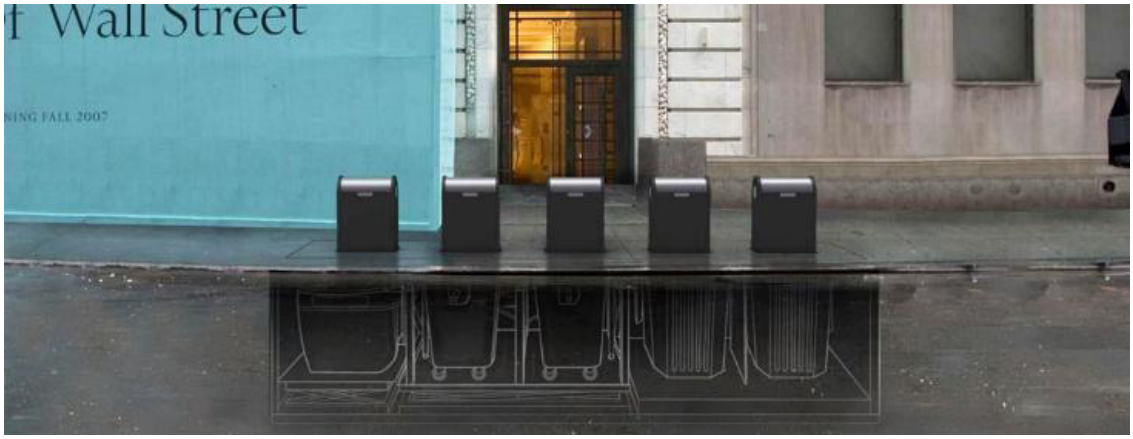
Funcionamiento del brazo robótico para la recolección de residuos en los contenedores soterrados



Anexo 8

Antes y después de la implementación de contenedores soterrados





Anexo 9

Fácil uso del contenedor soterrado, no hay distinción de piel ni impedimento físico.



